

Detaljplan för Nöjespark och hotell söder om Liseberg inom stadsdelen Krokslätt m.fl. i Göteborg

Risikanalys för transport av farligt gods

2018-11-16

**Detaljplan för Nöjespark och hotell söder om Liseberg inom stadsdelen
Krokslätt m.fl. i Göteborg**

Risikanalys för transport av farligt gods

2018-11-16

Beställare: Liseberg AB
Box 5053
402 22 Göteborg

Beställarens representant: Lars-Erik Hedin

Konsult: Norconsult AB
Box 8774
402 76 Göteborg

Uppdragsledare Herman Heijmans

Handläggare: Johan Hultman

Uppdragsnr: 104 33 11

Filnamn och sökväg: n:\104\33\1043311\5 arbetsmaterial\01
dokument\risikanalys liseberg koncept.doc

Kvalitetsgranskad av: Herman Heijmans

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
1. Inledning	6
2. Risker med transport av farligt gods	11
2.1 Typer av farligt gods	11
2.2 Konsekvenser av en olycka med farligt gods	11
3. Platsen	14
3.1 Planområdet	14
3.2 Persontäthet	17
3.3 Transporter av farligt gods på E6/rv40	21
3.4 Transport av farligt gods på Kust till kustbanan och Västkustbanan	23
4. Riskbedömning i den fysiska planeringen	25
4.1 Vad är risker	25
4.2 Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen	27
4.3 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods	28
5. Resultat av riskberäkningarna	34
5.1 Hotellet och vattenparken	34
5.2 Parkeringshuset med centrumverksamhet i bottenplan samt World of Volvo	36
6. Osäkerhetsanalys	41
7. Diskussion och slutsatser	42
7.1 Hotellet och vattenparken	42
7.2 Parkeringshuset med centrumverksamhet i bottenplan samt World of Volvo	42
7.2.3 Skyddsåtgärd gasmolnsbrand	43
7.3 Skyddsåtgärder längs Europaväg 6/riksväg40	47
7.4 Slutsats	48
8. Referenser	50

Bilaga 1 Riskberäkning väg

Bilaga 2 Riskberäkning järnväg

Sammanfattning

En detaljplan håller på att tas fram för fastigheterna Immeln m.fl. i Göteborg, Syftet är att möjliggöra för Liseberg AB att utvidga verksamheten söderut med hotell och vattenpark och parkeringshus med centrumverksamhet samt World of Volvo.

Planområdet gränsar till Europaväg 6/riksväg 40 samt till Västkustbanan/Kust till kustbanan som kommer ur järnvägstunneln i planområdets södra del. Båda dessa transportleder används för transporter av farligt gods.

Riskfrågorna skall beaktas vid detaljplanering inom 150 m från transportled för farligt gods enligt Länsstyrelsens riskpolicy. Även Göteborg Stads översiktsplan ställer krav på riskutredning för det planerade området.

I den genomförda riskutredningen jämförs beräknade nivåer för individ- och samhällsrisk med kriterier som tagits fram av DNV på uppdrag av dåvarande Räddningsverket som numera accepteras nationellt vid denna typ av riskutredningar. Dessa kriterier kallas därför ofta nationella kriterier. Risknivåerna jämförs även med av Göteborg Stad framtagna kriterier.

Utredningen visar att risksituationen för den delen av detaljplanen där hotellet och vattenparken planeras att ligga är acceptabel utan vidare åtgärder.

För parkeringshuset med centrumverksamhet och World of Volvo är risksituationen sådan att skyddsåtgärder skall genomföras innan risknivåerna kan tolereras.

Följande skyddsåtgärder ska genomföras för att tolerabla risknivåer kan anses vara uppnådda enligt de nationella kriterierna.

- Den delen av parkeringshusets som är närmast järnvägen förstärks så att ett avåkande tåg inte raserar byggnaden. Skyddet skall utformas så att det inte skadar tåget i onödan, särskilt omsorg måste användas vid utformning av start och slut av detta skydd.
- Fasad (inklusive fönster) på alla sidor av parkeringshuset och World of Volvo inom 100 meter från väggkanten på E6/rv40 ska vara tät och av lägst brandklass EI 30. Fönster ska vara klassade i EI 30 och ska inte kunna öppnas utan särskilda specialverktyg.

- Centrumverksamheten i parkeringshuset skall lokaliseras i byggnadens västra del.
- All ventilation för parkeringshuset med tillhörande centrumverksamhet och World of Volvo ska placeras högt och vänt bort från E6/rv40 och järnvägen.
- Utrymning av parkeringshuset med tillhörande centrumverksamhet och World of Volvo ska vara möjlig bort från E6/RV40 och järnvägen.
- Parkeringshusets och World of Volvos fasad som vetter mot järnvägen ska tåla gasexplosion enligt lastfallen som presenteras i avsnitt 7.2.4.

Utöver detta bör även tunga vägräcken anläggas längs berörda vägsträckor. Åtgärden kan vara svårt att utföra på alla vägar förbi planområdet men rekommenderas särskilt för avfart till rv 40 närmast den planerade bebyggelsen.

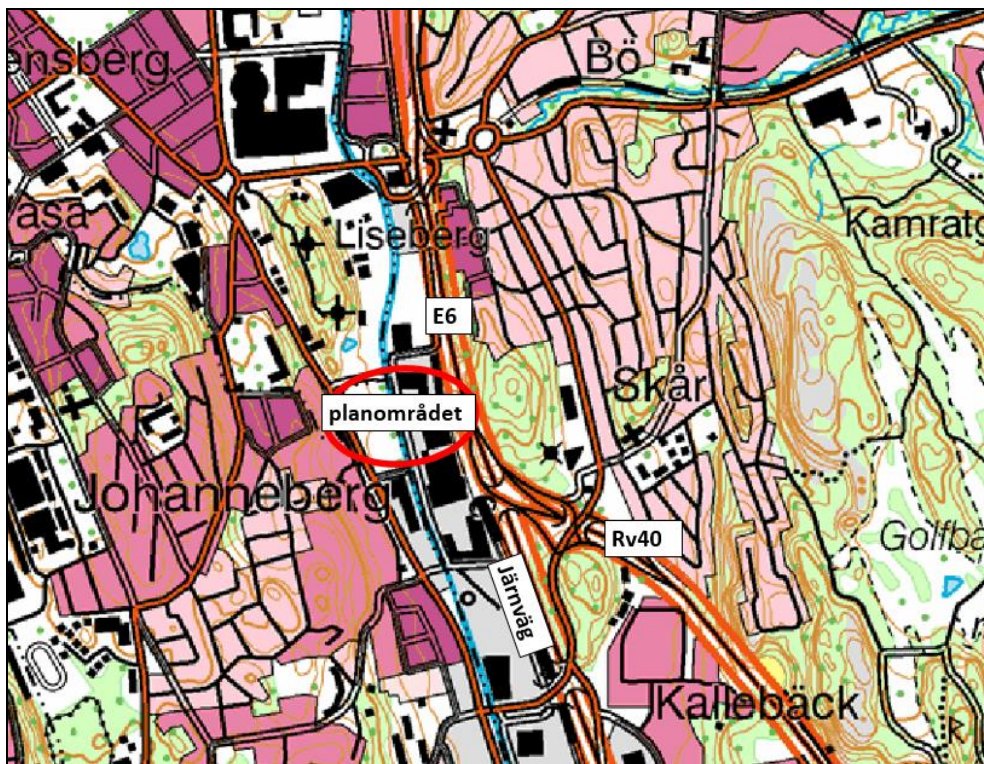
Efter att dessa åtgärder är genomförda bedöms risksituationen inom områden för parkeringshuset med centrumverksamhet och World of Volvo vara tolerabel enligt kriterierna som används nationellt vid riskutredning för detaljplaner längs transportleder för farligt gods.

Avseende Göteborg Stads kriterier överskrider den övre nivån. Åtgärder har dock föreslagits och risksituationen kan bedömas som tillfredställande utifrån det resonemang som förts avseende de nationella kriterierna.

Inom området för hotellet och vattenparken är risksituationen acceptabel enligt alla tillämpade kriterier.

1. Inledning

En detaljplan håller på att tas fram för fastigheterna Immeln m.fl. i Göteborg, se figur 1 för områdets läge. Syftet är att möjliggöra för Liseberg AB att utvidga verksamheten söderut i samband med Jubileumssatningen.



Figur 1. Områdets läge i Göteborg.

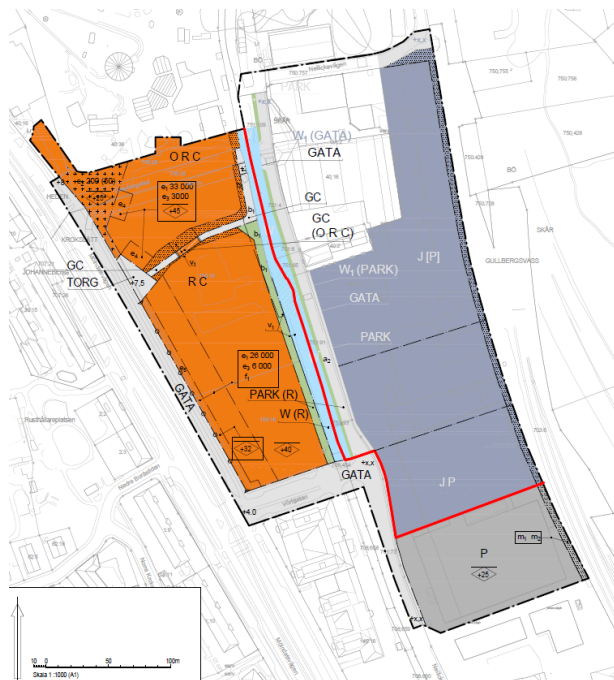
Planområdet gränsar till Europaväg 6/riksväg 40 samt till Västkustbanan/Kust till kustbanan som kommer ur järnvägstunneln i planområdets södra del. Dessa transportleder är alla utpekade för transporter av farligt gods.

Göteborgs stads översiktsplan fördjupad för transport av farligt gods (Göteborg 1999) ger anvisningar för när en särskild riskanalys skall upprättas vid planering av området längs transportleder för farligt gods men tar inte hänsyn till effekten av flera transportleder längs samma område eller till annan bebyggelse än bostads – och kontorsbebyggelse.

Länsstyrelsens riskpolicy (Lst 2006) anger att riskfrågorna skall beaktas vid detaljplanering inom 150 m från transportled av farligt gods.

Beslut har därför tagits att upprätta en särskild riskanalys för projektet. Den genomförda analysen och framtagna åtgärdsförslag presenteras i denna rapport.

Efter framtagande av denna riskutredning i slutet av 2016 har detaljplanen varit ute på samråd under våren 2017. Områden som ingick i detaljplanen vid riskutredningens färdigställande kan ses i *figur 2*. Efter samrådet och den information som tillkommit utreds möjligheten att dela upp planområdet i två delar, där området väster om Mölndalsån, inrymmandes hotell och vattenpark samt parkeringshuset längst söderut i planen föreslås bli etapp 1 och övriga område etapp 2, se *figur 3*.



Figur 2

Detaljplanens utformning vid färdigställandet av riskutredningen 2016 (Göteborgs stad 2018:1).



Figur 3 Nytt förslag på utformning av detaljplan efter samråd under våren 2017 (Göteborgs stad 2018:1).

Motivet till denna delning är enligt Göteborgs stad (2018) en sammanvägning av en rad påverkande faktorer:

- Utvecklingsplanerna för området öster om Mölndalsån ligger inte lika långt fram i tiden som planerna i föreslagna etapp.
- Nellickevägen utgör en viktig genomfartsväg för såväl området som dess omgivning och försörjer befintliga verksamheter med transporter. I nuvarande läge omöjliggör denna vägdragnings ett säkerställande av en ekologiskt funktionell brynzon och ett grönt gång- och cykelstråk längs Mölndalsån som bedöms behöva hanteras vid planläggning.
- Genom att ta ett helhetsgrepp på området öster om ån som en egen detaljplan med en längre tidshorisont i en etapp 2 kan en omräkning av Nellickevägen och genom det en välfungerande plan för området möjliggöras.
- Ursprunglig anledning till att ha med denna del i planen har varit att möjliggöra tillfällig markparkering under byggtiden för parkeringshuset när befintlig markparkering tas i anspråk för hotell och vattenland: Markparkeringen bedöms dock, efter samråd med bygglovsavdelningen, kunna hanteras med tillfälligt bygglov då utredningar för att säkerställa miljö, hälsa och säkerhet kommer att krävas även i en sådan prövning och

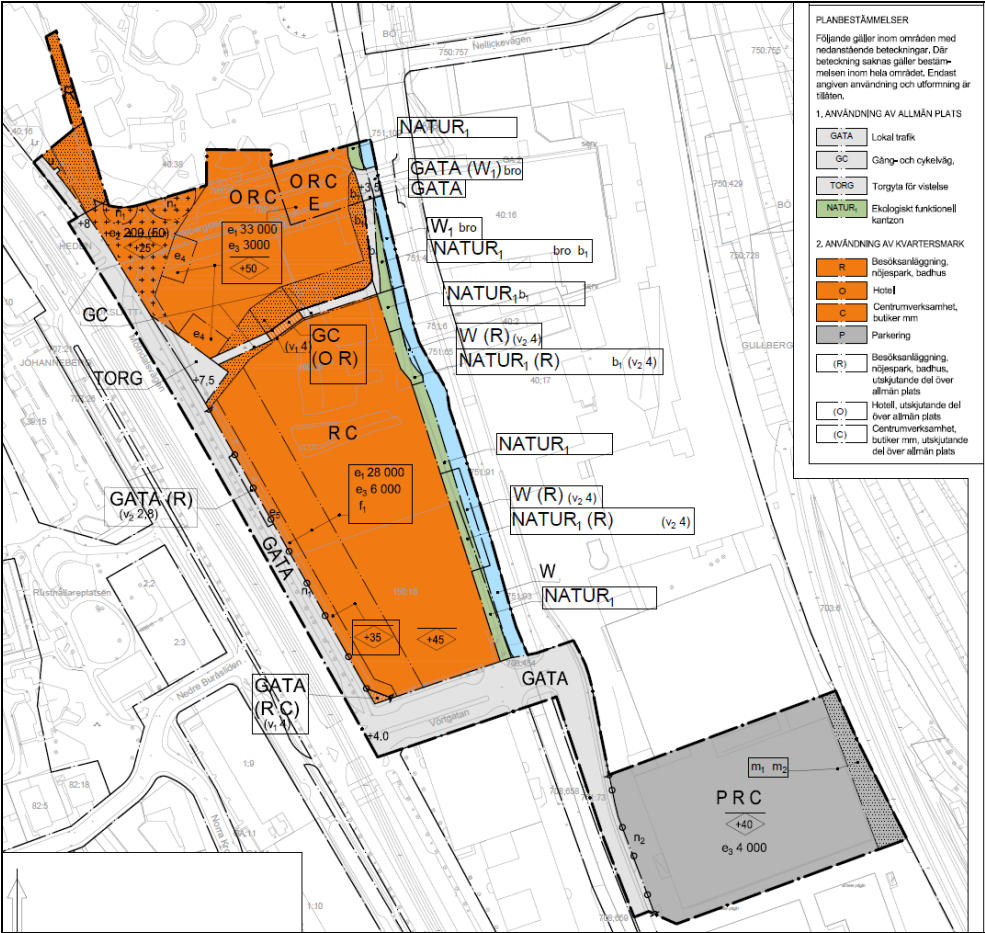
en avvecklingsplan är framtagen med hänvisning till att området är under planläggning.

Eftersom planområdet i samrådsförslaget fått en användning som inte är önskvärd över tid då varken Liseberg eller staden önskar industri eller markparkering i detta läge är den sammanvägda bedömningen att en bättre miljö kommer att kunna tillskapas genom föreslagen etappindelning. Hela ursprungliga planområdet kommer dock att tas med som övergripande utredningsområde i de frågor där helhetspåverkan behöver klargöras. Detta gäller exempelvis vid utredning av de värden som påverkas av rivningen av befintlig bebyggelse öster om ån för möjliggörande av den tillfälliga markparkeringen.

Efter det kompletterande samrådet har önskan framkommit från Volvo Cars och Volvo Group att bygga upp ett Experience center – World of Volvo - i centrala Göteborg nära nöjesparken Liseberg ovanpå parkeringshuset.

Tanken är att integrera det befintliga Volvo-museet och Brand Experience Center under samma tak och vidareutveckla detta till ett nya upplevelse center. Många olika målgrupper kommer att få möjlighet att uppleva Volvo genom utställningar, sociala aktiviteter, restaurang, café och evenemangsområde. World of Volvo kommer också att fungera som en mötesplats för alla som är nyfiken på Volvo, oavsett om de är anställda, studenter som söker en framtid hos företagen, turisterna eller Göteborgsborna.

Detaljplanen har då förändrats till utseende enligt *figur 4*.



Figur 4 Nytt förslag på detaljplan efter kompletterande samråd (Göteborgs stad 2018:2).

2. Risker med transport av farligt gods

2.1 Typer av farligt gods

Enligt internationella bestämmelser (ADR/RID) 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	Kvikksilverföreningar 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 och 2*.

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.

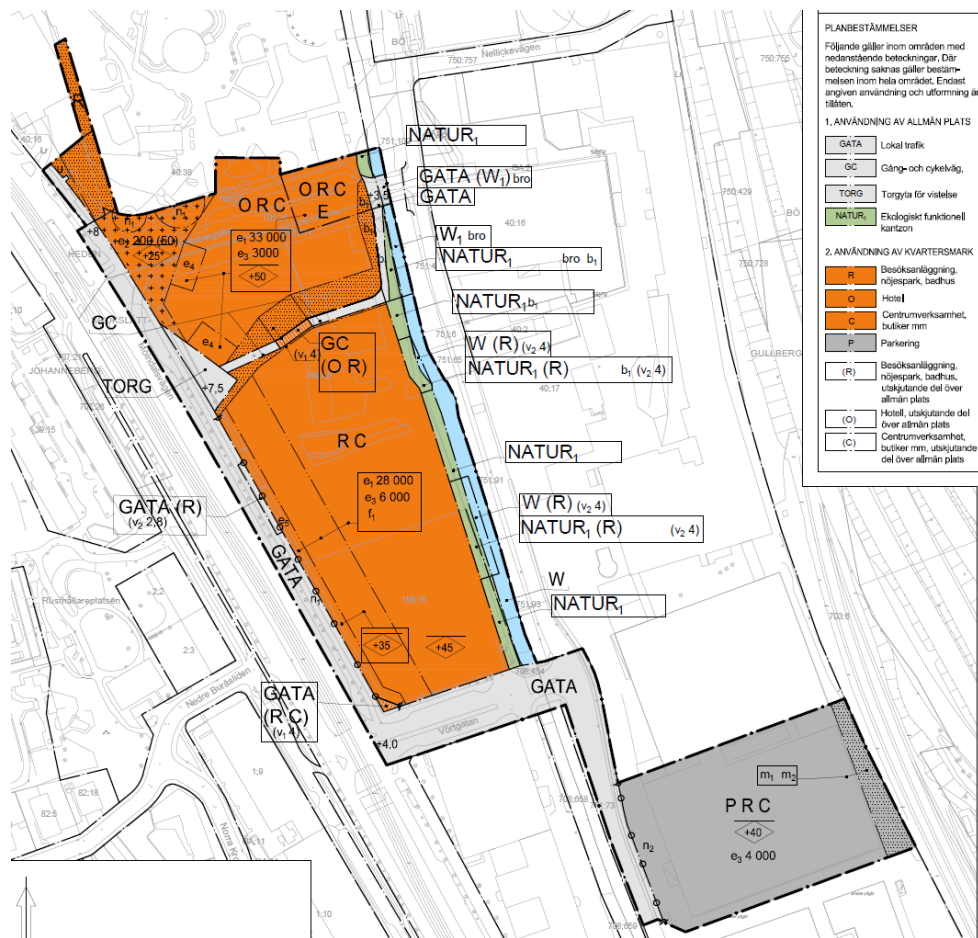
Klass 9: Övriga farliga ämnen och föremål

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

3. Platsen

3.1 Planområdet

Planområdet omfattar området söder om Lisebergs nöjespark i Göteborg, se *figur 5* där området anges med den svarta streckade linjen. Totalt handlar det om två områden: hotell och vattenpark samt parkeringshus med centrumverksamhet. Ovanpå parkeringshuset med centrumverksamhet planeras det för ett Volvomuseum, konferensanläggning samt restaurang som kallas "World of Volvo".



Figur 5 Nytt förslag på utformning av detaljplan efter samråd under våren 2017 (Göteborgs stad 2018:2).

3.1.1 Hotell och vattenpark

I planområdets nordöstra del planeras för ett hotell i 5 våningar och en vattenpark. Området kommer att få ett kortaste avstånd av ca 170 m från E6/rv40. Kortaste avståndet mellan järnvägen och området är också ca 170 m. Områdets längd längs E6/rv40 är ca 240 m.

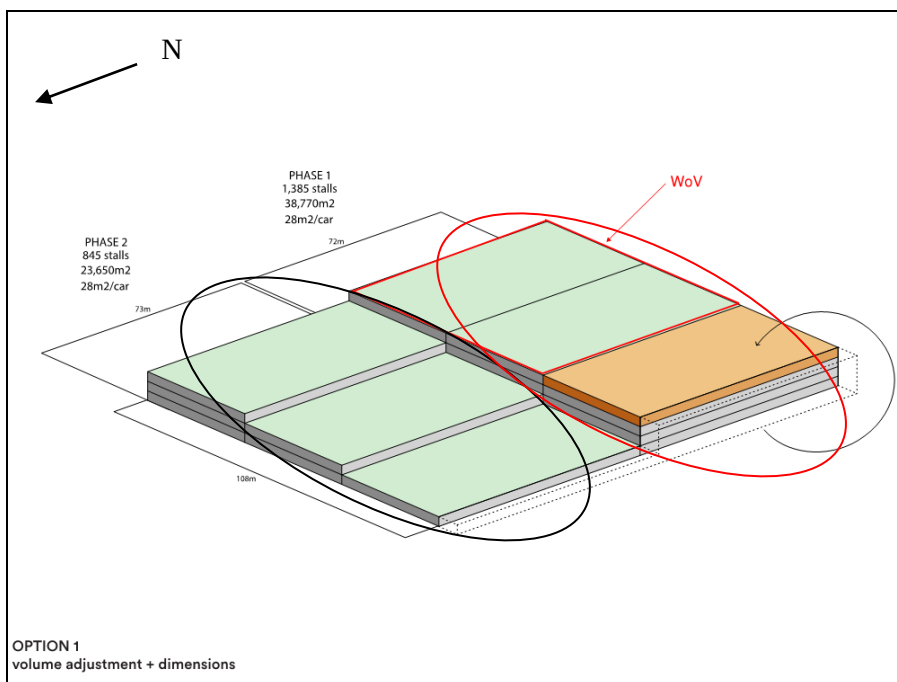
Bebyggelsen mellan Hotell och vattenparken och E6/rv40 ska rivas enligt rivningsbeslut av Göteborgs stad. Riskfrågorna vid en framtida exploatering av området bör utredas separat där hänsyn bör tas till risknivåer för hotellet och vattenparken framtagna i denna rapport.

3.1.2 Parkeringshuset med centrumverksamhet i bottenplan

I planområdets södra del planeras ett parkeringshus med maximalt 1400 parkeringsplatser. I bottenplanets västra del planeras även för centrumverksamhet. Parkeringshuset kommer att ligga på ett kortaste avstånd av ca 43 m från E6/rv40. Kortaste avståndet mellan järnvägen och området är ca 20 m. Områdets längd längs transportlederna är ca 72 m.

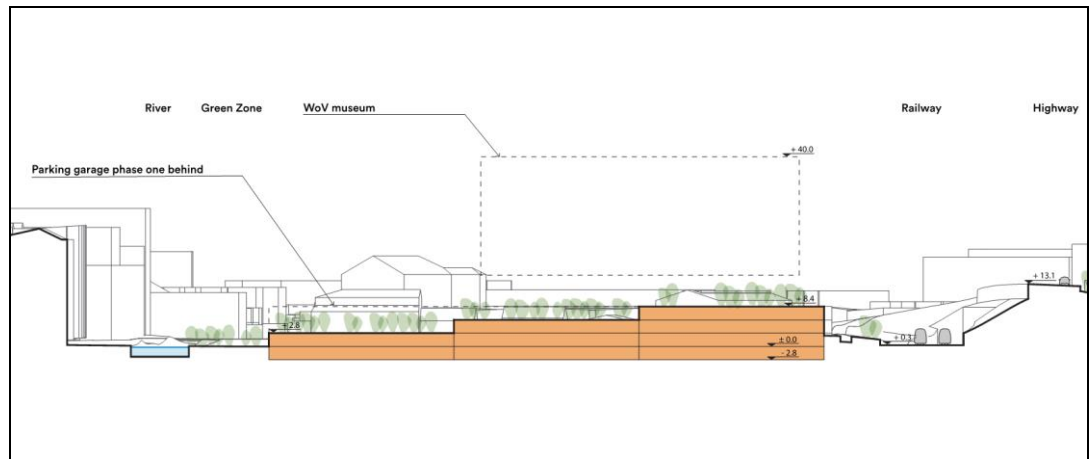
3.1.3 World of Volvo

Ovanpå planerat parkeringshus planeras ett Volvomuseum, konferensanläggning och restaurang i ett koncept som kallas ”World of Volvo”, se *figur 6*.



Figur 6 Preliminär skiss över World of Volvo ovanpå parkeringshuset. Röd ellips markerar del av parkeringshuset som är aktuell i denna detaljplan. Svart ellips markerar del av parkeringshuset som är aktuell i anslutande detaljplan (Inhouse Tech 2018).

World of Volvo planeras bli cirka 17 000 m² stort och förväntas locka cirka 500 000 besökare per år (Inhouse Tech 2018). Halva delen av World of Volvo ligger i denna detaljplan och andra halvan är belägen i nästa etapp av detaljplanen. Därför antas arean av byggnaden och antal besökare vara hälften av totalen i denna riskutredning. World of Volvo kommer ligga cirka 5 meter över markytan, se figur 7.



Figur 7 Skiss som visar sektion för parkeringshuset och World of Volvo (streckad fyrkant) (Inhouse Tech 2018).

3.2 Persontäthet

3.2.1 Hotellet

Hotellet planeras att få 1 800 bäddar och det årliga antalet gäster uppskattas till 430 000 per år. Det genomsnittliga antalet gäster i hotellet ligger då något under 1 200 personer. Dessa personer bedöms vara närvarande under nattetid samt dagtid fram till kl. 8.00. Därtill kommer att det ständigt finns ca 70 personer i personalen dagtid och 30 personer nattetid. (Liseberg 2006)

Beräkningarna baseras på en förenkling av verkligheten då alla gäster inte är i hotellet från kl. 18.00 på kvällen och alla gäster inte lämnar hotellet kl. 08.00 på morgonen. Förenklingen bedöms ge en tillräcklig bra bild av närvaron för att kunna användas i riskberäkningarna. I osäkerhetsanalysen behandlas vad som händer om det finns fler personer i hotellet än vad som antas här.

3.2.2 Vattenparken

Vattenparken planeras ha kapacitet för maximalt 2 700 personer samtidigt och förväntas få 700 000 besökare per år. Öppettider är inte fastlagda ännu men bedöms kunna vara kl. 10.00-kl. 20.00. (Liseberg 2006) Med en uppehållstid på ca 3 timmar innebär detta att det i snitt är ca 600 besökare i vattenparken under öppettiden. Därtill kommer att det ständigt kommer att finnas uppskattningsvis 25 personal närvarande.

3.2.3 Parkeringshuset med centrumverksamhet i bottenplan

För att få underlag till en bedömning av den framtida användningen av parkeringshuset har beläggningen på den nuvarande parkeringsplatsen inom området studerats utifrån information från Göteborgs Stads Parkerings AB (Göteborg 2016).

Räknat på helåret var beläggningen på parkeringsplatsen 28 % under dagtid (kl. 06-18) och 31 % under nattetid (kl. 18-06). Skillnaden i beläggningen mellan sommar och vinterhalvåret är stor, se *tabell 2*.

Tabell 2. Beläggning på parkeringsplatsen söder om Liseberg

Beläggning	Februari	Juli	Helår
Dagtid kl. 06-18	12 %	45 %	28 %
Nattetid kl. 18-06	8 %	54 %	31 %
Dygnet	10 %	49 %	29 %

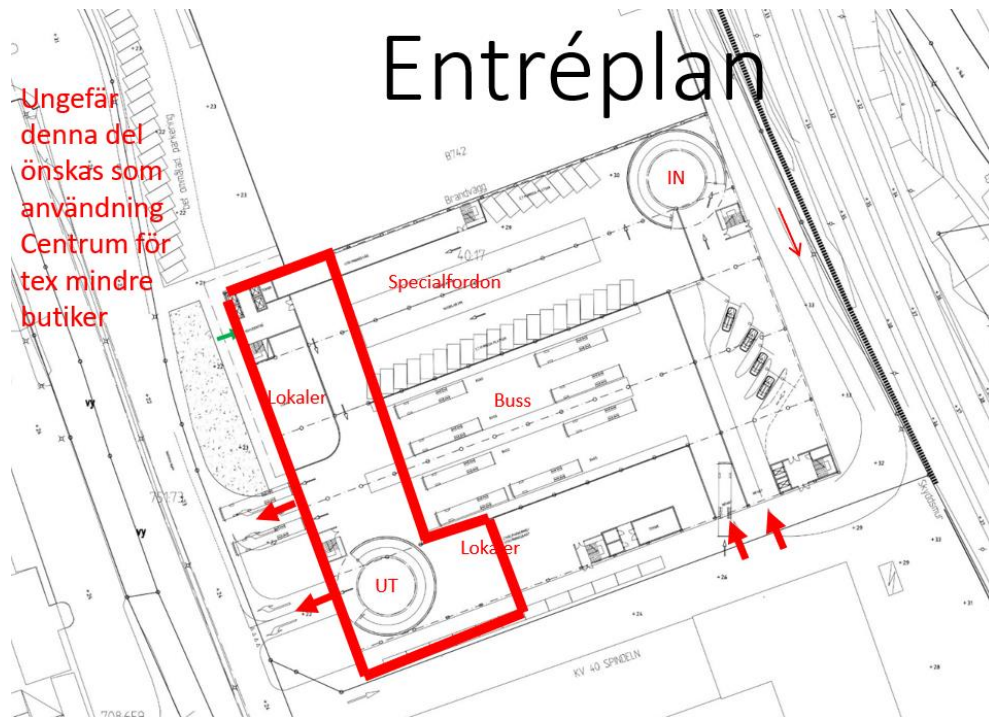
Beläggningen under sommaren var ca 50 % medan den var ca 10 % under vintern.

Beläggningen varierar med tiden på dygnet, högst (över 80 %) är den mellan 16.00 och 22.00 under sommarmånaden.

För att beräkna antalet personer som i snitt uppehåller sig i parkeringshusets parkering samtidigt har följande antaganden gjorts: parkeringshuset har ca 1 400 parkeringsplatser, 3 byten sker per parkeringsplats, 4 personer per bil och en total uppehållstid på ca 6 minuter i samband med parkering.

Sommarhalvåret beräknas i snitt ca 70 personer uppehålla sig på markparkeringen samtidigt, vinterhalvåret ca 14 personer. I de fortsatta beräkningarna utgår vi från 70 personer i parkeringshuset då ett av syften med de nya satsningarna är att få en jämnare beläggning på Liseberg samt att de nya satsningarna kommer att locka till sig fler besökare.

I parkeringshuset planeras också för centrumverksamhet enligt *figur 8*. Ytan för föreslagen centrumverksamhet uppgår till cirka 2 000 m². Enligt en tidigare genomförd riskutredning (Norconsult 2016:2) bedöms antal personer närvarande dagtid i denna typ av verksamhet vara cirka 11 personer i snitt per 1 000 m² och därmed 22 personer totalt i snitt dagtid.



Figur 8 Preliminär skiss över planerad centrumverksamhet i bottenplan på parkeringshuset.

Totalt bedöms det därför vara cirka 100 personer på plats i genomsnitt på dygnet i parkeringshuset och centrumverksamheten.

3.2.4 World of Volvo

I kapitel 3.1.3 beskrivs det att halva delen av World of Volvo kommer ligga i denna etapp av detaljplanen och andra halvan ligger i nästa etapp. Detta innebär att hälften av totala antalet besökare till "World of Volvo" används i denna riskutredning. Antalet besökare per år beräknas då vara cirka 250 000 personer årligen vilket innebär cirka 1 250 besökare per dag. "World of Volvo" bedöms vara öppet cirka 360 dagar per år och 12 timmar per dag vilket fördelar sig på 8 timmar dagtid (06-18) och 4 timmar på kvälls/natttid (18-06).

Varje besökare bedöms i genomsnitt vara närvarande i cirka 3 timmar som en sammanvägd bedömning av vistelsetider till museum, konferensanläggning och restaurang. Detta ger ett genomsnittligt besöksantal på dygnet på cirka 85 personer. Antal personer i personalen bedöms uppgå till cirka 15 personer som är närvarande i genomsnitt under hela öppettiden och adderas till den genomsnittliga persontätheten. Detta ger då ett slutgiltigt genomsnittligt personantal på cirka 100 personer över dygnet.

Av dessa personer bedöms 93 % befinna sig inomhus och 7 % utomhus på dagtid.
På kvälls- och nattetid bedöms 99 % befinna sig inomhus och 1 % utomhus.

3.3 Transporter av farligt gods på E6/rv40

Uppgifter avseende antalet transporter av farligt gods har tagit från en tidigare utredning avseende transporter förbi Gårda (Norconsult 2016:1), se *tabell 3*.

Tabell 3. Transporter av farligt gods på E6/rv40 år 2030

Klass	Andel	Antal transporter
1 Explosiva ämnen	0,1 %	100
2 Komprimerade gaser	7,6 %	6 300
3 Brandfarliga vätskor	60 %	50 000
4 Brandfarliga fasta ämnen	3,1 %	2 600
5 Oxiderande ämnen	0,6 %	500
6 Giftiga ämnen m m	0,3 %	260
8 Frätande ämnen	14 %	12 000
9 Övriga farliga ämnen	14 %	12 000
Totalt	100 %	83 000

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).

För klass 2 finns det uppgifter i MSB:s statistik för E6 som används. Av de 7,6 % transporter med komprimerade gaser innehåller 2,2 % brandfarliga gaser och 0,03 % giftiga gaser. Resterande 5,3 % är varken brandfarlig eller giftig.

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

För klass 5 räknas endast de oxiderande ämnen med 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 4*.

Tabell 4. Farligt gods på E6/rv40 år 2030 som medför betydande risker för området

Klass och ämnesgrupp	Antal transporter
1.1 Massexplosiva ämnen	10
2.1 Brandfarliga gaser	1 800
2.3 Giftiga gaser	25
3. Mycket brandfarliga vätskor	37 000
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	170

Sannolikhet för olyckor på E6/rv40 på aktuell vägsträcka

Beräkningen av olycksfallssannolikhet har genomförts utifrån den metod som Vägverket anger i sin handbok "Nybyggnad och förbättring – Effektkatalog", (Vägverket 2008).

På sträckan förbi planområdet har under perioden 2006-06-01 till 2016-06-01 förekommit 21 personskadeolyckor varav 3 singelolyckor enligt Trafikverkets databas STRADA som registrerar olycksfallsrapporter för personskadeolyckor från polisen och sjukvården.

Medeltrafiken på sträckan var under den perioden ca 101 000 fordon per årsmedeldygn, sträckan som olyckorna skett på är ca 320 m, vilket innebär ca 118 Mfkm under 10-års perioden. Olycksfrekvensen på sträckan blir då ca $1,8 \times 10^{-7}$ olyckor per fordonskilometer

Andelen singelolyckor är här 14 %. Vid 86 % av olyckorna är 2 eller fler fordon inblandade. Vi bortser från olyckor med fler än 2 fordon då dessa förekommer så sällan att det inte påverkar beräkningsresultatet. Detta ger att risken för att olycksrisken för ett fordon är lika med $(1 + 0,86) \times 1,8 \times 10^{-7} = 3,3 \times 10^{-7}$.

3.4 Transport av farligt gods på Kust till kustbanan och Västkustbanan

Järnvägen går i tunnel större delen av sträckan förbi området, endast på en sträcka på 60 m går den i markläge, se *figur 2*. Olyckor som sker i tunneln förutsätts inte ha någon stor påverkan på planområdet.

Uppgifter avseende transporter av farligt gods på järnvägen förbi planområdet har tagits från en tidigare utredning för denna järnväg, (Norconsult 2016:1). Resultaten visas i *tabell 5*.

Tabell 5. Transporter av farligt gods på järnväg år 2030

Klass	Andel	Antal transporter
1 Explosiva ämnen	0,1 %	10
2 Komprimerade gaser	13 %	980
3 Brandfarliga vätskor	17 %	1 300
4 Brandfarliga fasta ämnen	0,2 %	13
5 Oxiderande ämnen	22 %	1 700
6 Giftiga ämnen m m	2,9 %	220
8 Frätande ämnen	44 %	3 400
9 Övriga farliga ämnen	2 %	160
Totalt	100 %	7 700

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 ovan innehåller ämnen med varierande farlighetsgrad och för att kunna genomföra en riskberäkning måste ämnen delas upp på ett annat sätt. Ämnena i klass 1, 2, 3 och 5 har därför delats upp ytterligare enligt nedan.

I klass 1 är det de s.k. massexplosiva ämnen som vid en olycka kan leda till en explosion som kan påverka planområdet. Andelen massexplosiva ämnen antas vara ca 10 % av den totala mängden i klass 1 (ÖSA 2004).

I klass 2 skiljer man mellan brandfarliga gaser (som gasol), giftiga gaser (klor, ammoniak m.fl.) och övriga – mindre farliga gaser. Uppdelning finns i MSB:s databas.

I klass 3 består ca 75 % av de transporterade mängderna av mycket brandfarlig vätska (bensin, flygbränsle mm) (ÖSA 2004).

För klass 5 antas konservativt att en tredjedel av ämnena i klassen kan leda till explosion.

Detta ger följande antal transporter i de kategorier som främst bedöms innebära risker för planområdet, se *tabell 6*.

Tabell 6. Farligt gods på järnvägen år 2030 som medför betydande risker för området

Klass och ämnesgrupp	Antal transporter
1.1 Masseexplosiva ämnen	1
2.1 Brandfarliga gaser	500
2.3 Giftiga gaser	480
3. Mycket brandfarliga vätskor	970
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	560

Sannolikhet för olyckor på järnvägen

Sannolikheten för olyckor på järnvägen förbi planområdet kan beräknas med den av Trafikverket angivna metoden (Banverket 2001). Beräkningarna visas i *figur 4 i bilaga 2*. Sannolikheten för en olycka har beräknats till $3,6 \times 10^{-8}$ per vagnkilometer och år.

Järnvägen går i tunnel längs stor del av sträckan längs planområdets norra del och olyckor i tunneln bedöms inte påverka planområdet nämnvärt. På en sträcka av 60 m går järnvägen öppet längs områdets norra del medan den går helt i markläge längs det planerade P-huset.

4. Riskbedömning i den fysiska planeringen

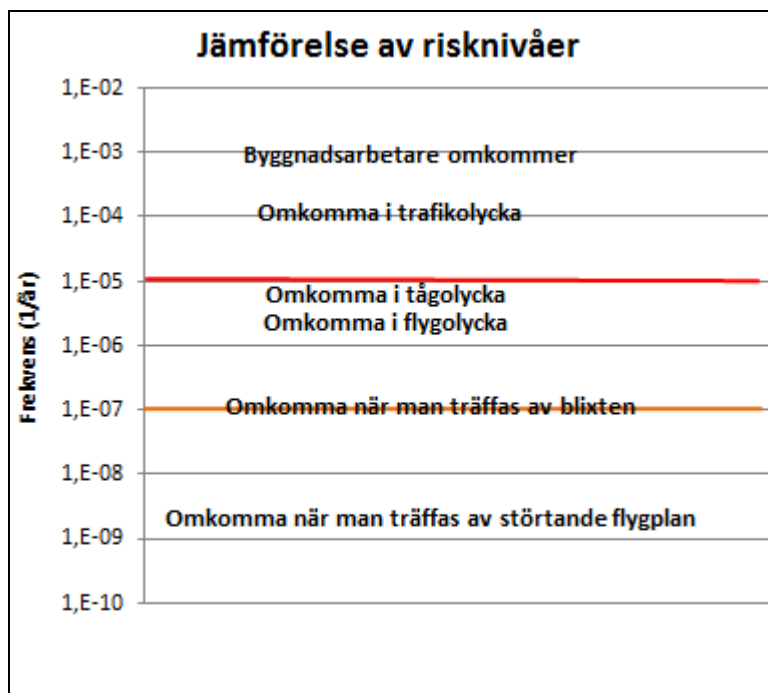
4.1 Vad är risker

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 9*.



Figur 9 Exempel på olika risknivåer som finns i samhället. $1, \text{E}-02$ 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 4.3.3*.

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 riskskällans 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.

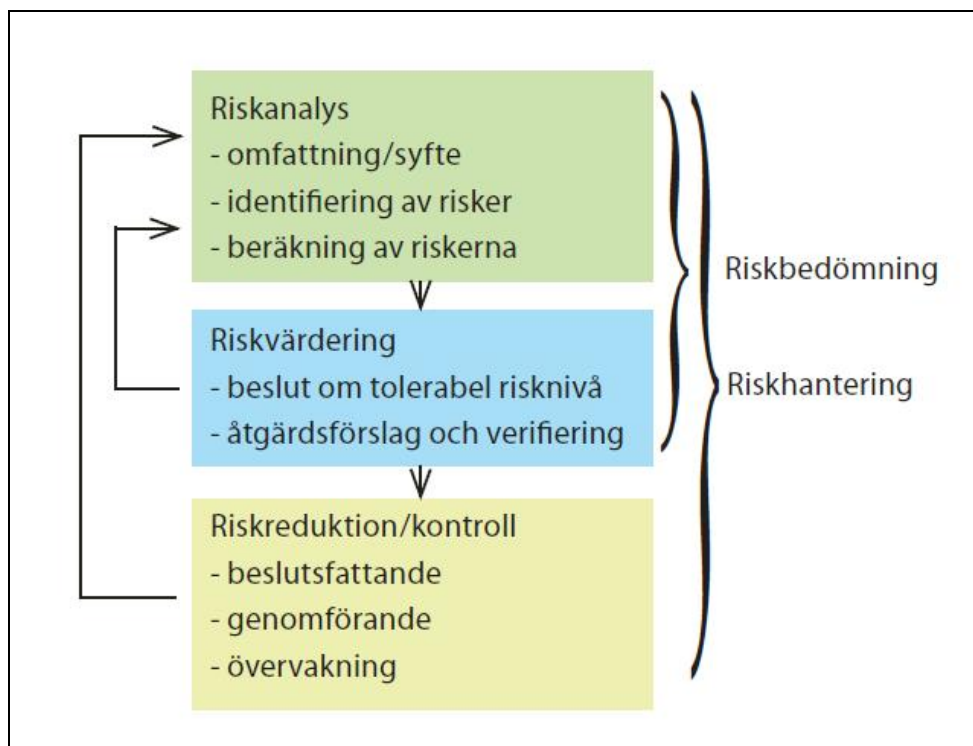
Samhällsrisk återges i ett FN-diagram där F står för frekvens och N för antalet omkomna. Det som anges är med vilken frekvens (F) olyckor med ett visst antal

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 10* (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 10. 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.

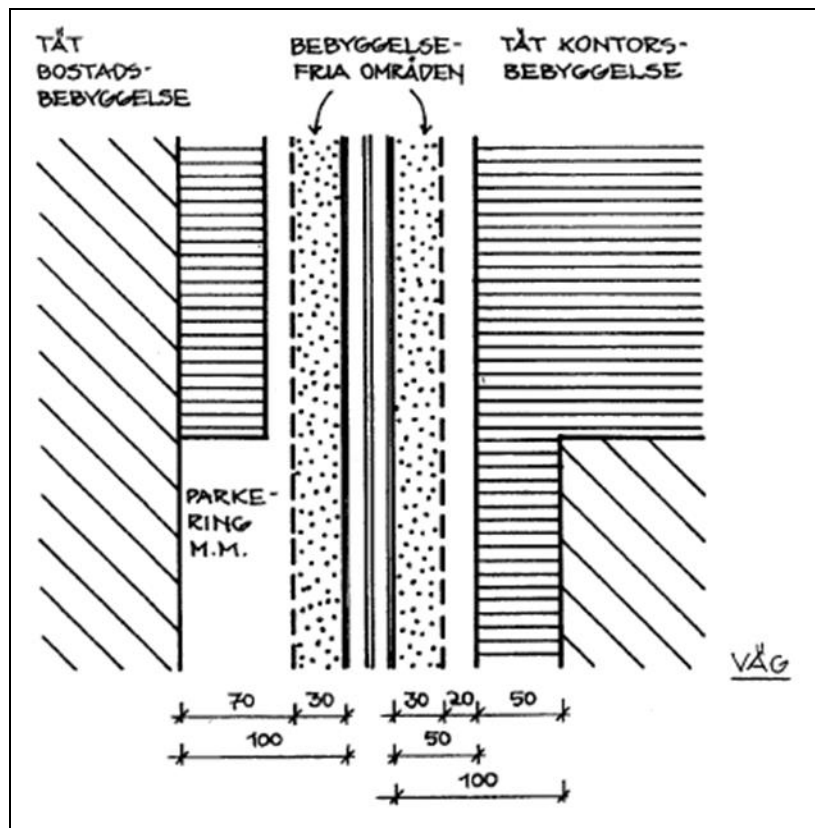
Förslag till riskreducerande åtgärder ges redan vid risknivåerna inom ALARP-området. Kravet på verifiering av dessa åtgärder aktualiseras normalt inte om inte risknivåerna överskrider gränsen för det tolerabla.

4.3 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods

4.3.1 Göteborg Stad

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 (Göteborg 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 11*.



Figur 11. Markanvändning längs väg där farligt gods transporteras.

Enligt riktlinjerna bör det vara bebyggelsefritt upp till 30 m från vägen. Närmare än 30 m från vägen bör få människor normalt vistas och marken skall vara utformat för att förhindra att bensen eller liknande sprider sig ut från en eventuell olycksplats. I vissa fall kan det uppstå önskemål att uppföra ny bebyggelse inom det bebyggelsefria området. För att detta kan genomföras krävs en särskild riskanalys som visar vad som krävs för att uppnå en säkerhetsmässigt tillfredställande lösning.

4.3.2 Länsstyrelsen

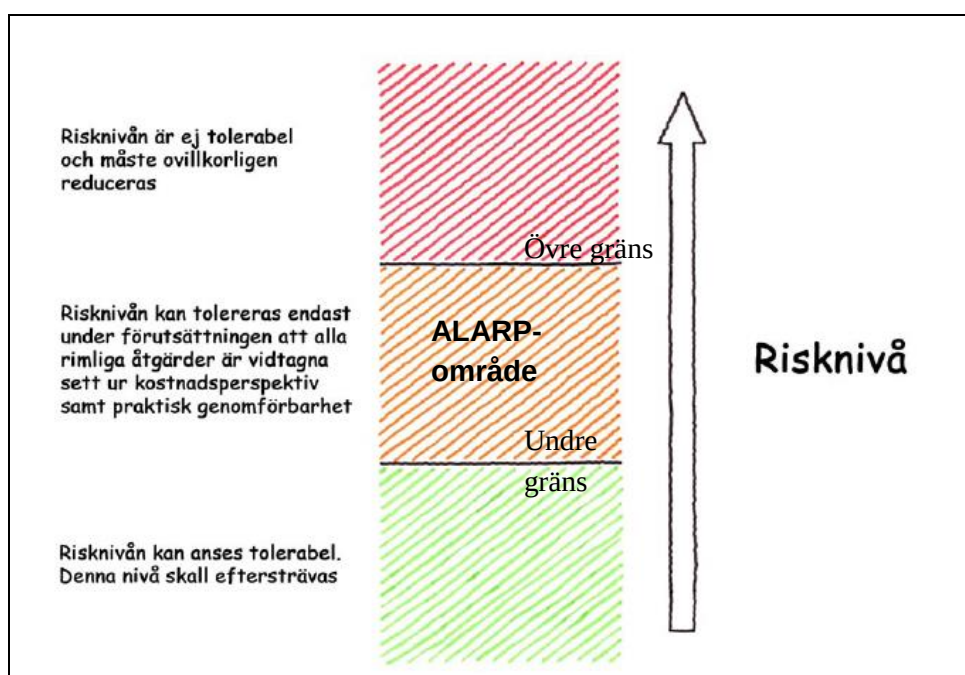
Länsstyrelsen i Västra Götaland har antagit en riskpolicy (Lst 2006) där det framgår att kravet är att åtminstone tolerabla risknivåer skall uppnås vid fysisk planering i närhet av transportleder för farligt gods. Länsstyrelsen har inte uttalat om vilka nivåer som gäller för att riskerna skall betraktas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

Individrisk

I många fall, främst när det inte finns särskilda kommunala krav, 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). I rapporten används en övre och en undre gräns, se figur 12. Om den övre gränsen överskrids bedöms att risknivån är så hög att den inte kan tolereras.



Figur 12. Risknivåer och gränserna mellan dem (Rtj Storgöteborg 2004).

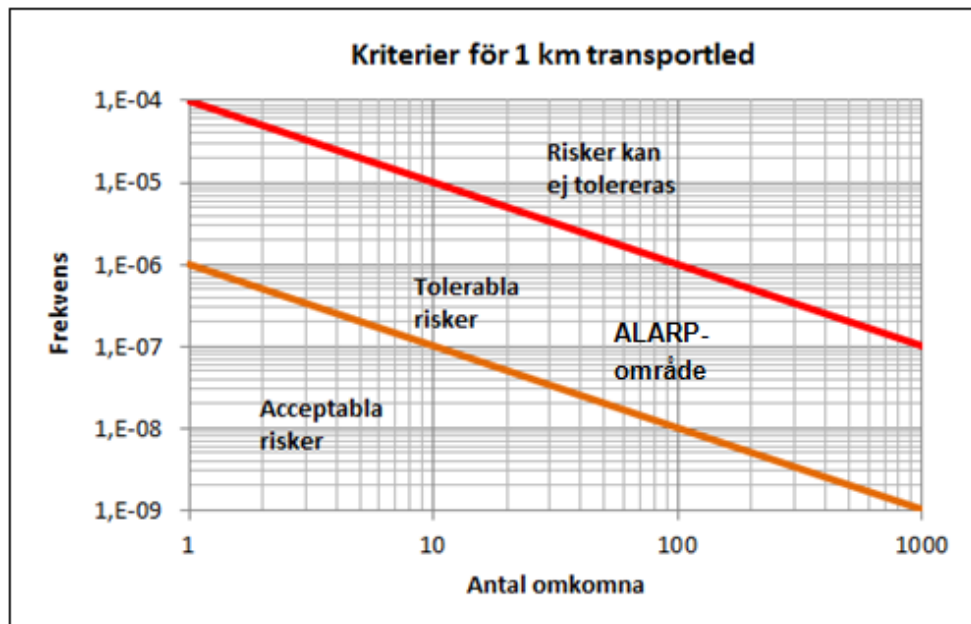
För individrisken ligger den övre gränsen på 1×10^{-5} per år (en gång på 100 000 år) och den undre på 1×10^{-7} per år (en gång på 10 000 000 år). Den undre gränsen ligger under risken att omkomma till följd av naturolyckor, vilket innebär att en sådan risknivå inte ger en signifikant påverkan på individens 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 samhällsrisk finns i rapporten "Värdering av risk" som tagits fram av Det Norska Veritas på uppdrag av dåvarande Räddningsverket (SRV 1997). Kriterierna i "Värdering av risk" visas i *figur 13*. I fortsättningen betecknas dessa kriterier med DNV.



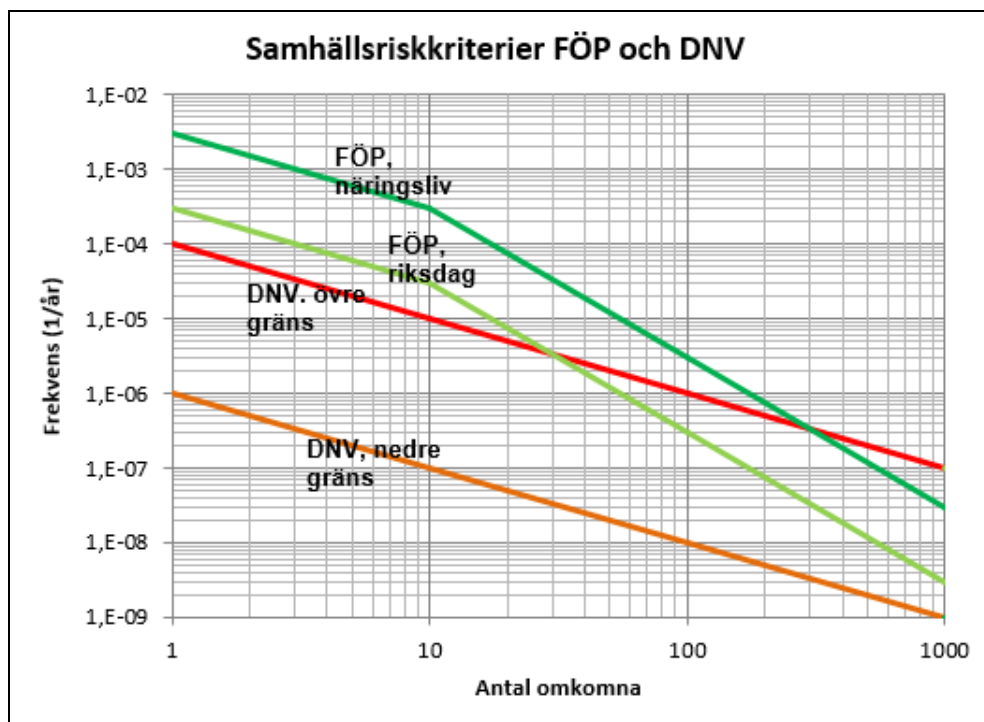
Figur 13. Riskkriterier för 1 km transportled för farligt gods med dubbelsidig bebyggelse (SRV 1997).

Kriterier i *figur 13* 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.

FÖP:ens kriterierna utgår från samhällsrisknivåer för ett typområde på båda sidor om en sträcka av 2 km längs transportleden för farligt gods, se *figur 14*, de gröna linjerna. Det finns kriterier för såväl bostäder som verksamheter, här redovisas endast kriterierna för verksamheter.



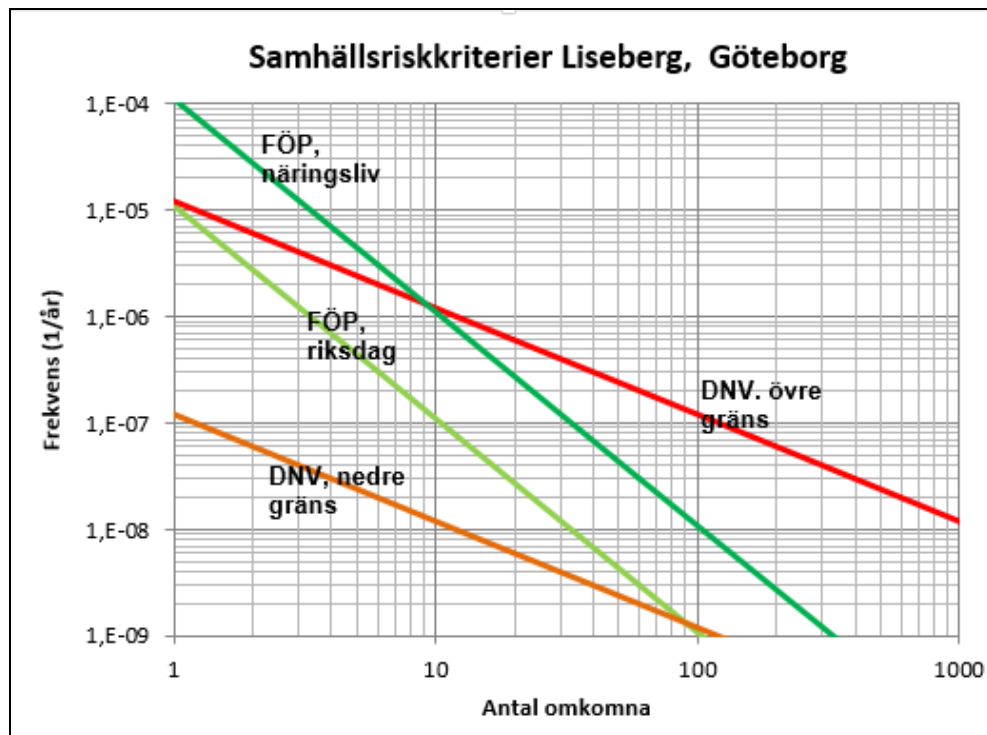
Figur 14. Kriterier för risker längs transportleder för farligt gods. FÖP betecknar Göteborg Stads kriterier i FÖP:en, DNV anger de för Räddningsverket framtagna kriterier.

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 12*.

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 11*, 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 planområdet beräknas utifrån transportledens längd längs området vilket är 240 m för området med hotell och vattenpark, se *figur 15*.



Figur 15 Riskkriterier för 240 m transportled i Göteborg

Eftersom användning av DNV kriterier numera accepteras nationellt vid riskbedömning vid detaljplanering nära transportleder för farligt gods kallas de ofta för "nationella" kriterier.

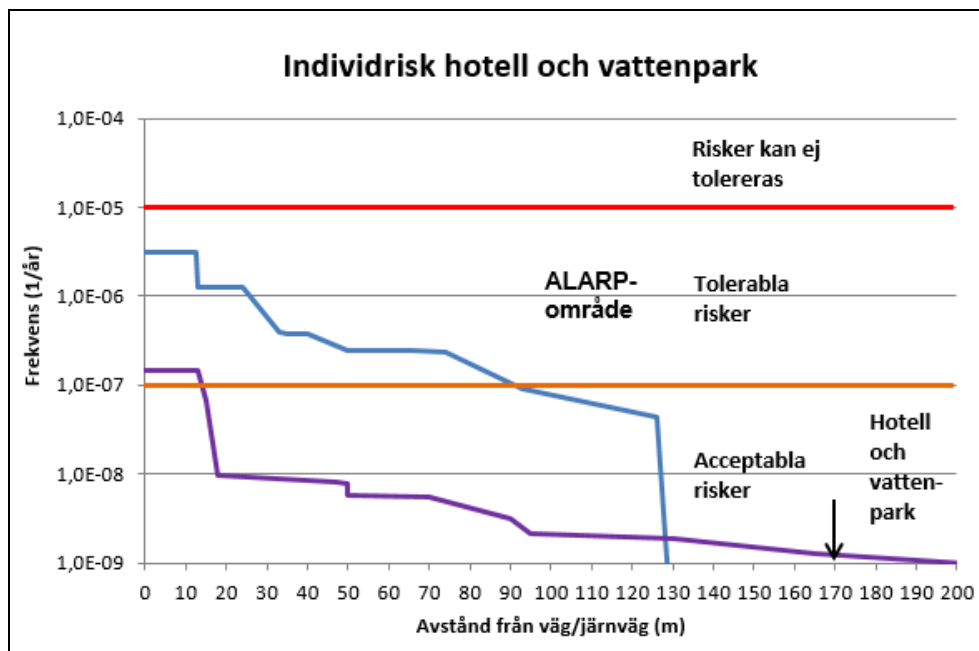
5. Resultat av riskberäkningarna

I detta kapitel redovisas beräkningsresultaten för individrisk och samhällsrisk. 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 *bilaga 1 och 2*.

5.1 Hotellet och vattenparken

5.1.1 Individrisk

I *figur 16* redovisas den beräknade individrisken från E6/rv40 och järnvägen för området med hotell och vattenpark. I *figur 16* visas individrisken från väg med den blåa kurvan och från järnväg med den lila kurvan.

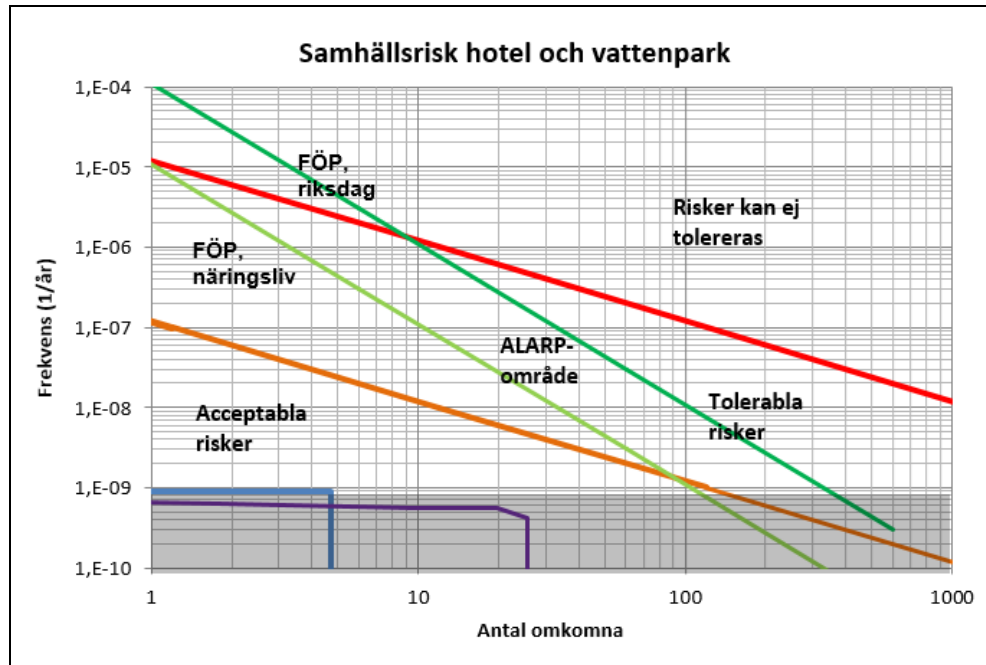


Figur 16. Individrisken längs transportleder för farligt gods. Blå kurva är individrisken från vägen, lila kurva är järnvägen.

Hotellet och vattenparken som planeras ligger på ett minsta avstånd på 170 m från transportlederna för farligt gods. Av *figur 16* framgår att individrisknivån från såväl väg som järnväg är acceptabla inom detta område.

5.1.2 Samhällsrisk

Aven samhällsrisk har beräknats för området med hotell och vattenpark. I figur 17 visas samhällsrisk från väg med den blåa kurvan och från järnväg med den lila kurvan.



Figur 17. Samhällsrisker för hotell och vattenpark. Blå kurva är risken från vägen, lila kurva är järnvägen

De nationella kriterierna har angivits med den röda och orangea linjen medan Göteborgs kriterier har angivits med de gröna linjerna. Kriterierna har förklarats närmare i *kapitel 4*.

Samhällsrisk från transportlederna överskrider inga av de angivna kriterierna och ligger till och med under de risknivåer som vanligtvis tas med i samhällsriskdiagram då frekvensen för scenarierna bedöms vara så låga att de inte beaktas. Detta har markerats med det gråa området i *figur 17*.

De låga risknivåerna beror på det stora avståndet mellan detta område och väg och järnväg.

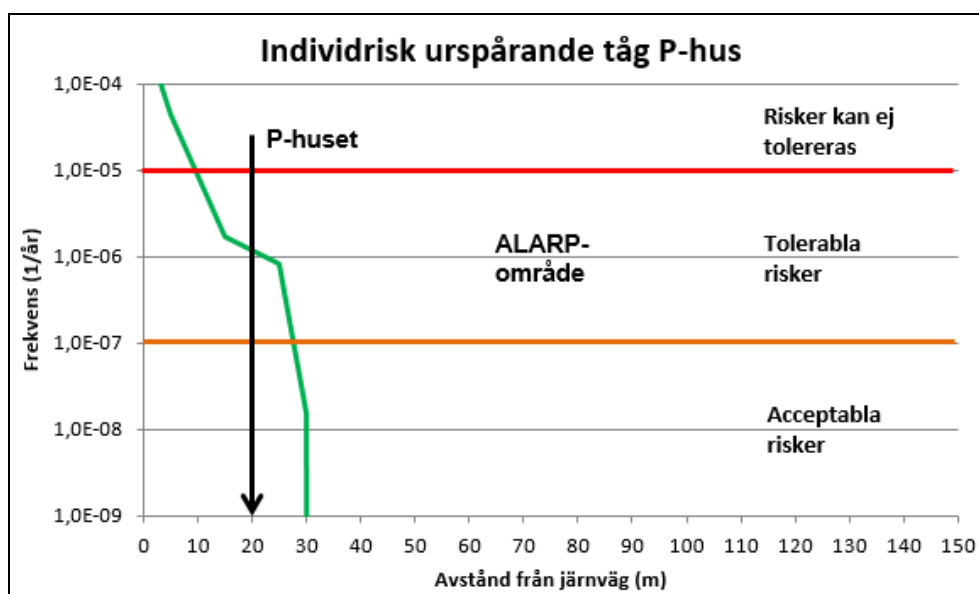
5.2 Parkeringshuset med centrumverksamhet i bottenplan samt World of Volvo

5.2.1 Urspårningsrisk

Urspåring av tåg antas kunna få konsekvenser på upp till 30 m från spårmittpunkt (Banverket 2001). P-huset planeras på ett kortaste avstånd på 20 m från spårmittpunkt vilket innebär att det finns risk för att urspårande tåg påverkar P-huset.

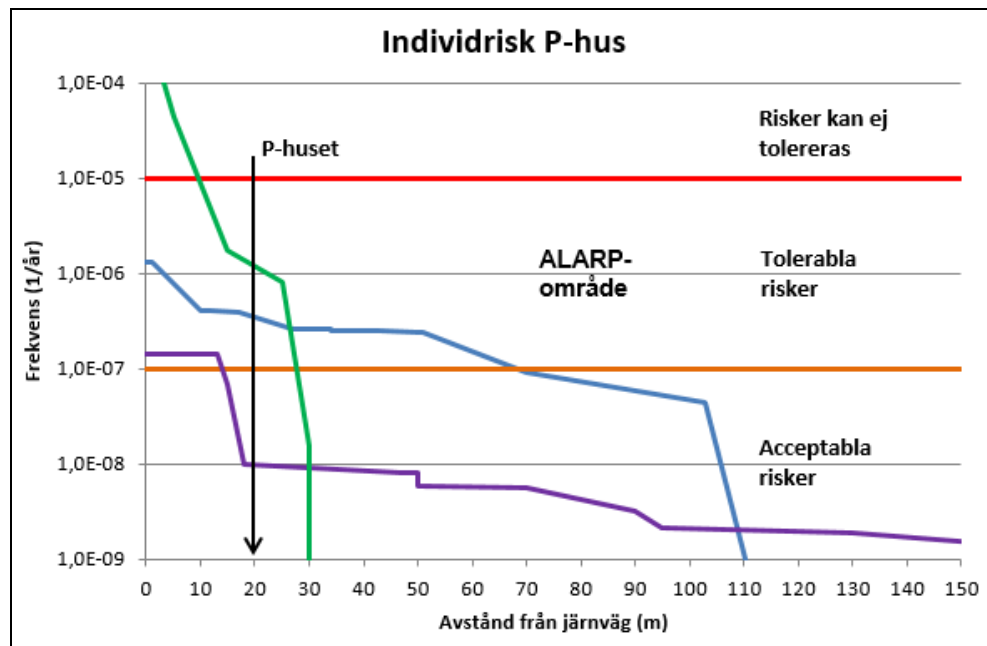
5.3.2 Individrisk

En beräkning av individrisken på grund av urspåring har genomförts, resultatet visas i figur 18.



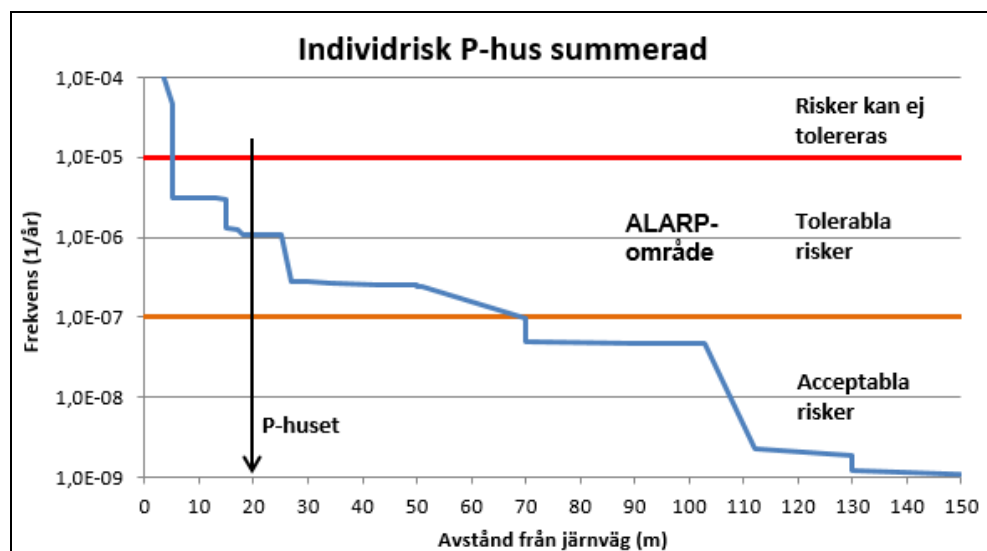
Figur 18. Individrisken längs järnvägen på grund av urspåring. I parkeringshuset ingår även World of Volvo.

Som jämförelse har kriterierna för risknivåer från transport av farligt gods angetts, några formulerade riskkriterier med avseende på urspåring finns ej. I figur 19 visas individrisknivåerna från transporter av farligt gods på väg och järnväg tillsammans med individrisken från urspåring av tåg.



Figur 19. Individriska längs järnvägen på grund av transporter av farligt gods och urspårning. Grönt är urspårning, blått är vägtransporter och lila är järnvägstransporter. I parkeringshuset ingår även World of Volvo.

I figur 20 visas den sammanräknade nivån för individriska.



Figur 20. Den sammanräknade individriska för urspårning samt transporter av farligt gods på väg och järnväg. Avståndet i figuren är avstånd mellan parkeringshus och järnväg. I parkeringshuset ingår även World of Volvo.

Vid P-huset överskrids nivån för acceptabla individrisker.

5.3.3 Samhällsrisk

Riskberäkningarna för parkeringshuset samt ”World of Volvo” har modifierats utifrån byggnadens placering.

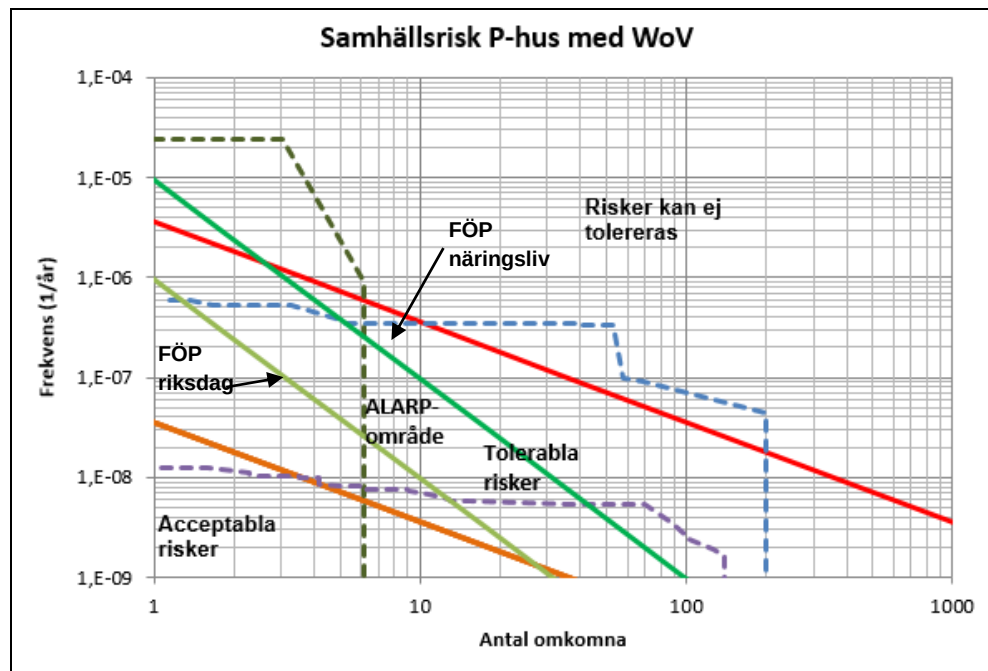
Jet

Eftersom ytor utomhus kommer finnas i skydd av byggnaderna för ”World of Volvo” bedöms scenario för jetflamma inte innebära att folk utomhus omkommer bakom WoV.

Giftiga och brandfarliga gaser

Giftiga gaser och brandfarliga gaser är båda tunga gaser som vid ett utsläpp håller sig nära markytan. Enligt CFD beräkningar som är genomförda i ett tidigare projekt (Norconsult 2010) så innebär en nivåskillnad på cirka 5 meters höjd att de tunga gaserna till största inte lyckas ta sig över nivåskillnaden. Eftersom World of Volvo ligger på en nivå på cirka 5 meter över markytan så bedöms inte giftiga eller brandfarliga gaser kunna nå byggnaden. Därför justeras scenarion gällande gasmolnsbrand och spridning av giftiga gaser i beräkningarna. Justeringen innebär att inga människor omkommer inom World of Volvo till följd av gasmolnsbrand eller utsläpp av giftiga gaser.

Samhällsrisk från väg och järnväg för P-huset har beräknats och visas i *figur 21*. Den blåstreckade kurvan är den beräknade risken från vägen och den lilastreckade kurvan är risken från järnvägen. Mörkgrön streckad linje är uspärningsrisken för P-huset och ”World of Volvo” tillsammans.

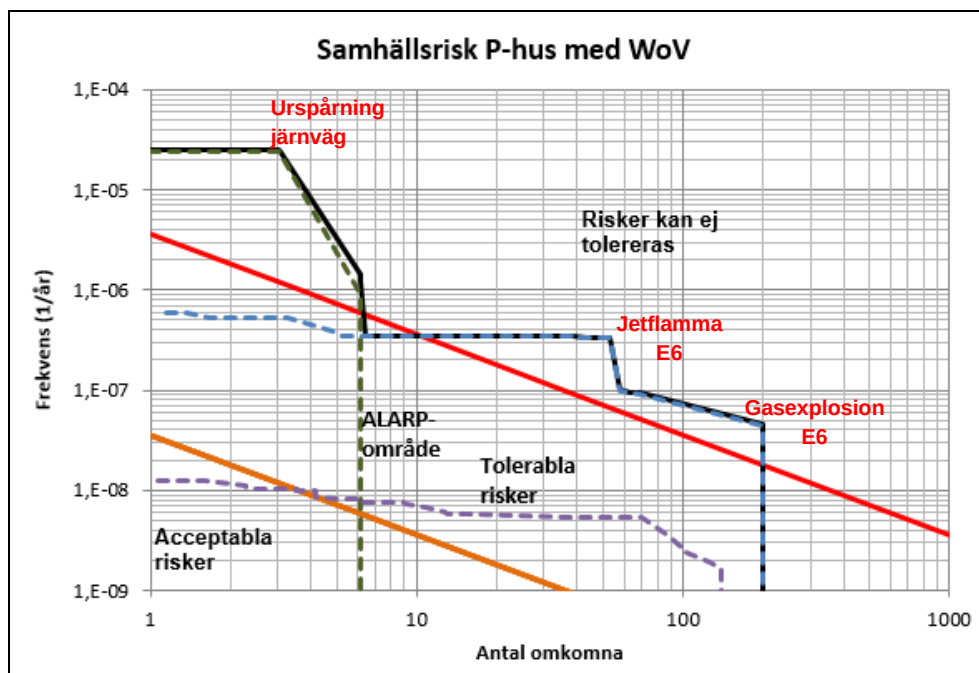


Figur 21. Samhällsrisk för P-huset och World of Volvo (WoV) från farligt gods på vägen (blå, streckat), järnvägen (lila, streckat), från urspärning (mörkgrön, streckat).

Av beräkningarna framgår att risknivån från väg E6/rv40 ligger över kriterierna baserade på FÖP:en. Risknivån från järnvägen ligger enbart över FÖP:ens acceptanskriterier.

DNV:s kriterier för tolerabla risker överskrids av den blåstreckade kurvan. Risknivån från järnvägen ligger klart lägre än den från vägen.

Det är svårt att dra slutsatsen hur mycket den sammanräknade risknivån från väg och järnväg överskrider DNV:s kriterier för tolerabla risker. I figur 22 har därför riskerna från väg och järnväg räknats ihop och den sammanräknade risken jämförs med endast de nationella kriterierna.



Figur 22. Samhällsrisk för P-huset och "World of Volvo" (WoV), svart är sammanräknad risknivå.

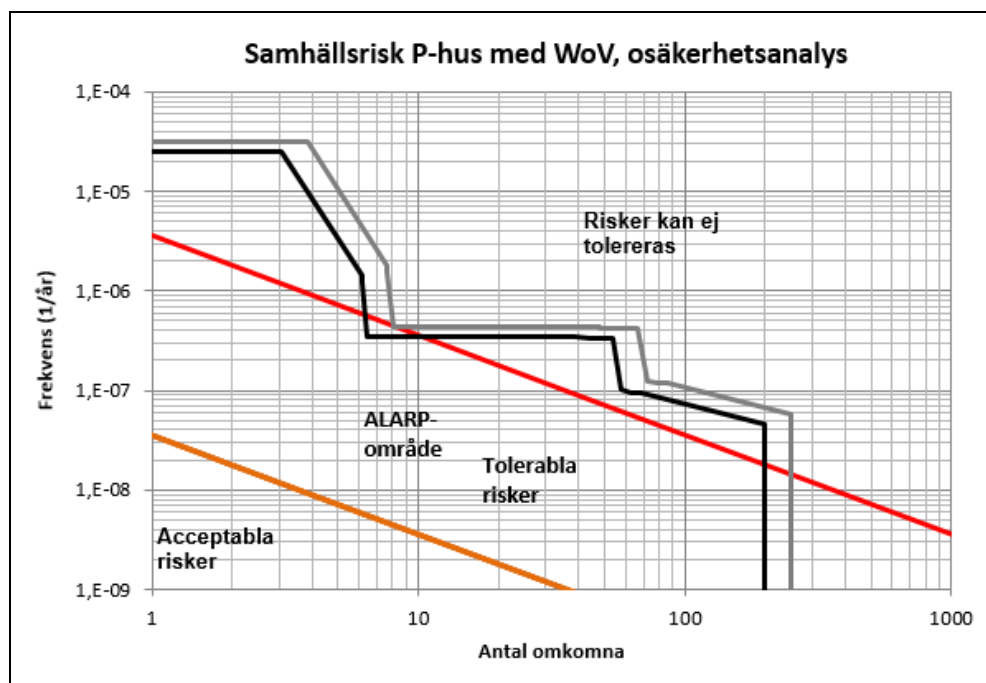
Beräkning av den sammanlagda samhällsrisknivån för P-huset i *figur 22* visar att överskridandet av övre kriteriet är störst vid ett fåtal omkomna. En starkt bidragande orsak till detta är urspårningsrisken. I övrigt ger riskerna från järnvägen mycket liten påverkan på den totala risknivån. Från E6/rv40 är det risken för scenario Jetflamma och Gasexplosion som är dimensionerande.

6. Osäkerhetsanalys

Osäkerhet avseende framtida risknivåer beror generellt på att antalet personer som uppehåller sig inom ett område och antal transporter av farligt gods kan bli högre än vad som antagits.

I osäkerhetsanalysen analyseras vad som händer om andelen transporter av farligt gods skulle öka med 25 %. I analysen tas dessutom höjd för att antalet personer inom området kan komma att vara högre än vad som framräknats. En ökning av totala antalet personer med 25 % har antagits.

Då det är samhällsrisk för P-huset som är mest kritiskt (det ligger över gränsen där riskerna inte kan tolereras, se *figur 22*) genomförs en osäkerhetsanalys för den sammanlagda samhällsrisknivån för P-huset. Resultaten av osäkerhetsanalysen visas i *figur 23*.



Figur 23. Resultat av osäkerhetsanalysen visas med grå kurva. Svart är den ursprungliga beräkning som även finns i *figur 18*.

Osäkerhetsanalysen visar att en ökning av antal transporter av farligt gods och antal personer inom P-huset leder till att risknivån ligger över gränsen för tolerabla risker. Detta betyder att det är angeläget med skyddsåtgärder som reducerar risknivåerna. Detta diskuteras vidare i *kapitel 7*.

7. Diskussion och slutsatser

7.1 Hotellet och vattenparken

För området med hotellet och vattenparken förekommer inga överskridande av kriterierna för acceptabla risknivåer och inga skyddsåtgärder är därför nödvändiga.

7.2 Parkeringshuset med centrumverksamhet i bottenplan samt World of Volvo

För den planerade verksamheten överskrider de nationella kriterierna för tolerabla risknivåer som därigenom ligger i det område där risker inte kan tolereras. Detta innebär att skyddsåtgärder skall vidtas och att skyddsåtgärdernas effekter ska verifieras. Överskridandet av kriterierna beror på urspårningsrisken på järnvägen men även på riskerna med transporter av farligt gods på E6/rv40. Riskerna från transporter av farligt gods på järnväg bidrar endast i mindre utsträckning. Även kriterierna enligt FÖP:en överskrider.

Osäkerhetsanalysen i kapitel 6 visar att en ökning av antalet transporter eller antalet personer i P-huset leder till att överskridandet av kriterierna för tolerabla samhällsrisker ökar.

7.2.1 Skyddsåtgärd urspårning

Riskerna kopplade till urspårning berör den delen av P-huset som befinner sig inom 30 m från spåret. Genom att flytta huset längre från järnvägen kan risknivån minskas.

Alternativt kan väggen av P-huset förstärkas och skyddas så att ett avåkande tåg inte raserar byggnaden. I detta fall är det väsentligt att skyddet utformas så att det inte skadar tåget, särskilt omsorg måste användas vid utformning av start och slut av detta skydd. En fysisk åtgärd som förhindrar att urspårade tåg når parkeringshuset eller förhindrar ras på byggnaden leder till att personerna inomhus inte omkommer till följd av ett urspårat tåg.

7.2.2 Skyddsåtgärd jetflamma

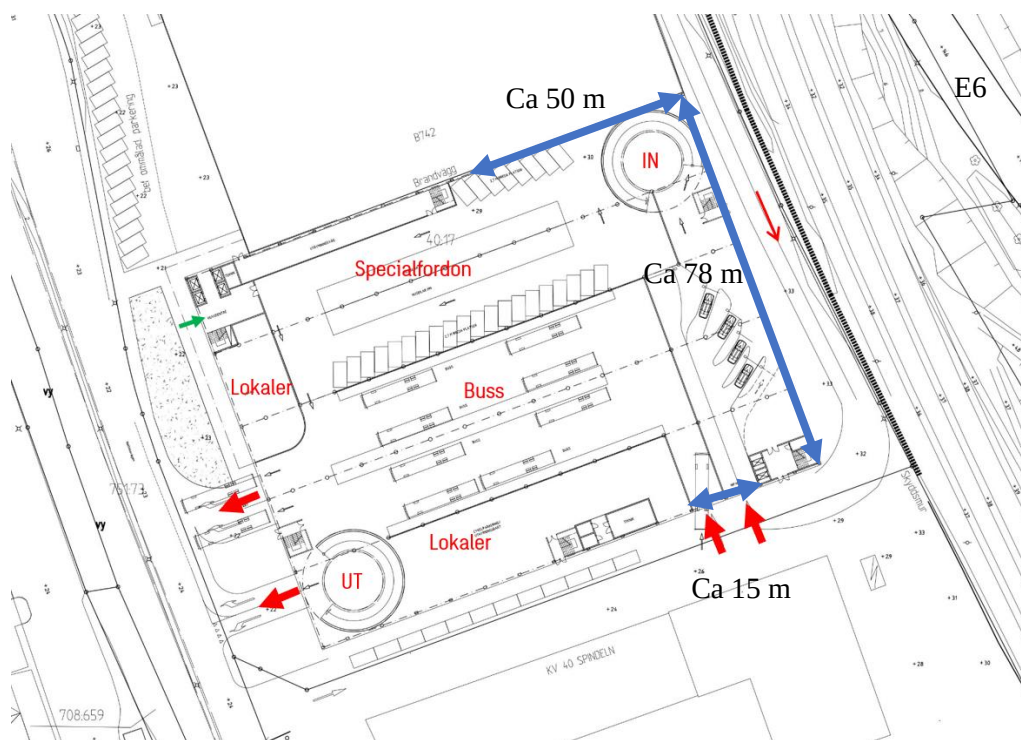
Även om riskerna från urspårning reduceras så överskrider fortfarande risknivåerna för tolerabla risker och åtgärder mot risker från transport av farligt gods, främst på

E6/rv40 ska genomföras. Riskerna beror framförallt på olika scenarier med brandfarliga gaser som jetflamma och även gasbrand. Genom att utforma väggen mot vägen som en tät vägg i minst EI 30 kan dessa risker reduceras avsevärt. Dessa åtgärder är även verksamma mot samma typ risker från järnvägen.

Skyddseffekten av en fasad utformad i EI 30 beskrivs i bilaga 1 kapitel 4. Den förväntade effekten är att det förväntas utgöra ett bra skydd under mer än 15 minuter vid scenarier med bränder till följd av en olycka med brandfarliga gaser. I beräkningarna bedöms brandskyddad fasad fungera till 95 % för scenario jetflamma.

7.2.3 Skyddsåtgärd gasmolnsbrand

Scenariot gasmolnsbrand innebär att ett gasmoln kan antändas inne bland bebyggelsen vilket betyder att även fasader som inte vetter direkt mot vägen/järnvägen behöver brandklassas i EI 30 för att skydda personer inomhus. Gasmolnsbrandens effektområde är cirka 93 meter från vägkant. Nordväst om den planerade bebyggelsen står en annan byggnad som skyddar byggnaden i denna riktning. Enligt föreslagen utformning på parkeringshuset så finns en infart på södra sidan där en brandklassad fasad inte är möjlig. För att beräkna hur stor del av brandskyddet som försvinner på grund av öppningen i fasaden görs en beräkning av öppningens totala andel av fasaden som är inom gasmolnsbrandens effektområde enligt *figur 24*.



Figur 24 Beräkning av minskad skyddseffekt för brandklassning i EI 30 på grund av öppning i fasad

Totala längden av fasaden som kommer påverkas av en gasmolnsbrand är $78+50+50=178$ m. Andelen som är öppen blir då $15/178=0,084$. Detta innebär att brandskyddet bedöms fungera till drygt 90 % med föreslagen infart. För att vara konservativ i beräkningarna antas det också att själva brandskyddet EI 30 inte fungerar till fullo utan endast till 95 %. Sammantaget bedöms brandskyddet EI 30 med föreslagen öppning i fasaden fungera till cirka 87 % mot scenariot gasmolnsbrand för P-huset.

Inom World of Volvo bedöms inga omkomma på grund av gasmolnsbrand då byggnaden ligger 5 m över marknivå.

7.2.4 Skyddsåtgärd som ökar fasadens explosionstålighet

Fasaden som vetter mot järnvägen och E6/rv40 ska utformas så att den har en ökad tålighet mot explosioner. I en tidigare utredning (Norconsult 2018) har olika lastfall vid gasmolnsexplosioner tagits fram för dimensionering av en byggnadsfasad. Lastfallen beräknas med TNO Multienergimetoden (van den Berg 1985). Närmare beskrivning av koncept och beräkningsgång finns också i Johansson (2013). I TNO

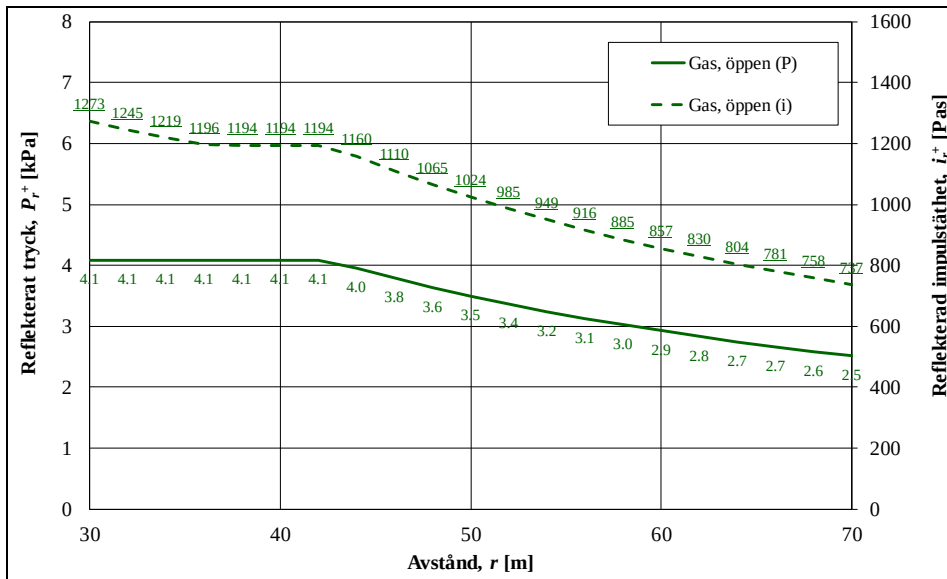
Multiennergimetoden finns tre parametrar som avgör vilken last som fås vid en given gasexplosion:

- Ingående stökiometrisk blandad gasvolym (explosionskällans energiinnehåll).
- Explosionsstyrka (anges som en styrkefaktor, graderad 1-10 där ett högt värde anger en kraftig explosion – 10 motsvarar en detonation)
- Avstånd mellan explosionscentrum och studerad punkt.

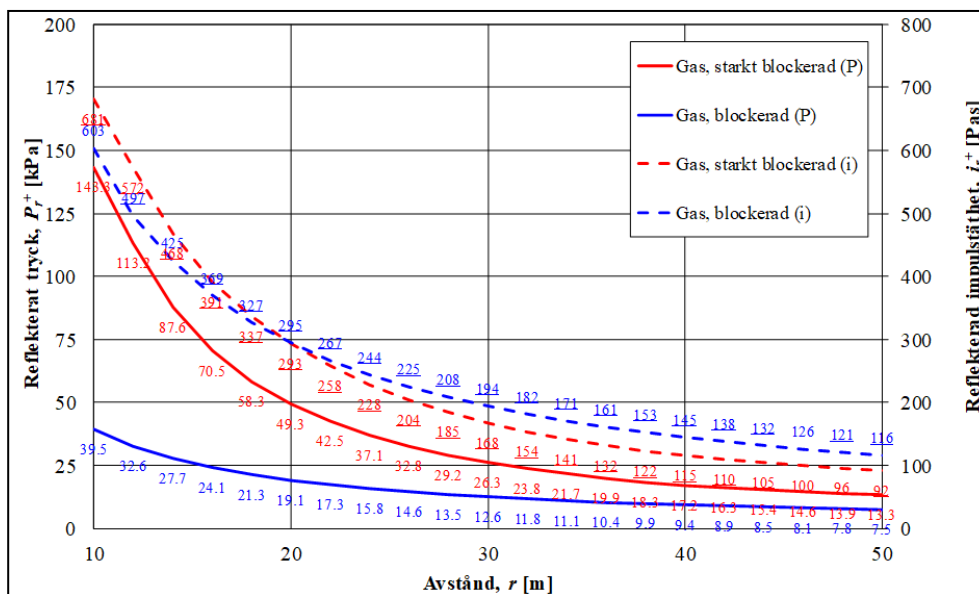
De tre identifierade lastfallen är:

- **Öppen yta ($V=4\,350\text{ m}^3$, $s=2$)**
Volymen baseras på ett område som motsvarar en cylinder med diametern 43 meter (avstånd mellan E6/rv40 och byggnadsfasad) och höjd 3 meter (uppskattad höjd på gasmoln). Styrkefaktorn baseras på en gas som inte har hög reaktivitet samt med antagande om en omgivning utan direkta blockeringar.
- **Blockerad volym ($V=100\text{ m}^3$, $s=5$)**
Volymen baseras på ett blockerat område orsakat av ungefär 10 bilar medan styrkefaktorn baseras på en blockerad volym (gas samlas under bilar).
- **Starkt blockerad volym ($V=50\text{ m}^3$, $s=7$)**
Volymen baseras på ett starkt blockerat område orsakat av ungefär 5 bilar medan styrkefaktorn baseras på en starkt blockerad volym (gas samlas under bilar under särskilt ogynnsamma förhållanden).

Byggnaden ska i detta fall dimensioneras för alla dessa lastfall enligt *figur 25 och 26*.



Figur 25. Lastvärden för explosionslast från en gasexplosion på en öppen yta (Norconsult 2018).



Figur 26. Lastvärden för explosionslast från blockerad samt starkt blockerad gasexplosion (Norconsult 2018).

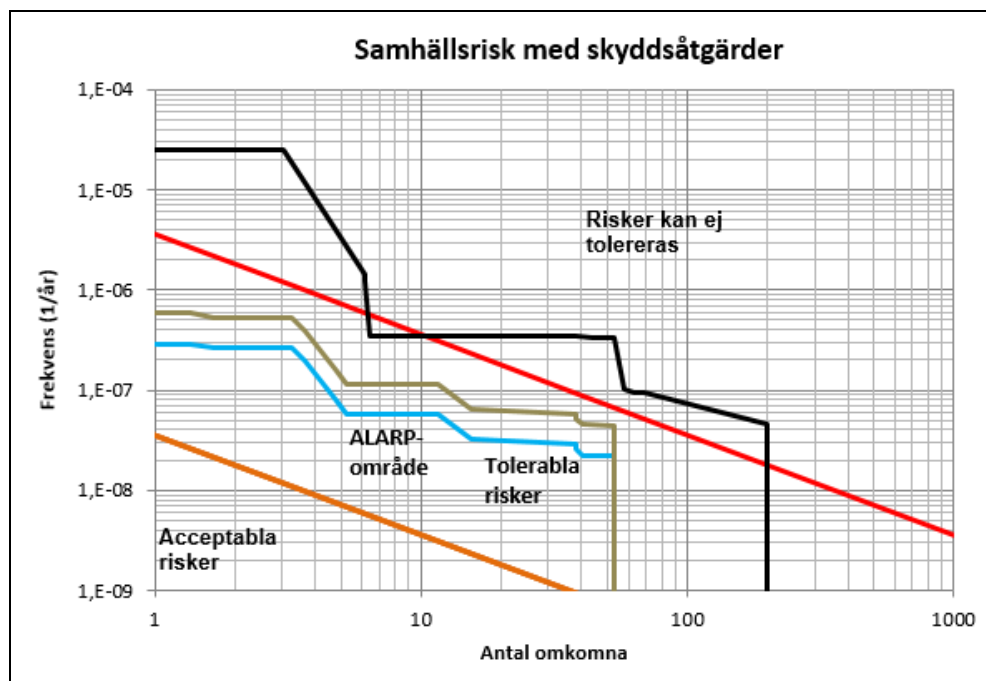
Om den planerade bebyggelsen dimensioneras enligt ovan så bedöms skyddseffekten vara minst 75 % för scenarion med gasexplosioner. Beroende på hur detta skydd utformas kan skyddseffekten bli större men i beräkningarna används en 75 % skyddseffekt. Åtgärden bedöms även kunna ha en viss skyddseffekt på scenarion BLEVE, massexplosion och explosioner med organiska

ämnen i klass 5.1 men hänsyn till detta tas inte i beräkningarna. Beräkningsresultat med skyddsåtgärder för urspårning, fasad i EI 30 och ökad explosionstålighet för fasaden presenteras i *figur 27*.

7.3 Skyddsåtgärder längs Europaväg 6/riksväg40

För att minska konsekvenserna av olyckor med transport av farligt gods på E6/rv40 bör tunga vägräcken anläggas längs berörda vägsträckor. Tung vägräcken bedöms reducera risken för skador på transportfordonen så att risken för utsläpp av farliga ämnen vid en olycka halveras (Sweco 2007). Åtgärden kan vara svårt att utföra på alla vägar förbi planområdet men rekommenderas särskilt för avfart till rv 40 närmast den planerade bebyggelsen.

Beräkningsresultat med skyddsåtgärder för urspårning, fasad i EI 30 och ökad explosionstålighet för fasaden presenteras i *figur 27*. Resultaten redovisas med och utan skyddsåtgärd tunga vägräcken som blå respektive brun kurva.



Figur 27

Brunt är sammanräknad risknivå efter skyddsåtgärder för urspårning, EI 30 och explosionstålighet. Blått är risknivå med skyddsåtgärd tungt vägräcke utöver tidigare skyddsåtgärder och svart är risknivå innan skyddsåtgärder, se *figur 22*. Risknivå ligger nu i ALARP-området med större marginal mot det övre kriteriet.

7.4 Slutsats

Följande skyddsåtgärder ska genomföras för att tolerabla risknivåer kan anses vara uppnådda enligt de nationella kriterierna.

- Den delen av parkeringshusets som är närmast järnvägen förstärks så att ett avåkande tåg inte raserar byggnaden. Skyddet skall utformas så att det inte skadar tåget i onödan, särskilt omsorg måste användas vid utformning av start och slut av detta skydd.
- Fasad (inklusive fönster) på alla sidor av parkeringshuset och World of Volvo inom 100 meter från vägkanten på E6/rv40 ska vara tät och av lägst brandklass EI 30. Fönster ska vara klassade i EI 30 och ska inte kunna öppnas utan särskilda specialverktyg.
- Centrumverksamheten i parkeringshuset skall lokaliseras i byggnadens västra del.
- All ventilation för parkeringshuset med tillhörande centrumverksamhet och World of Volvo ska placeras högt och vänt bort från E6/rv40 och järnvägen.
- Utrymning av parkeringshuset med tillhörande centrumverksamhet och World of Volvo ska vara möjlig bort från E6/RV40 och järnvägen.
- Parkeringshusets och World of Volvos fasad som vetter mot järnvägen ska tåla gasexplosion enligt lastfallen som presenteras i avsnitt 7.2.4.

Utöver detta bör även tunga vägräcken anläggas längs berörda vägsträckor. Åtgärden kan vara svårt att utföra på alla vägar förbi planområdet men rekommenderas särskilt för avfart till rv 40 närmast den planerade bebyggelsen.

Efter att dessa åtgärder är genomförda bedöms risksituationen för parkeringshuset vara tolerabel enligt kriterierna i DNV:s rapport "Värdering av risk" som tagits fram på uppdrag av dåvarande Räddningsverket (numera MSB). Dessa kriterier används nationellt vid riskutredning för detaljplaner längs transportleder för farligt gods.

Avseende Göteborg Stads kriterier överskrider den nedre nivån men inte den övre nivån. Åtgärder har dock föreslagits och risksituationen kan bedömas som tillfredställande utifrån det resonemang som förts avseende DNV:s kriterier.

Inom området för hotellet och vattenparken är risksituationen acceptabel enligt alla tillämpade kriterier.

Norconsult AB
Väg och Bana/Trafik

Herman Heijmans
herman.heijmans@norconsult.com

Johan Hultman
johan.hultman@norconsult.com

8. Referenser

Banverket 2001	Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket Miljösektionen Rapport 2001:5; 2001-10-22
Göteborg 1999	Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, antagen av Göteborgs kommunfullmäktige 1999-03-25
Göteborgs 2016	E-post från Sana-Linnéa Östervall, stadsutvecklare Göteborgs Stads Parkerings AB, 2016-10-11
Göteborgs stad 2018:1	Mail från Josefin Vesterlund, planarkitekt Göteborgs stad, 2018-05-29.
Göteborgs stad 2018:2	Mail från Karolina Örneblad, planarkitekt Göteborgs stad, 2018-11-13.
Inhouse Tech 2018	Möte med Nils Brazée, projektledare World of Volvo 2018-11-07.
Johansson 2013	Gasexplosion i det fria. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, dokument B02-121, 2013-03-11, Karlstad.
Liseberg 2016	E-post från Lars-Erik Hedin, projektchef Liseberg, 2016-09-30
Lst 2006	Riskhantering i detaljplaneprocessen, Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län, september 2006.
Norconsult 2010	Gårda 1:15, 2:12 och 3:12 – Riskutredning avseende transport av farligt gods. Norconsult 2010-02-18.
Norconsult 2016:1	Detaljplan för Gårda 2:12 m.fl. Göteborgs stad - Riskanalys för transport av farligt gods, 2015-09-24, rev 2016-06-15

Norconsult 2016:2	Risikanalys transport av farligt gods. Veddesta Etapp 1, Järfälla kommun. Norconsult 2016-04-12
Norconsult 2018	Stenungsund centrum, dagligvaruhandel – Riskhantering farligt gods. Bilaga PM, Last från gasexplosion. Norconsult. 2018-01-24
Rtj Storgöteborg 2004	Riktlinjer för riskbedömningar, Räddningstjänst Storgöteborg 2004.
SRV 1997	Värdering av risk; FoU rapport, Räddningsverket 1997.
SRV 2007	Kartläggning av farligt gods transporter, september 2006. Räddningsverket 2007
Sweco 2007	E6 Olskroksmotet. Truck crashing into a concrete sound barrier. Simulation report. Force Technology på uppdrag av SWECO juli 2007.
Sweco 2018	Jubileumsprojektet – Program för nytt P-hus, presentation 2018-06-07.
TRAFA 2014	Lastbilstrafik 2000-2013. Årliga rapporter avutgivna av TRAFA (f.d. SIKa) tillsammans med SCB.
Trafikverket 2013	Prognoser för arbetet med nationell transportplan 2014-2025 – Godstransporters utveckling fram till 2030, publikationsnummer 2013:056, Trafikverket 2013-03-15.
Van den Berg 1985	The mulit-energy method – A framework for vapour cloud explosion blast prediction. Journal of Hazardous Materials, 12 (1985), sida 1-10.
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.

8. Referenser

Banverket 2001	Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket Miljösektionen Rapport 2001:5; 2001-10-22
Göteborg 1999	Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, antagen av Göteborgs kommunfullmäktige 1999-03-25
Göteborgs 2016	E-post från Sana-Linnéa Östervall, stadsutvecklare Göteborgs Stads Parkerings AB, 2016-10-11
Göteborgs stad 2018:1	Mail från Josefin Vesterlund, planarkitekt Göteborgs stad, 2018-05-29.
Göteborgs stad 2018:2	Mail från Karolina Örneblad, planarkitekt Göteborgs stad, 2018-11-13.
Inhouse Tech 2018	Möte med Nils Brazée, projektledare World of Volvo 2018-11-07.
Johansson 2013	Gasexplosion i det fria. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, dokument B02-121, 2013-03-11, Karlstad.
Liseberg 2016	E-post från Lars-Erik Hedin, projektchef Liseberg, 2016-09-30
Lst 2006	Riskhantering i detaljplaneprocessen, Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län, september 2006.
Norconsult 2010	Gårda 1:15, 2:12 och 3:12 – Riskutredning avseende transport av farligt gods. Norconsult 2010-02-18.
Norconsult 2016:1	Detaljplan för Gårda 2:12 m.fl. Göteborgs stad - Riskanalys för transport av farligt gods, 2015-09-24, rev 2016-06-15

Norconsult 2016:2	Risikanalys transport av farligt gods. Veddesta Etapp 1, Järfälla kommun. Norconsult 2016-04-12
Norconsult 2018	Stenungsund centrum, dagligvaruhandel – Riskhantering farligt gods. Bilaga PM, Last från gasexplosion. Norconsult. 2018-01-24
Rtj Storgöteborg 2004	Riktlinjer för riskbedömningar, Räddningstjänst Storgöteborg 2004.
SRV 1997	Värdering av risk; FoU rapport, Räddningsverket 1997.
SRV 2007	Kartläggning av farligt gods transporter, september 2006. Räddningsverket 2007
Sweco 2007	E6 Olskroksmotet. Truck crashing into a concrete sound barrier. Simulation report. Force Technology på uppdrag av SWECO juli 2007.
Sweco 2018	Jubileumsprojektet – Program för nytt P-hus, presentation 2018-06-07.
TRAFA 2014	Lastbilstrafik 2000-2013. Årliga rapporter avutgivna av TRAFA (f.d. SIKa) tillsammans med SCB.
Trafikverket 2013	Prognoser för arbetet med nationell transportplan 2014-2025 – Godstransporters utveckling fram till 2030, publikationsnummer 2013:056, Trafikverket 2013-03-15.
Van den Berg 1985	The mulit-energy method – A framework for vapour cloud explosion blast prediction. Journal of Hazardous Materials, 12 (1985), sida 1-10.
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 1

Riskberäkningar för 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	34

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 händelseträd
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.

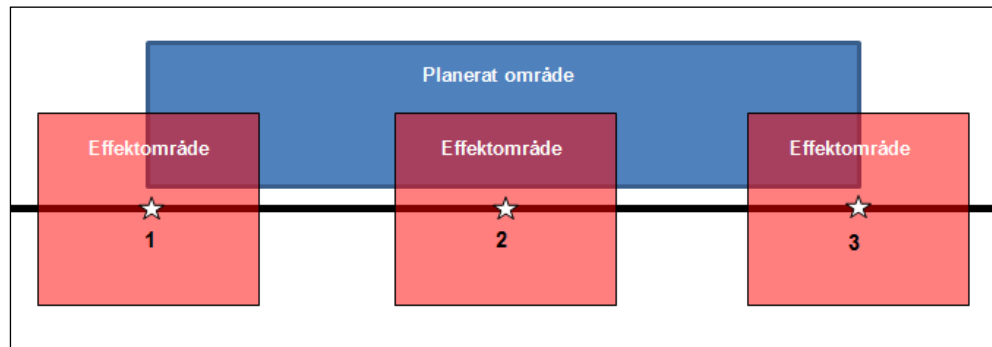
Sannolikheter och effektområdets storlek har, för klass 2.1, klass 2.2 och klass 3 tagits från den nederländska beräkningsmetoden RBMII som är en av den nederländska staten godkänd metod för riskberäkning vid transport av farligt gods utifrån de modeller som presenteras i den s.k. Gula Boken (PGS2 2005) 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).

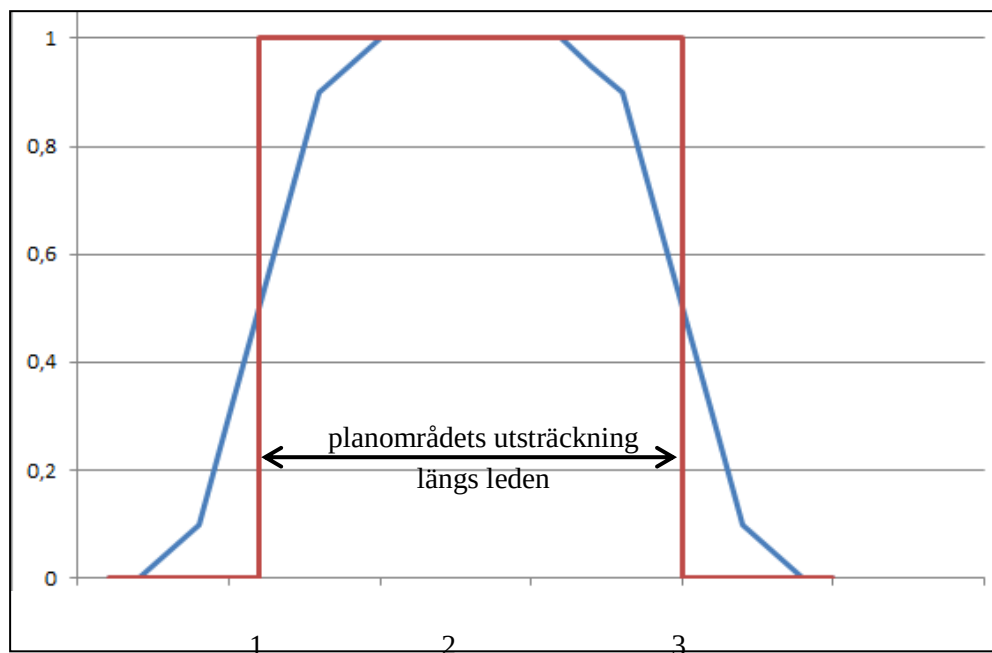
Antal transporter med de olika klasser farligt gods ger sedan antalet olyckor med transporter av de olika klasser farligt gods per kilometer. Beräkningsresultaten för dessa olyckor finns i *figur 4*. Att sannolikheten beräknas per kilometer beror på att vägsträckan som skall användas i sannolikhetsberäkningar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

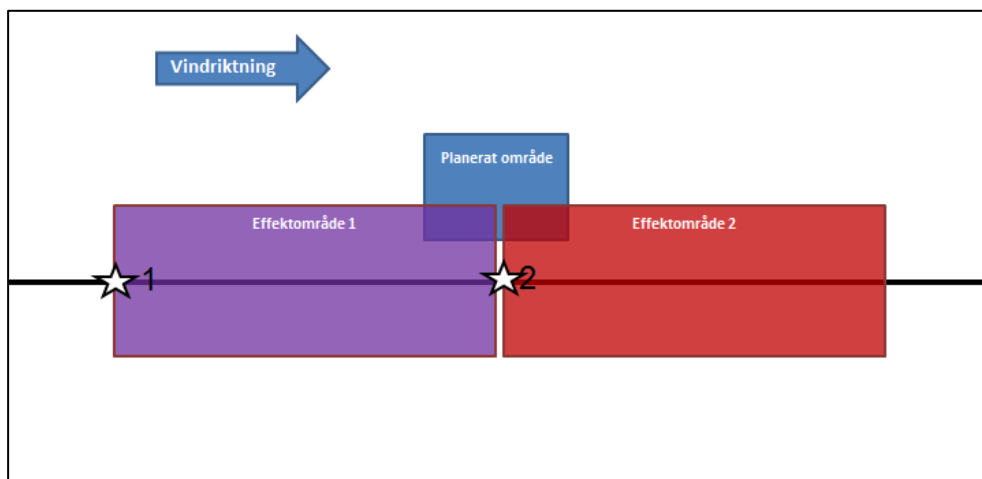
Tre lägen för olyckor visas. I läge 1 drabbas området av halva effekten, i läge 2 av hela effekten och läge 3 åter av halva effekten. Till vänster om läge 1 och till höger om läge 3 drabbas området av mindre än halva effekten. Detta förenklas till att området drabbas av hela effekten (som i olycksplats 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 4a och 4b*. Där framgår också beräkningarna av persontäthet inom området och i husen närmast vägen.

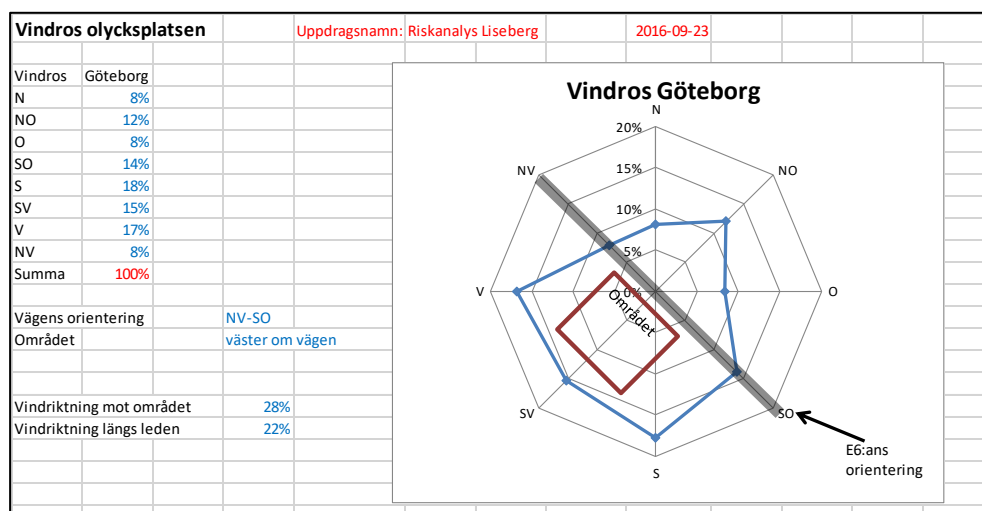
Ingångsdata		Uppdragsnamn	Riskanalys Liseberg		2016-09-23
Olycksrisk					
Risk för olycka under närvarotid	1,8E-07	1/fordonskm, år			
Andel singelolyckor	0,14				
Olycksrisk fordon	3,3E-07	1/km, år			
Område enl nedan	2	ange siffervärde			
Sannolikhet utströmning > 100 kg					
Område		Kondenserade gaser	Vätskor		
Motorväg	1	0,052	0,101		
Utanför tätort	2	0,034	0,077		
Inom tätort	3	0,006	0,021		
Sannolikhet utströmning olika klasser					
	antal transporter	risk olycka/km	risk>100 kg	olycksrisk/km,år	
Klass 1, massexplosiv	10	3,4E-06	1	3,4E-06	
Klass 2.1	1816	6,1E-04	0,034	2,1E-05	
Klass 2.3	6	2,0E-06	0,034	6,8E-08	
Klass 3, bensin	37464	1,3E-02	0,077	9,6E-04	
Klass 5.1, explosionsrisk	166	5,5E-05	0,077	4,3E-06	
Områdesinfo					
	Inne	Ute			
Befolkningstäthet	2,4E-02	1,8E-03			
Områdets storlek					
	Inne	Ute			
Planområdets avstånd leden	170	170	m		
Planområdets bredd	110	110	m		
Planområdets längd	240	240	m		
Antal personer total	675				
Andel närv dagtid	100%				
Antal personer dagtid	675				
	Inne	Ute			
Andel i %	93%	7%			
Antal personer	627,8	47,3			
Antal personer första raden totalt	675				
Andel närv dagtid	100%				
Antal personer dagtid	675				
	Inne	Ute			
Andel i %	93%	7%			
Antal personer	627,8	47,3			

Figur 4a. Ingångsvärden för riskberäkningarna för Hotell och vattenpark i planområdet.

Ingångsdata		Uppdragsnamn Riskanalys Liseberg		2018-11-12
		P-hus		
Olycksrisk				
Risk för olycka under närvarotid	1,8E-07	1/fordonskm, år		
Andel singelolyckor	0,14			
Olycksrisk fordon	3,3E-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	
Sannolikhet utströmning olika klasser				
	antal transporter	risk olycka/km	risk>100 kg	olycksrisk/km,år
Klass 1, massexplosiv	10	3,4E-06	1	3,4E-06
Klass 2.1	1816	6,1E-04	0,034	2,1E-05
Klass 2.3	25	8,4E-06	0,034	2,8E-07
Klass 3, bensen	37464	1,3E-02	0,077	9,6E-04
Klass 5.1, explosionsrisk	166	5,5E-05	0,077	4,3E-06
Områdesinfo				
	Inne	Ute		
Befolkningstäthet	3,7E-02	7,7E-04		
Områdets storlek				
	Inne	Ute		
Planområdets avstånd leden	43	43	m	
Planområdets bredd	72	108	m	
Planområdets längd	72	72	m	
Antal personer total	200			
Andel närvar dagtid	100%			
Antal personer dagtid	200			
	Inne	Ute		
Andel i %	97%	3%		
Antal personer	194,0	6,0		
Antal personer första raden totalt	200			
Andel närvar dagtid	100%			
Antal personer dagtid	200			
	Inne	Ute		
Andel i %	97%	3%		
Antal personer	194,0	6,0		

Figur 4b. Ingångsvärden för riskberäkningarna för parkeringshuset med centrumverksamhet i planområdet samt World of Volvo.

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 5. Vindros för Liseberg

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.

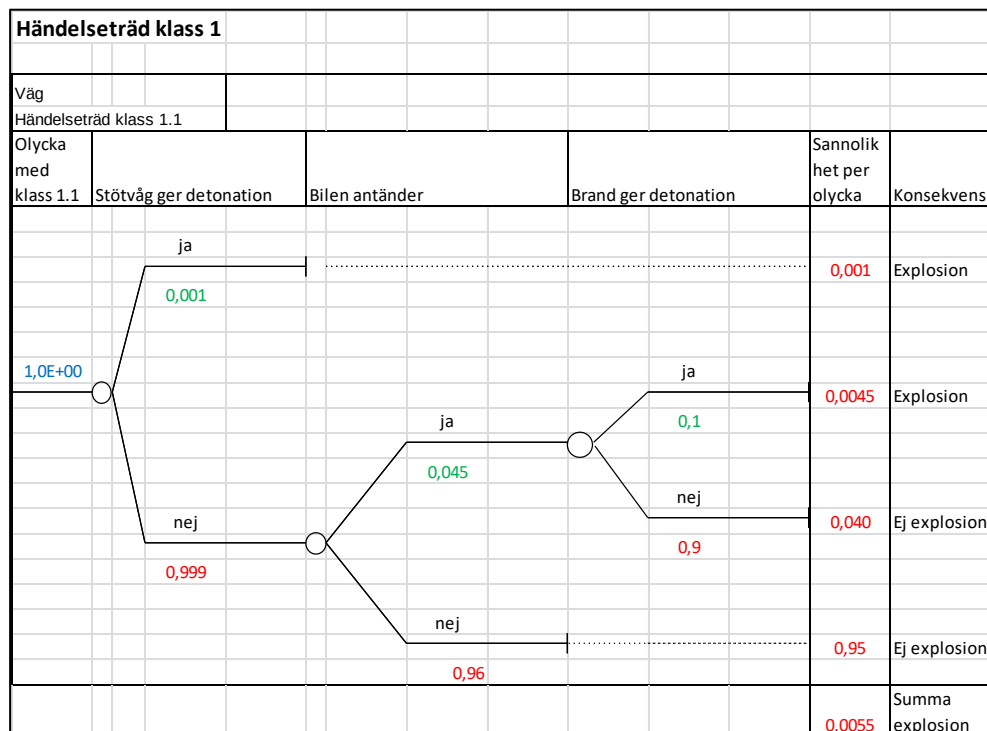
Sammantaget bedöms det att sannolikheten för detonation på grund av stöt vid en olycka med emulsionssprängämnen ligger under 0,1 %. Detta värde kommer att användas vid sannolikhetsberäkningarna.

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. Händelseträd för olycka med sprängämnen, klass 1.1.

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

2.1.2 Konsekvenser

Explosionslast

Vid beräkning av explosionslast utgår 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 oreflekterade och reflekterade värden har beräknats. De reflekterade värdena är aktuella när explosionen träffar en yta som är riktat vinkelrät mot explosionen. De oreflekterade 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.

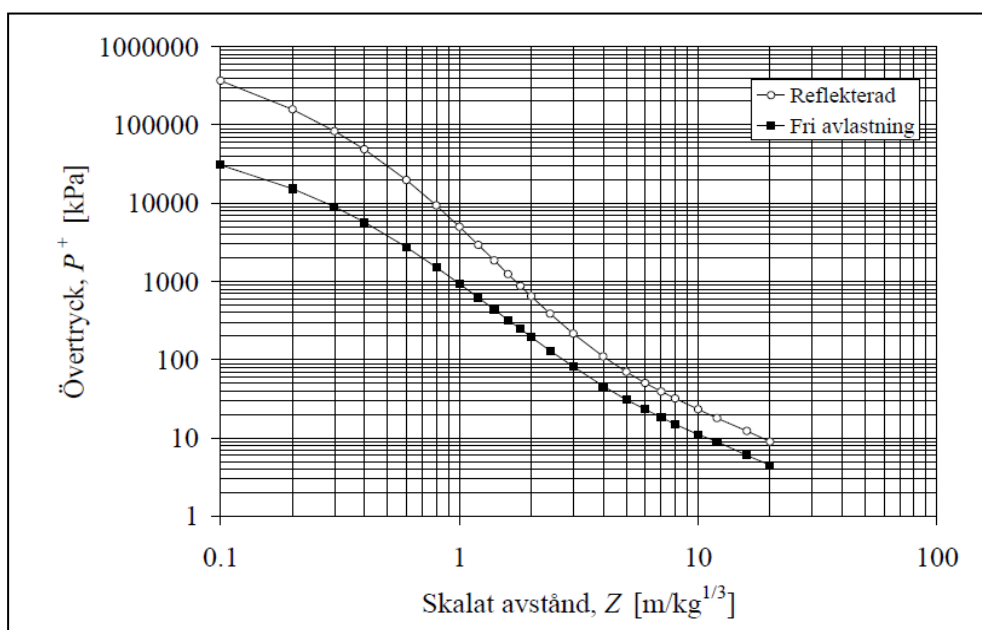
Z är det skalade avståndet enligt nedan

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

R = avstånd från explosionscentrum (m)

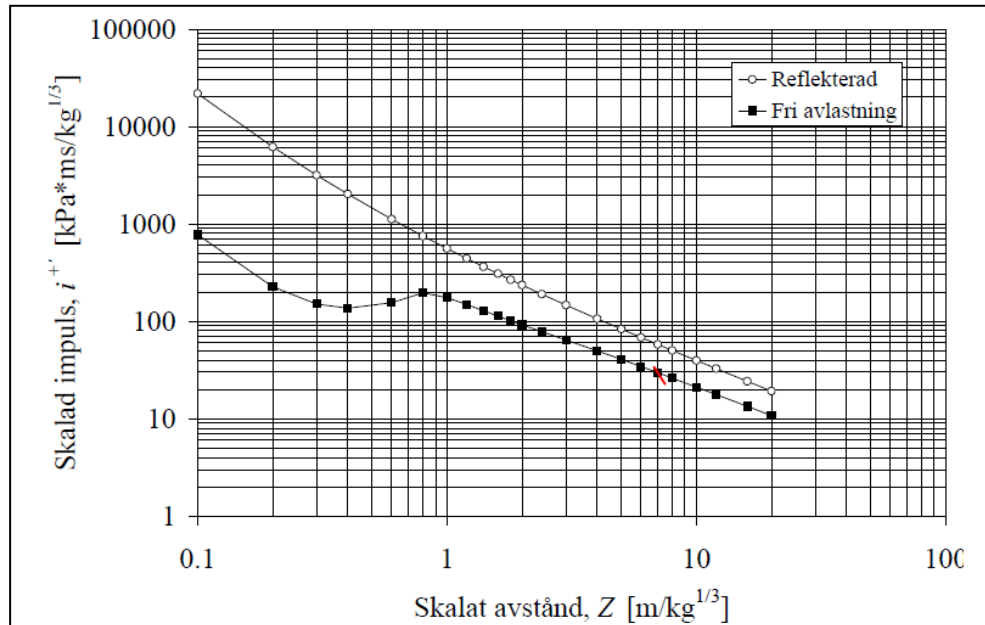
M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

Figur 7 ger övertrycket p_+



Figur 7 Reflekterat och oreflekterat 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. Reflekted och oflekted impulsintensitet som funktion av det skalade avståndet Z (från SRV 2007).

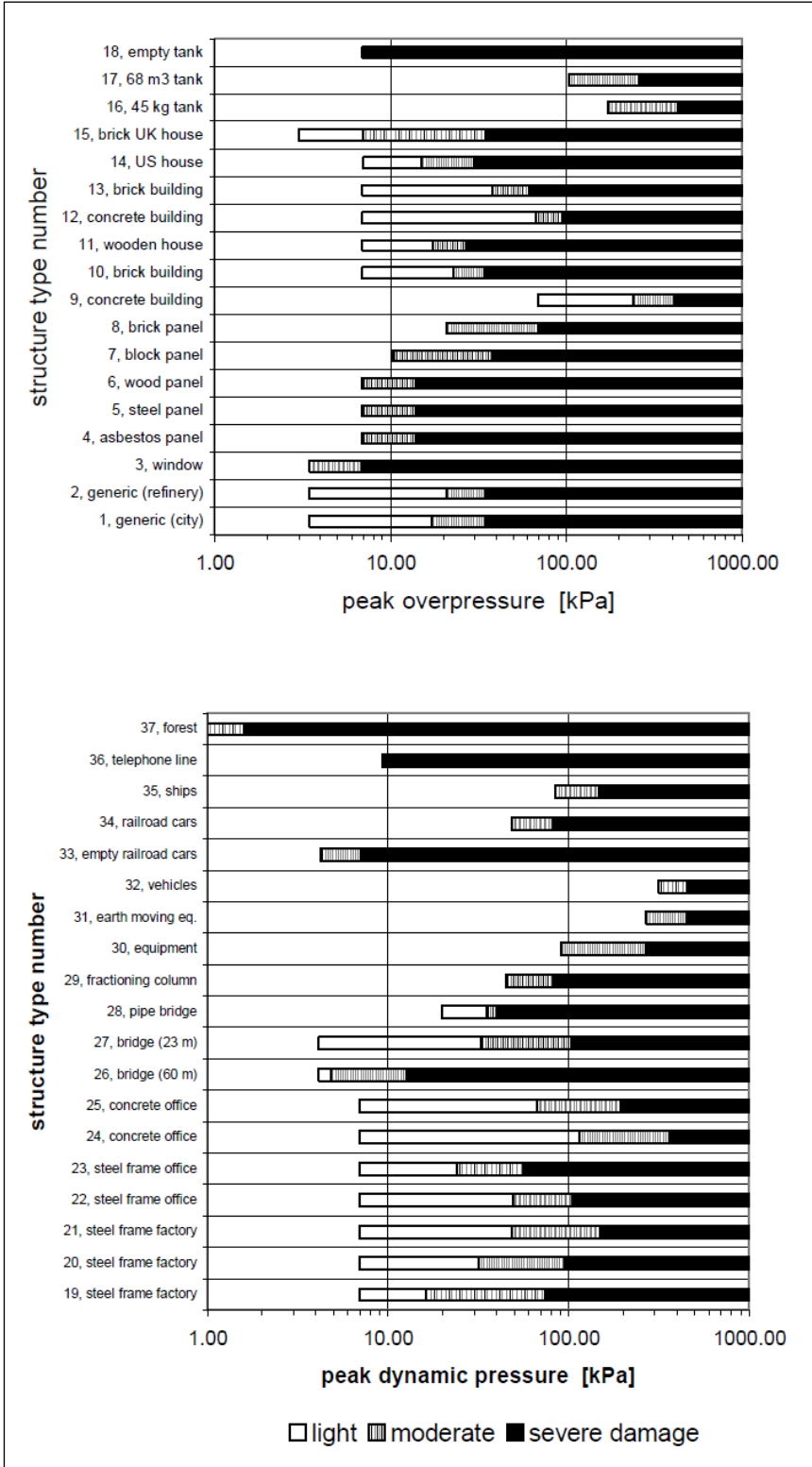
Resultaten visas i tabell 1.

Tabell 1. Reflekted och oflekted tryck och impulstäthet som funktion av avståndet till explosionscentrum.

Avstånd	Z	p^+	p_r	i^+	i_r
m	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

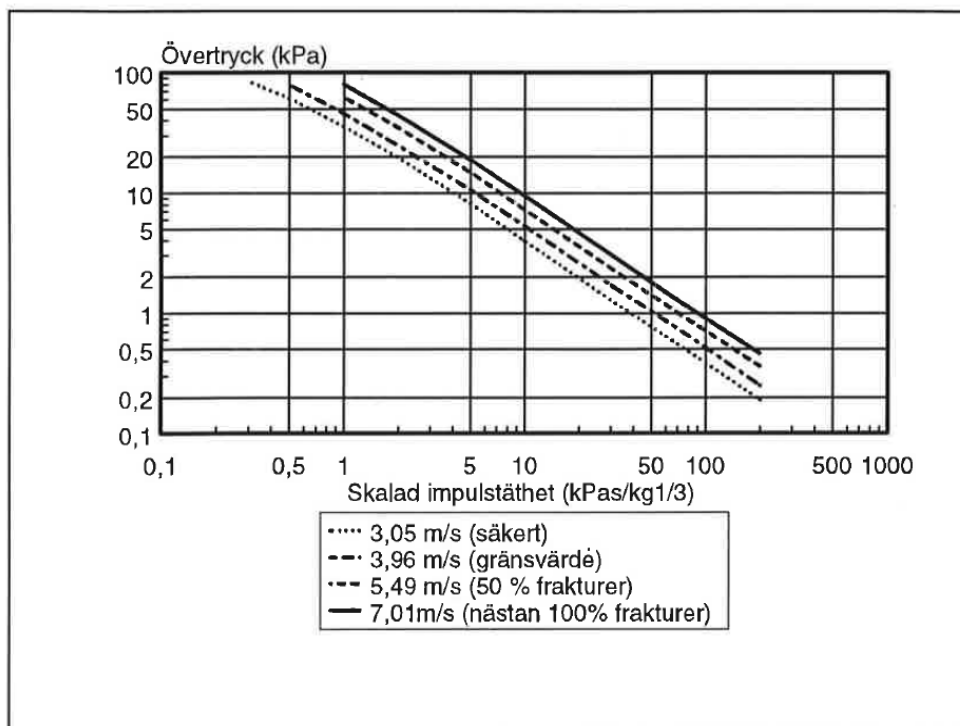
Direkta skador pga. tryck

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 islag 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 evakueras 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.

Individrisk

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.

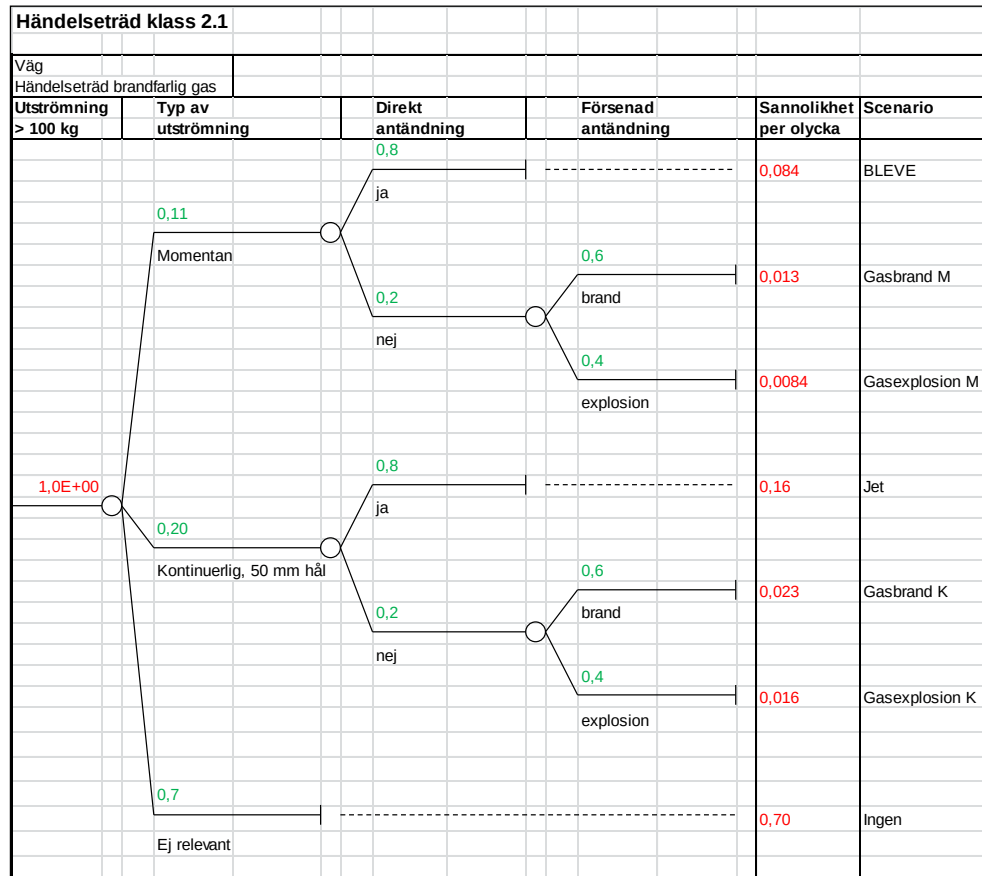
2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1

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

Individrisk

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.

Individerisk

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.

Individerisk

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 a 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.

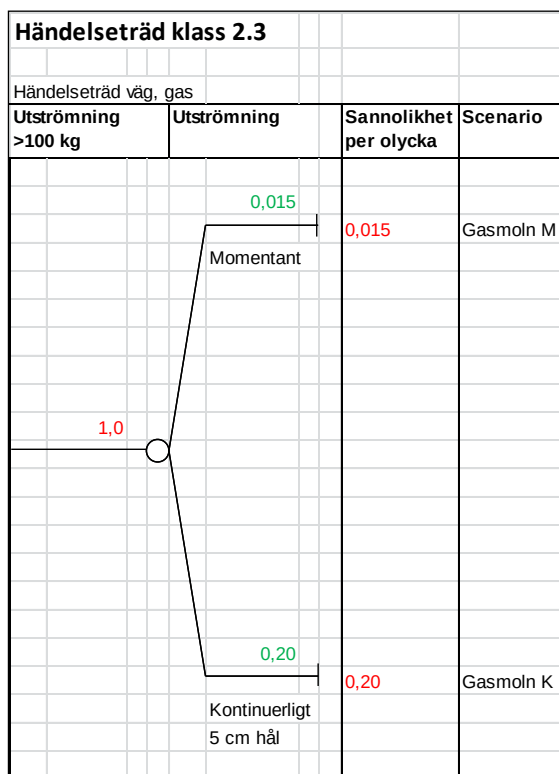
Samhällsrisk

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.



Figur 13. Händelseträd 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*.

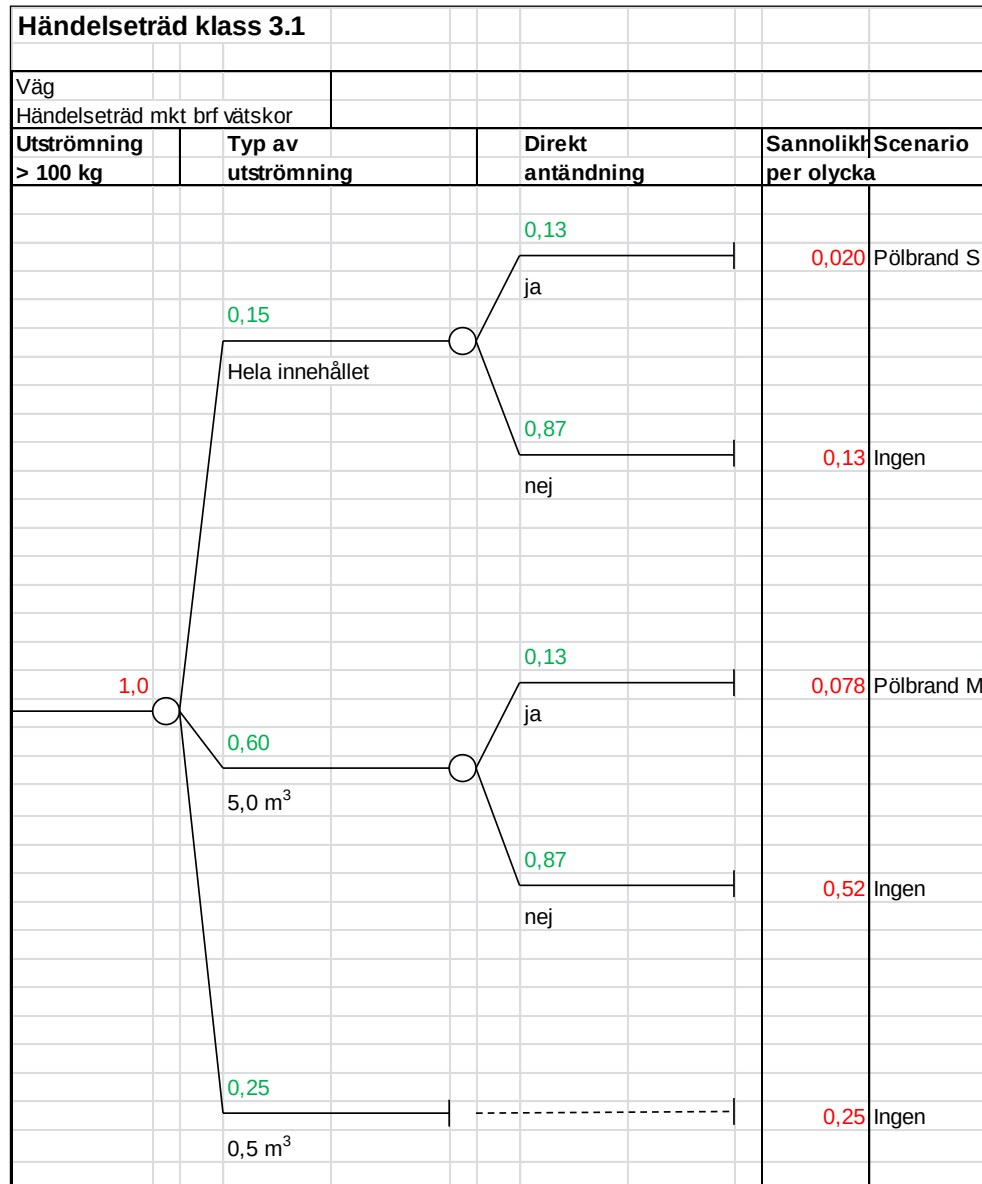
Händelseträdet för scenarier med mycket brandfarliga vätskor framgår i *figur 13* nedan.

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.

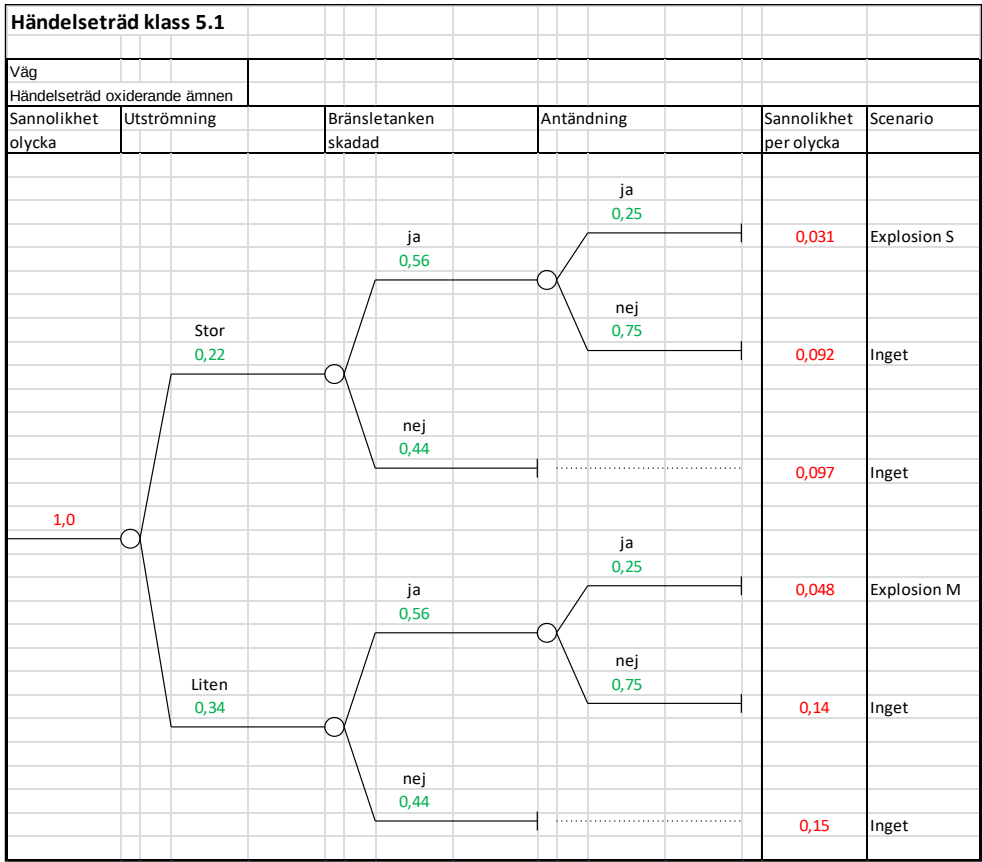
Sannolikhet

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 samhällsrisk 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 2a och b presenteras resultaten av riskberäkningarna för planområdet utan attsärskild skyddsåtgärder vidtagits. Detta presenteras grafisk med de blå kurvor i figur 14 och 20 i rapporten. Beräkningarna för övriga figurer avseende risken från vägen har genomförts på samma sätt.

Tabell 2a. Riskberäkningar för Hotell och vattenpark inom planområdet.

Sammanställning av beräkningsresultat													
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	F _{omk.} ute		
1.	3,4E-06	Massexplosion	1,9E-08	0	130	0,17	1,00	-	-	-	-	4,5E-09	0,0
2.1	2,1E-05	Jet	3,2E-06	45	74	1,00	1,00	66	80	0,00	0,07	7,7E-07	0,0
		Gasbrand M	2,6E-07	185	93	1,00	1,00	-	-	-	-	6,2E-08	0,0
		Gasbrand KT	1,4E-07	10	50	1,00	1,00	-	-	-	-	3,3E-08	0,0
		Gasbrand KL	1,0E-07	50	5	1,00	1,00	-	-	-	-	2,5E-08	0,0
		Gasexplosion M	1,7E-07	252	126	1,00	1,00	-	-	-	-	4,4E-08	0,0
		Gasexplosion KT	9,2E-08	66	66	1,00	1,00	-	-	-	-	2,2E-08	0,0
		Gasexplosion KL	7,0E-08	66	33	1,00	1,00	-	-	-	-	1,7E-08	0,0
		Bleve	1,7E-06	80	40	1,00	1,00	110	55	0,00	0,07	4,2E-07	0,0
2.3	6,8E-08	Gasmoln M	7,2E-09	70	35	0,10	1,00	120	60	0,03	0,30	1,7E-09	0,0
		Gasmoln KT	3,8E-09	25	135	0,10	1,00	75	220	0,03	0,30	9,1E-10	4,7
		Gasmoln KL	2,9E-09	135	13	0,10	1,00	220	38	0,03	0,30	6,9E-10	0,0
3	0,00096	Pölbrand S	1,9E-05	48	24	1,00	1,00	-	-	-	-	4,5E-06	0,0
		Pölbrand M	7,5E-05	25	13	1,00	1,00	33	17	0,00	0,04	1,8E-05	0,0
5.1	4,3E-06	Explosion L	2,2E-08	0	72	0,17	1,00	-	-	-	-	5,2E-09	0,0
		Explosion M	8,7E-08	0	57	0,17	1,00	-	-	-	-	2,1E-08	0,0

Tabell 2b. Riskberäkningar för parkeringshus med centrumverksamhet inom planområdet samt World of Volvo.

Sammanställning av beräkningsresultat													
Klass	F _{klass} /år, km	Scenario	Effektområde 1				Effektområde 2				F _{scen} /år	Om- komna	
			längd	bredd	F _{omk.} inne	F _{omk.} ute	längd	bredd	F _{omk.} inne	F _{omk.} ute			
1.	3,4E-06	Massexplosion	245	73	0,17	1,00	-	-	-	-	4,6E-09	38,4	
2.1	2,1E-05	Jet	45	74	1,00	1,00	66	80	0,00	0,07	2,3E-07	53,3	
		Gasbrand M	185	93	0,50	0,50	-	-	-	-	4,8E-08	68,8	
		Gasbrand KT	10	50	0,50	0,50	-	-	-	-	9,9E-09	1,3	
		Gasbrand KL	50	5	0,50	0,50	-	-	-	-	7,6E-09	0,0	
		Gasexplosion M	252	126	1,00	1,00	-	-	-	-	4,4E-08	198,6	
		Gasexplosion KT	66	66	1,00	1,00	-	-	-	-	6,6E-09	58,0	
		Gasexplosion KL	66	33	1,00	1,00	-	-	-	-	5,0E-09	0,0	
		Bleve	80	40	1,00	1,00	110	55	0,00	0,07	1,4E-07	3,3	
2.3	2,8E-07	Gasmoln M	70	35	0,50	1,00	120	60	0,02	0,30	2,1E-09	1,0	
		Gasmoln KT	25	135	0,50	1,00	75	220	0,02	0,30	1,1E-09	38,6	
		Gasmoln KL	135	13	0,50	1,00	220	38	0,02	0,30	1,6E-09	0,0	
3	0,00096	Pölbrand S	48	24	1,00	1,00	-	-	-	-	1,4E-06	0,0	
		Pölbrand M	25	13	1,00	1,00	33	17	0,00	0,04	5,4E-06	0,0	
5.1	4,3E-06	Explosion L	115	72	0,17	1,00	-	-	-	-	2,5E-09	38,4	
		Explosion M	75	57	0,17	1,00	-	-	-	-	6,5E-09	38,4	

4. Skyddseffekt brandklass EI30

I rapporten rekommenderas att brandklass EI30 skall gälla för stora delar av fasaden på byggnaderna som skydd för ett antal scenarier där brandfarliga gaser antänds. Brandklass EI 30 innebär att fasaden skall kunna motstå en standardbrandkurva enligt ISO 834 under 30 minuter. Dessutom innebär detta att fönster och dörrar inte skall kunna öppnas utan specialverktyg.

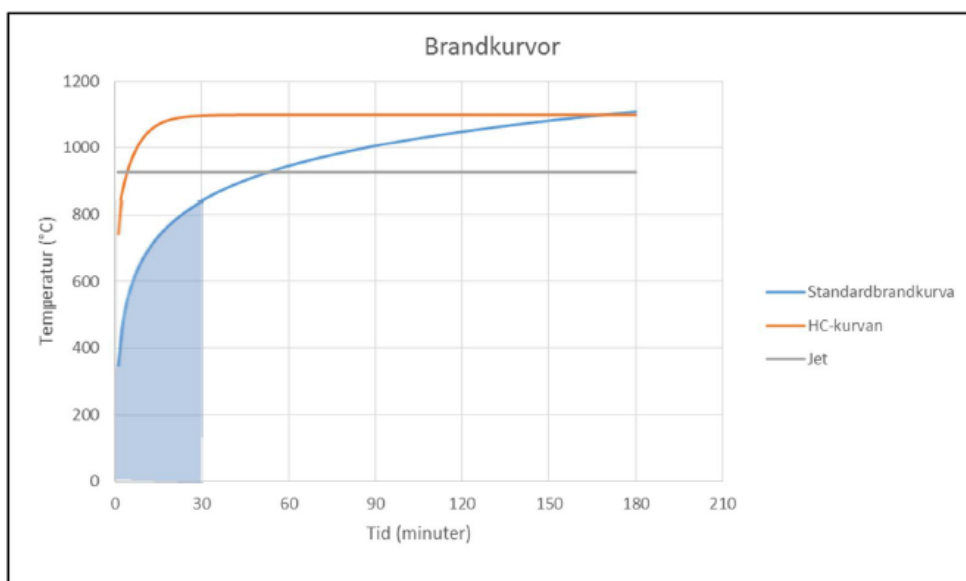
Eftersom brandförloppet vid en olycka med brandfarliga gaser avviker från standardbrandkurvan som är framtagen för rumsbränder görs här en bedömning av vilket skydd som kan förväntas vid de typer av gasbrand som kan vara aktuella vid en olycka på vägen.

Temperaturen och varaktighet

Temperaturen i en gasbrand beror till stor del på hur fullständig förbränningen är. Under sociometrisk förhållanden (exakt rätt blandning av luftens syre och bränsle som endast kan uppnås i ett laboratorium) kan temperaturen i en brand med propangas uppgå till nästan 2000 °C. Dessa förhållanden kommer inte att vara uppnådda vid en brand till följd av en olycka. Temperaturen bedöms ligga på ca 1200 K eller 923 °C (PGS2) vid verkliga förhållanden.

Varaktigheten av brandförloppen varierar mellan de olika scenarierna. För en BLEVE bedöms varaktigheten inte överskrida 20 sekunder. (PGS3). Även i scenarier med gasbrand bedöms förloppet vara snabbt. Scenario Jetflamma är mer svårbedömd. I scenariot antas att jetflamman riktas direkt mot fasaden vilket är ett konservativt antagande eftersom sannolikheten att jetflamman riktas bort från fasaden egentligen är större. Om jetflamman riktas direkt mot fasaden kan dock varaktigheten vara längre än de 20 sekunder som är aktuella vid de andra scenarierna. Detta scenario är därför dimensionerande.

För att bedöma hur länge en fasad i brandklass EI30 kan motstå en jetflamma används en som tagits fram för att kunna jämföra motståndskraften vid en verklig brand med en standarbrandkurva (Buchanan 2001). Metoden innebär att ytan under standardbrandkurvan för EI30 jämföras med en antagen brandkurva för en jetflamma. Detta ger en uppfattning om storleksordningen av tiden som en fasad i EI30 kan förväntas motstå påkänningen av en jetflamma. I *figur 16* jämförs standardbrandkurvan enligt ISO834 och EN 1363-1 med en antagen brandkurva för en jetflamma vid en olycka med temperatur 923 °C /(1200 K). Dessutom anges den sk hydrokarbonkurvan (HC-kurvan) som anger temperatursförloppet vid kolvätebränder enligt EN1363-2.



Figur 16. Standardbrandkurvan, antagen brandkurva för scenario Jet och HC-brandkurvan.

Den ljusblåa ytan under standardbrandkurvan under 30 minuter motsvarar ytan under ca 23 minuter av Jet-kurvan och 21 minuter av HC kurvan. Om det konservativa antagandet görs att Jet-kurvan ligger på maxvärdet för HC-kurvan (1100 °C) motsvarar detta 19 minuter.

Utifrån ovanstående dras slutsatsen att ett brandskydd EI30 kan förväntas utgöra ett bra skydd under mer än 15 minuter vid scenarier med olika former av bränder till följd av en olycka med brandfarliga gaser.

5. Referenser

- | | |
|---------------|--|
| Buchanan 2001 | Structural Design For Fire Safety, Andrew H Buchanan, Wiley 2001 |
| 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 luftstöt våg, 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

Bilaga 2

Riskberäkningar för järnväg

Innehåll

1. Inledning farligt gods	2
1.1 Beräkningsmetod	2
1.2 Ingångsdata till scenarieberäkningar	5
2. Scenarierna farligt gods	9
2.1. Scenarier med sprängämnen, klass 1.	9
2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1	18
2.3 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3.....	24
2.4. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1.....	27
2.5. Scenarier med oxiderande ämnen, klass 5.1.....	30
3. Beräkningsresultat farligt gods.....	35
4. Beräkningsmetod urspårning.....	36
5. Sannolikhetsberäkning urspårning.....	37
6. Konsekvenser urspårning	39
7. Referenser	40

1. Inledning farligt gods

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 händelsesträd
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 2.3 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: Methods for the calculation of Physical Effect due to releases of hazardous materials (liquids and gases) (PGS2 2005) och Lila Boken: Guidelines for Quantitative Risk Assessment (PGS3 2005). En bra beskrivning av utgångspunkter och parameterar hittas i del 2 av PGS3 som behandlar riskanalys för transport av farligt gods.

För klass 1.1 och klass 5.1 anges mera i detalj hur sannolikheterna och effektområdets storlek har beräknats.

1.1.2 Sannolikhetsberäkning

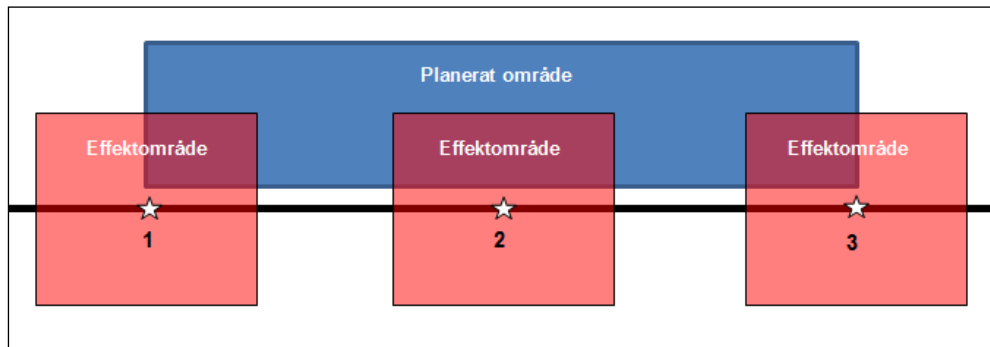
Olycksrisken för tåg beräknas enligt den av Banverket (numera en del av Trafikverket) angivna metod (Banverket 2001).

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

Antal transporter med olika klasser farligt gods ger sedan antalet olyckor med transporter av olika klasser farligt gods per kilometer. Beräkningsresultaten för dessa olyckor finns i *figur 5*. Att sannolikheten beräknas per kilometer beror på att

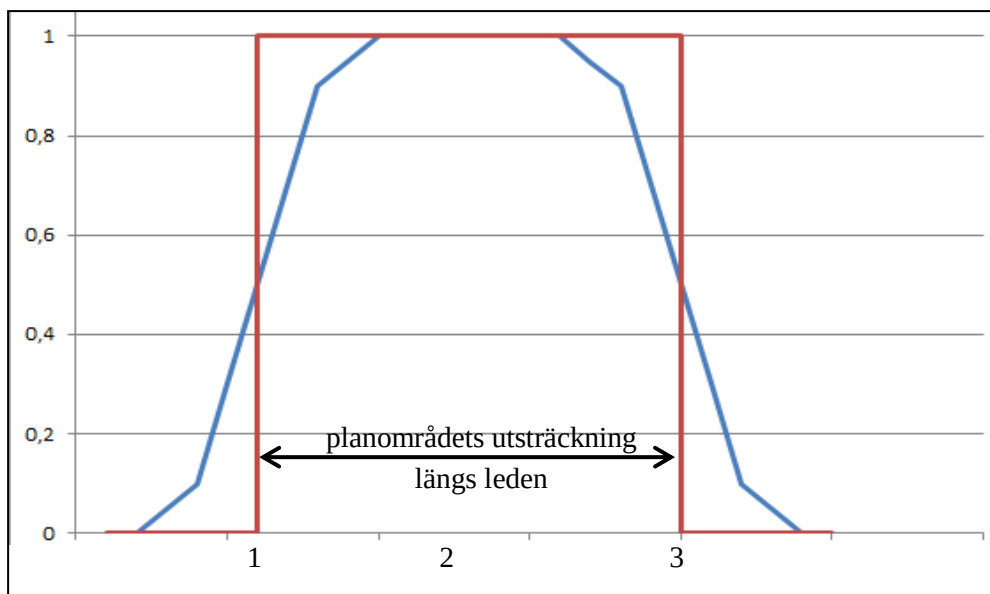
vägsträckan som skall användas i sannolikhetsberäkningar varierar beroende på vilket scenario som är aktuellt

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



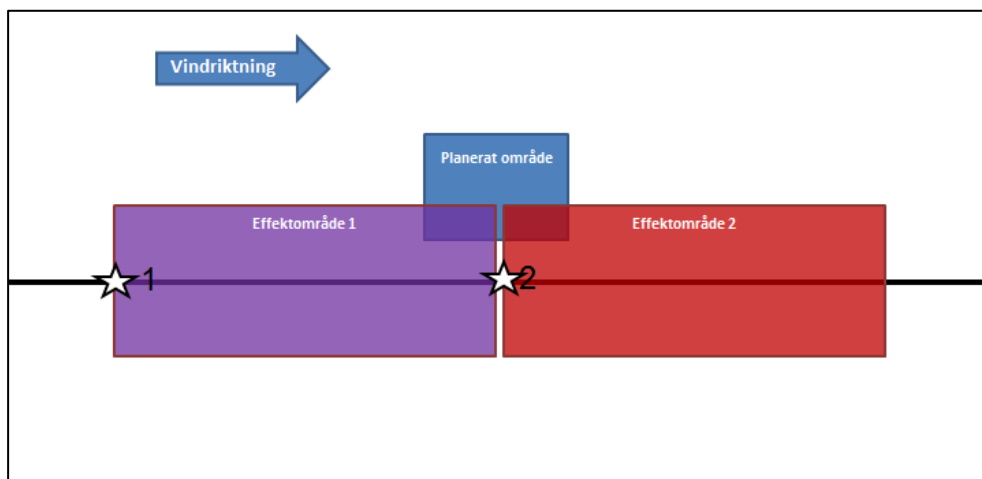
Figur 1. Tre olika lägen för en olycka med farligt gods med effektområde mindre än det planerade området..

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. Programmet skiljer på sannolikheten för olika händelseförlopp beroende på om tågets hastighet är större eller mindre än 40 km/h. Därför presenteras två händelseträd för var och en av klasserna 2.1, 2.3 och 3. Även i händelseträden för klass 1.1 och 5.1 används uppgifter från RBMII så även där presenteras händelseträd för hastigheter större och mindre än 40 km/h.

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 då 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

Olycksrisken för tåg beräknas enligt den av Banverket (numera en del av Trafikverket) angivna metod (Banverket 2001). Resultaten av beräkningen av olycksrisk per kilometer och år för de olika klasser farligt gods framgår av *figur 4*. Transporter av gods på järnvägen sker i stor utsträckning på natten då det finns bättre utrymme på banan pga. färre persontransporter. Utifrån en tidigare undersökning av fördelningen av godstransporter på Västra Stambanan antas att 25 % av godset transporteras dagtid och 75 % nattetid.

I *figur 5* framgår beräkningarna av persontäthet för parkeringshuset med centrumverksamhet samt World of Volvo.

Ingångsdata 1(2)		Riskanalys Liseberg		181112	
Beräkning av olycksfrekvens enligt Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket 2001:5					
Ingångsdata					
Sträcka	1 km	Färgernas betydelse:		Fylls i	
Vagnaxel/vagn	2,75			Standard	
Tåglängd	216,0781 m			Beräknas	
Vagnlängd	20 m				
Antal vagnar/tåg	10,8				
Antal tåg/dag	229				
Antal tåg/år	83406				
Antal tåg/v	1604				
Antal växlar	1				
Plankorsn. bommar	0				
Plankorsn. ljus	0				
Plankorsn. Kryss	0				
Vagnaxelkm/år	2,5E+06				
Vagnkm	9,0E+05				
Beräkning olycksrisken					
		Intensitet		Frekvens	
Orsak	Parameter	Spårklass A	Spårkl. B o C	Spårklass A	Spårkl. B o C
Rälsbrott	Vagnaxelkm	5,0E-11	1,0E-10	1,2E-04	2,5E-04
Solkurva	Spårkm	1,0E-05	2,0E-04	1,0E-05	2,0E-04
Spårlägesfel	Vagnaxelkm	4,0E-10	4,0E-10	9,9E-04	9,9E-04
Växel sliten	Antal tågpassager	5,0E-09	5,0E-09	4,2E-04	4,2E-04
Växel ur kontroll	Antal tågpassager	7,0E-08	7,0E-08	5,8E-03	5,8E-03
Vagnfel	Vagnaxelkm	3,1E-09	3,1E-09	7,7E-03	7,7E-03
Lastförskjutning	Vagnaxelkm	4,0E-10	4,0E-10	9,9E-04	9,9E-04
Plankorsn. bommar	Antal tågpassager	5,0E-08	5,0E-08	0,0E+00	0,0E+00
Plankorsn. ljus	Antal tågpassager	1,5E-08	1,5E-08	0,0E+00	0,0E+00
Plankorsn. Kryss	Antal tågpassager	2,0E-08	2,0E-08	0,0E+00	0,0E+00
Annan/okänd	Tågkm	2,0E-07	2,0E-07	1,6E-02	1,6E-02
Summa	Olyckor per år			3,2E-02	6,8E-03
Antal tågkm/år				8,3E+04	8,3E+04
Olyckor per tågkm, år				3,9E-07	8,1E-08
Antal vagnkm/år				9,0E+05	9,0E+05
Olyckor per vagnkm, år				3,6E-08	7,5E-09

Figur 4. Ingångsvärden för parkeringshuset med centrumverksamhet i riskberäkningarna.

Ingångsdata 2(2)

Riskanalys Liseberg

181112

Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och natttid

	antal vagnar totalt	antal vagnar dagtid/år	olycksrisk dagtid/km ,år	antal vagnar natt/år	olycksrisk natt/km,år
Klass 1, massexplosiv	0	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00
Klass 2.1	502	125,6	4,5E-06	376,7	1,4E-05
Klass 2.3	476	119,0	4,3E-06	356,9	1,3E-05
Klass 3, bensen	966	241,6	8,7E-06	724,7	2,6E-05
Klass 5.1, explosionsrisk	559	139,9	5,0E-06	419,6	1,5E-05

Beräkning antal vagnar med mkt brandfarliga vätskor per godståg

antal godståg	3048
andel m bensinvagnar	7%

Områdesinfo

Områdets storlek

	Inne	Ute	
Planområdets avstånd le	20	20	m
Planområdets bredd	108	108	m
Planområdets längd	72	72	m

Befolkningstäthet

	Dag	
	Inne	Ute
Befolkning inne +ute	200,0	personer
Andel inne/ute	100%	0%
Befolkning	200,0	0,0 personer
Befolkningstäthet	2,6E-02	0,0E+00 pers/m2

	Natt	
	Inne	Ute
Befolkning inne +ute	140,0	personer
Andel inne/ute	100%	0%
Befolkning	140,0	0,0 personer
Befolkningstäthet	1,8E-02	0,0E+00 pers/m2

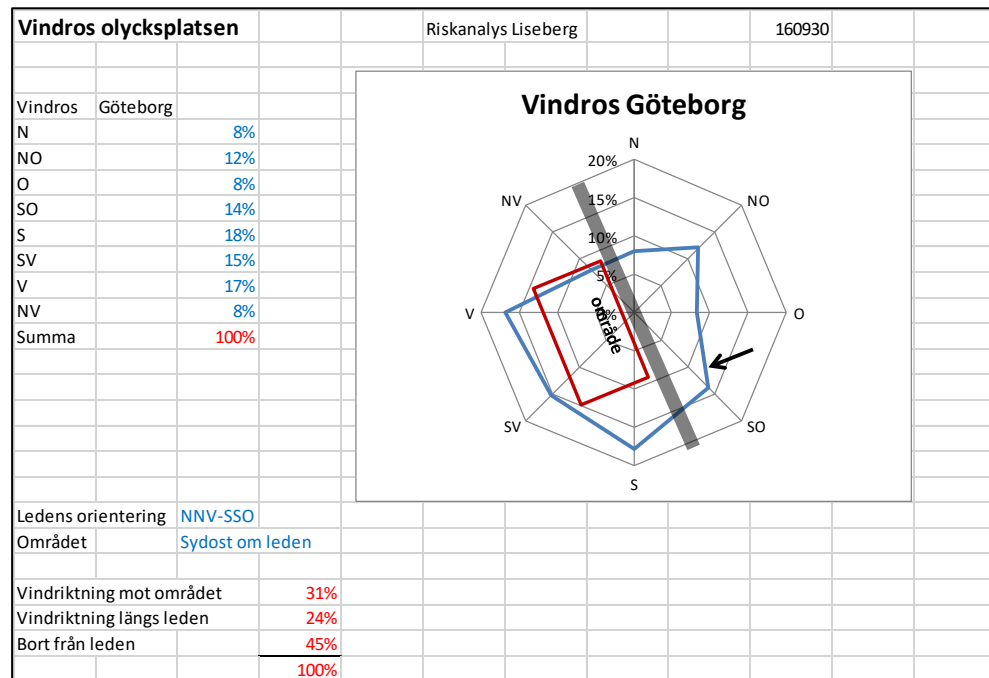
	Dag	Natt
Antal personer första raden totalt	200	140

	Dag	
	Inne	Ute
Andel i %	0%	100%
Antal personer 1:a rad	0,0	200,0

	Natt	
	Inne	Ute
Andel i %	0%	100%
Antal personer 1:a rad	0,0	140,0

Figur 5. Ingångsvärden för parkeringshuset med centrumverksamhet i riskberäkningarna.

I figur 6 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 6. Vindros för Liseberg

2. Scenarierna farligt gods

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.

2.1.1 Sannolikheter

Sannolikheten per vagnkilometer för en olycka med massexplosiva sprängämnen framgår av *figur 5*.

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 fordon 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.

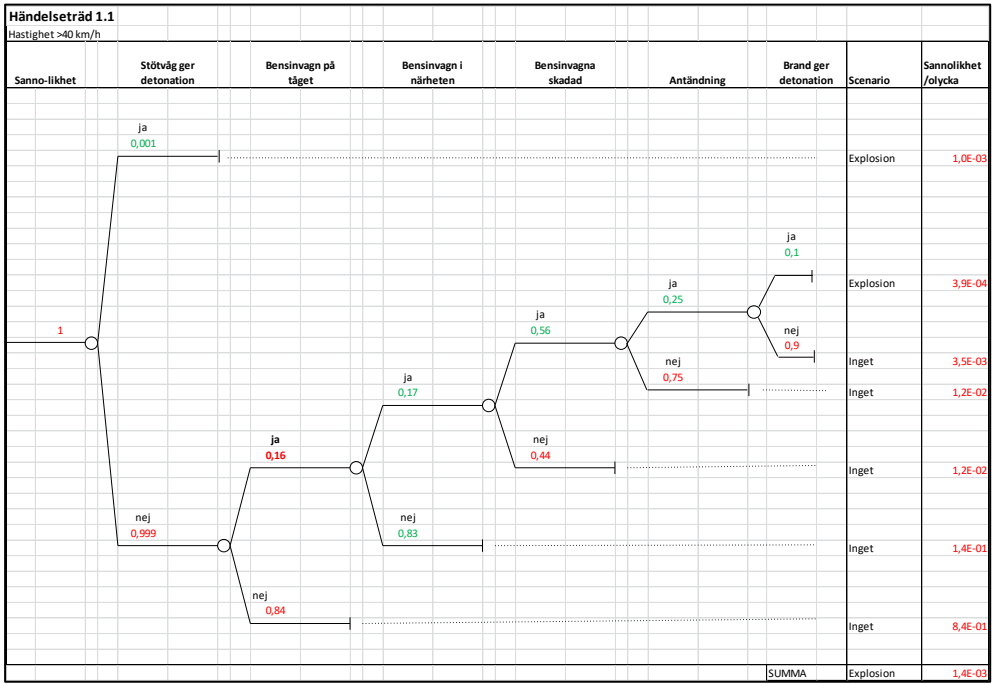
Sannolikhet för detonation på grund av brand

Sannolikheten för brand beräknas enligt följande.

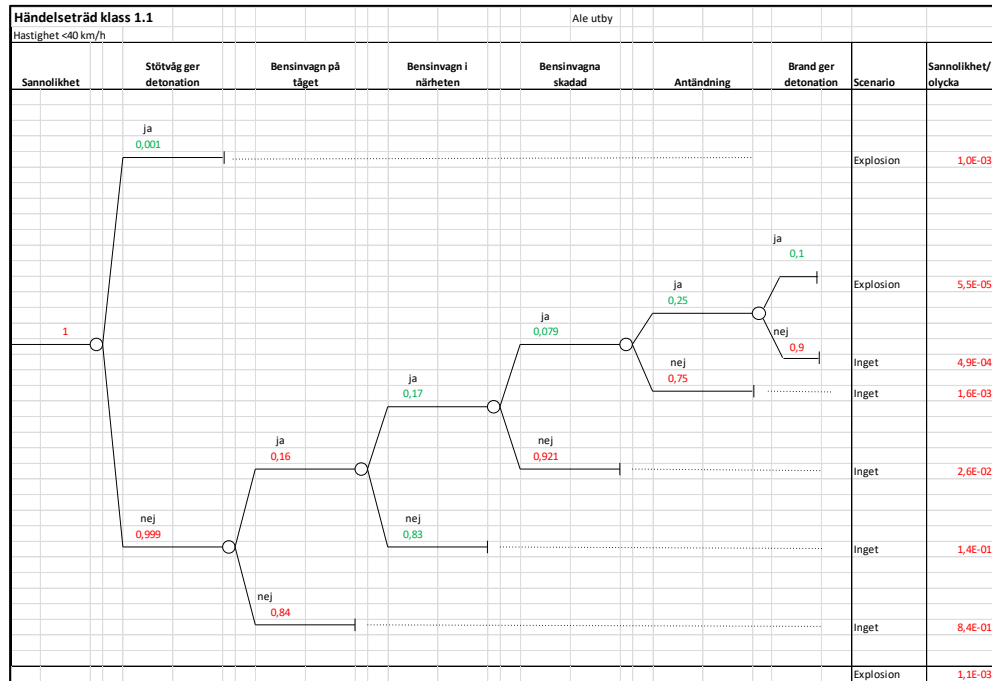
- 1. Det måste finnas en tankvagn med bensin eller annan mycket brandfarlig vätska med på tåget.
- 2. Vagnen måste befinna sig nära vagnen med sprängämnen, högst en vagn emellan
- 3. Vagnen med mycket brandfarlig vätska måste ha en skada som leder till ett betydande utsläpp
- 4. Vätskan måste antändas

Sannolikheten för detta framgår av händelseträden i figur 7 och 8 nedan.
Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankvagnar i RBMII.

Sannolikheten att en brand leder till detonation av sprängämnet uppskattas grovt till 10 %. Händelseträdet för hela händelseförloppet vid olycka med sprängämnen visas i figur 7 för tåghastigheter över 40 km/h och i figur 8 för tåghastigheter under 40 km/h.



Figur 7. Händelseträd för olycka med sprängämnen, klass 1.1, tåghastigheter över 40 km/h.



Figur 8. Händelseträd för olycka med sprängämnen, klass 1.1, tågastigheter under 40 km/h.

Sannolikheten för att en vagn med mycket brandfarliga vätskor skall vara med på tåget tas från ingångsdaten i figur 5. (I figur 7 och 8 anges ett värde från ett tidigare projekt, det aktuella värdet har dock använts i beräkningarna.)

Resultaten av sannolikhetsberäkningar för fallet 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 utgår från en explosion av 25 ton TNT.

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

Explosionsstyrkan beräknas med hjälp av figur 9 som tagits från rapporten Dynamisk lastpåverkan – Referensbok (SRV 2005). För en närmare förklaring av beräkningsmetoden hänvisas till denna rapport.

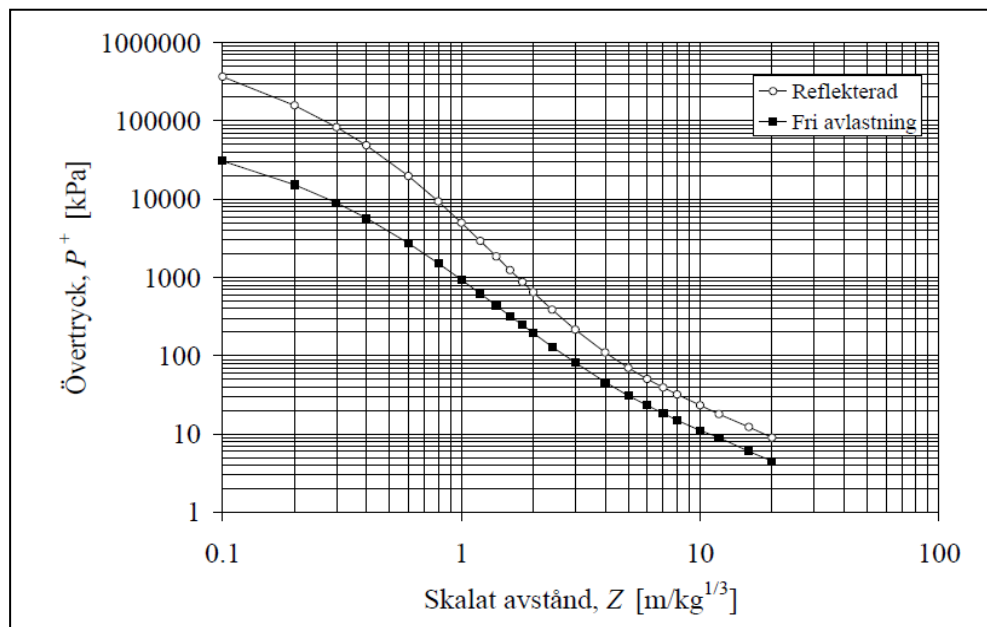
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

R = avstånd från explosionscentrum (m)

M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

Figur 9 ger övertrycket p_+



Figur 9 Reflekterat och oreflekterat övertryck som funktion av det skalade avståndet Z (från SRV 2007).

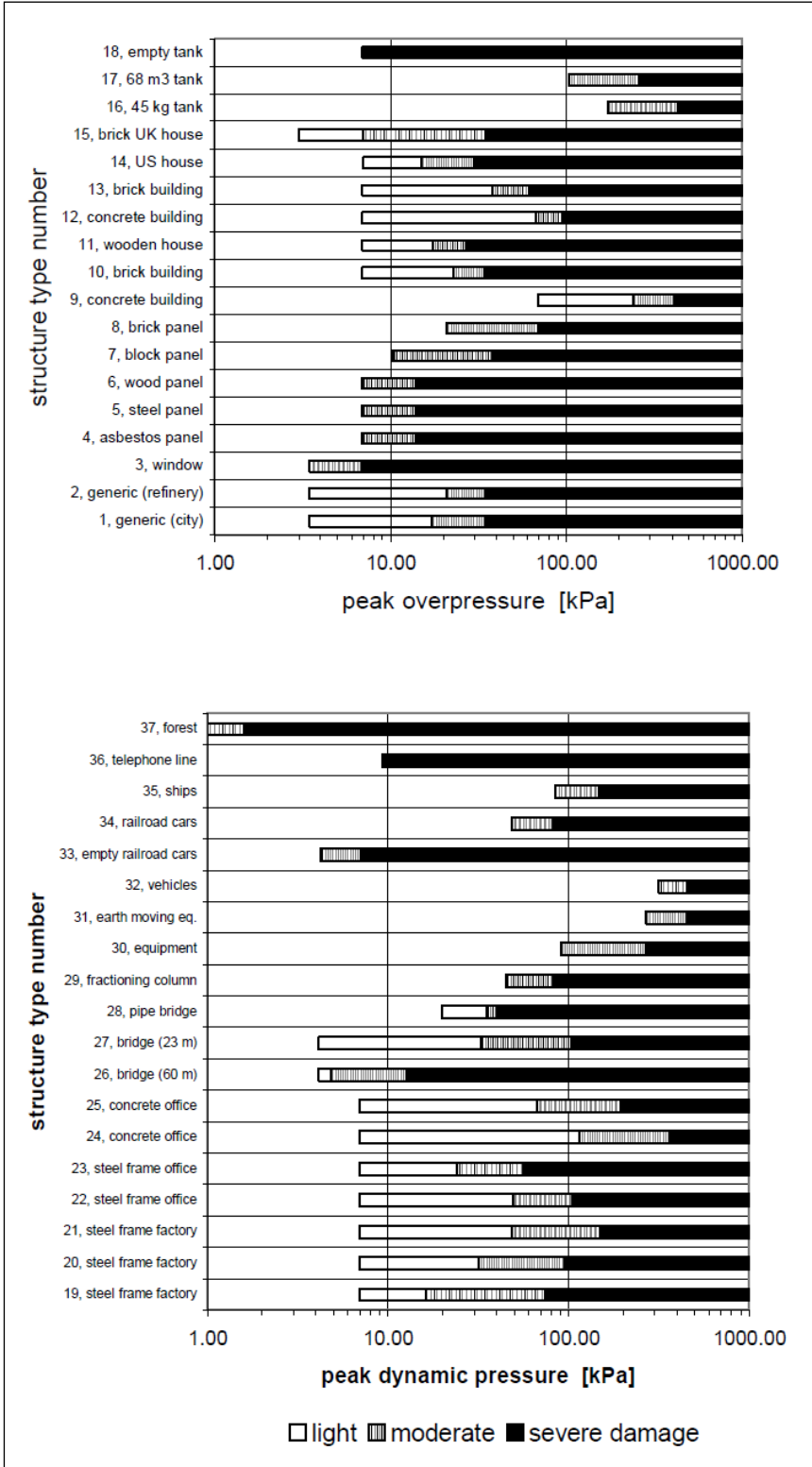
Resultaten visas i *tabell 1*.

Tabell 1. Explosionstryck som funktion av avståndet till explosionscentrum.

M (kg)		12500	25000
$M^{1/3}$ (kg ^{1/3})		23,2	29,2
Z	p^+		
m/kg ^{1/3}	kPa	avstånd (m)	avstånd (m)
1	900	23	29
2	200	46	58
2,5	120	58	73
3	80	70	88
4	45	93	117
5	33	116	146
5,2	30	121	152
6	23	139	175
6,9	20	160	202
7,9	15	183	231

Skador på bebyggelsen

Enligt amerikanska undersökningar (EAI 1997) rasar vanliga hus vid ett övertryck (p^+) på 25-35 kPa medan en vanlig stadsbebyggelse bedöms få allvarliga skador vid ungefär samma övertryck, se *figur 10 och 11*. Detta tryck uppnås enligt *tabell 1* ungefär 146 m från platsen för explosionen vid en explosion av 25 ton TNT. (För en explosion med 12,5 ton TNT, se avsnitt 2.5 Scenarier med oxiderande ämnen, ämnen, är detta avstånd ca 116 m.)



Figur 10 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 11. Beskrivning av byggnadstyper mm i figur 10.

Sammantaget antas att byggnader närmast järnvägen får allvarliga skador inom 160 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

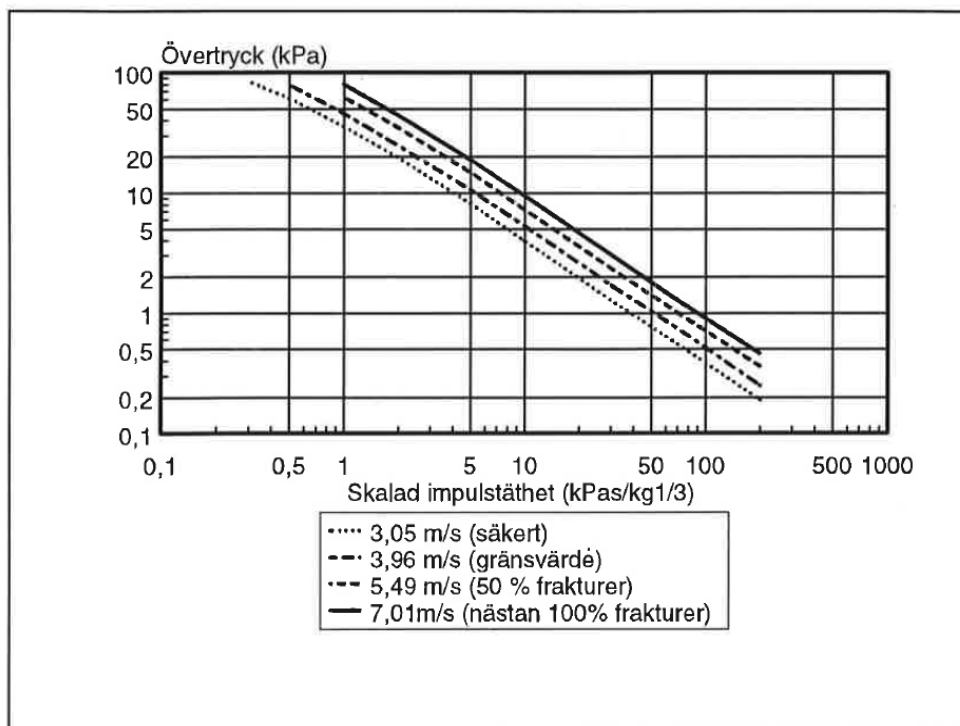
Direkta skador pga. tryck

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 12* och *tabell 1*. På 75 m har sannolikheten avtagit till 50 % och minskar till 10 % på ca 90 m.



Figur 12. Kombinationer av övertryck och skalad impulstäthet som ger allvarliga skador vid slag mot 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 evakueras 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.

Individrisk

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.

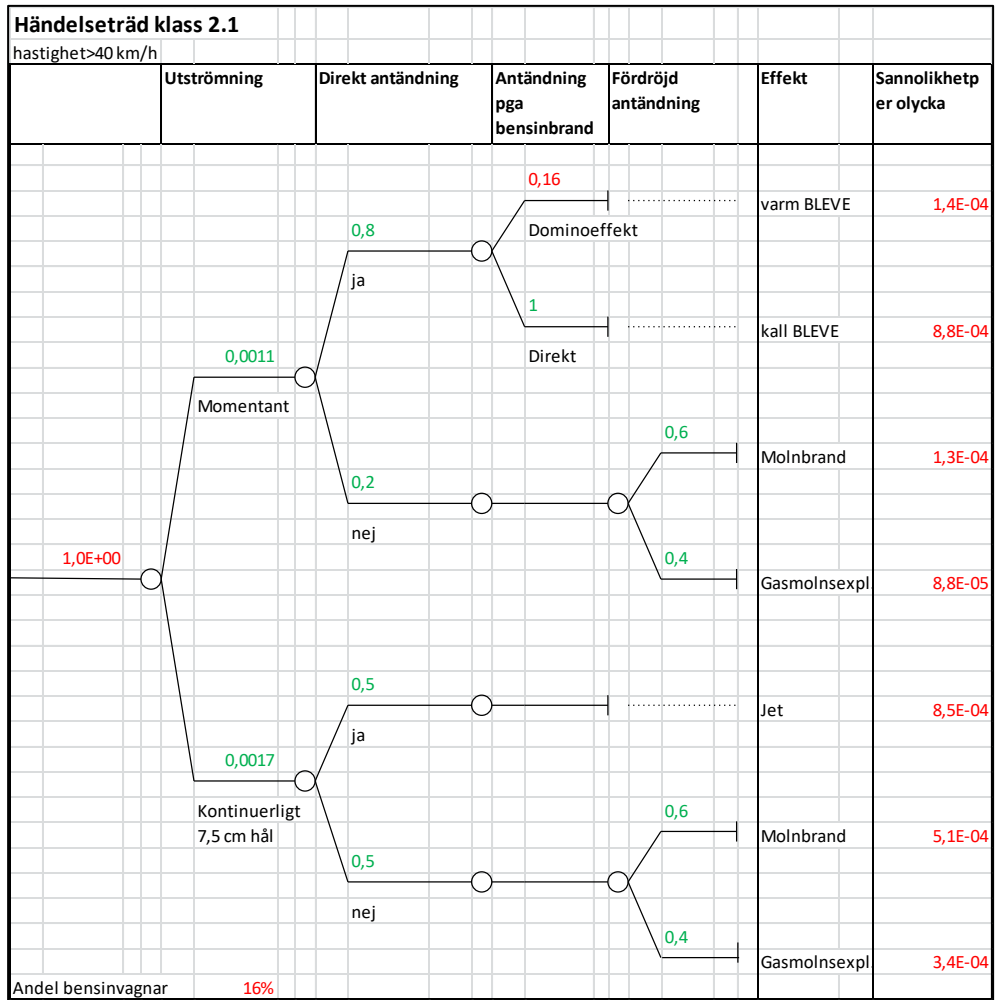
2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med brandfarliga gaser per kilometer järnväg har beräknats på samma sätt som för massexplösiva ämnen i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 4*.

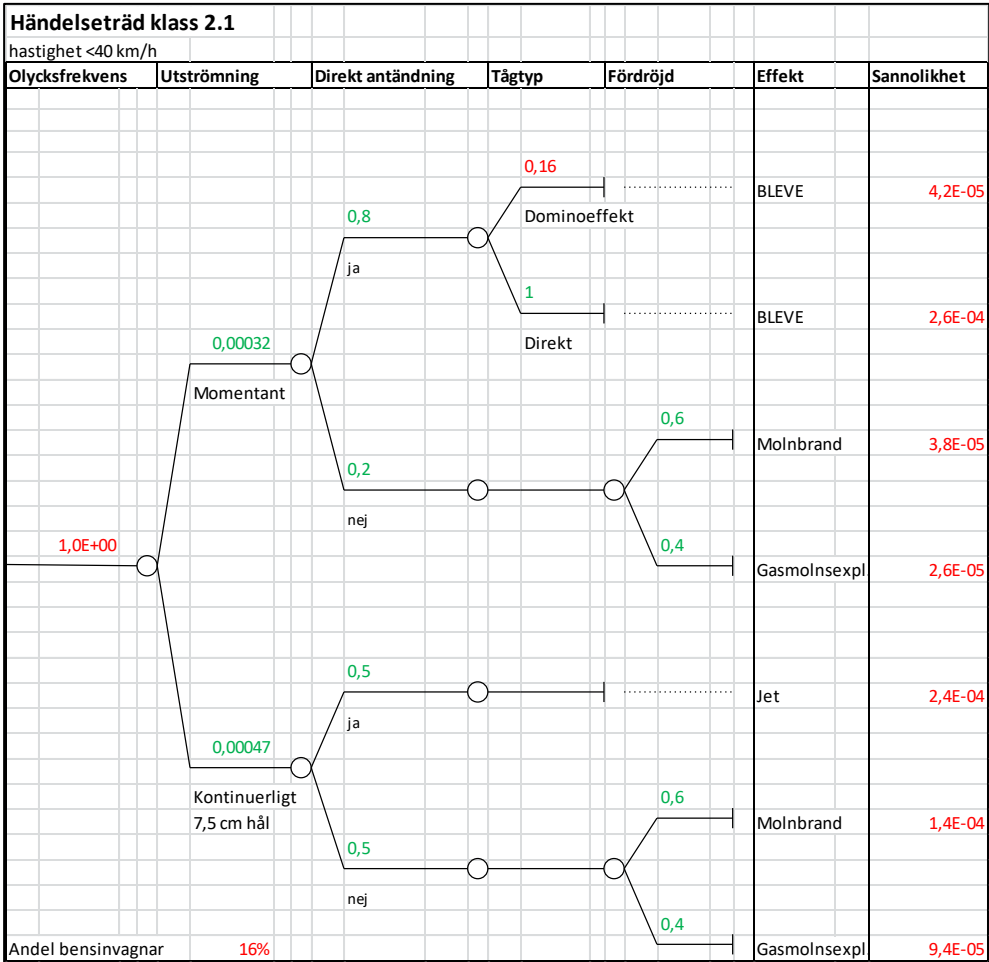
2.2.1 Scenario Jetflamma

I detta scenario uppstår ett hål på 7,5 cm i tanken på tankvagnen 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 70x90 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 händelseträden för brandfarliga gaser, *figur 14 och 15*, framgår att sannolikheten för scenario Jetflamma vid en olycka med brandfarlig gas med betydande utströmning är lika med $8,5 \times 10^{-4}$ vid tåghastigheter över 40 km/h och $2,4 \times 10^{-4}$ vid lägre hastigheter.



Figur 14. Händelseträd olycka med brandfarlig gas, tåghastighet över 40 km/h



Figur 15. Händelseträd olycka med brandfarlig gas, tåghastighet under 40 km/h

Individrisk

En individ omkommer om olyckan sker på de närmaste 70 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 90 m från leden.

Samhällsrisk

Personer som vistas inom ett område på 70 m längs vägen och 90 m in från vägen antas omkomma, såväl inomhus som utomhus.

2.2.2 Scenario Gasbrand vid momentant utsläpp, Gasbrand M

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 260x260 m. Inom ett område av 260x130 m (längs vägen x in mot området) omkommer alla ute och inne. Effektområdet har valts 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 14 och 15* och är lika med $1,3 \times 10^{-4}$ vid hastigheter över 40 km/h och $3,8 \times 10^{-5}$ vid lägre hastigheter.

Individerisk

En individ omkommer vid detta scenario om han/hon befinner sig inom det brinnande molnet, dvs om olyckan händer inom 260 m från personen och om personen står på ett avstånd mindre än 130 m från järnvägen.

Samhällsrisk

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

2.2.3 Scenario Gasbrand vid kontinuerligt utsläpp, Gasbrand KT och KL

I detta scenario uppstår ett hål på 7,5 cm i tanken på samma sätt som i scenario Jetflamma. Den brandfarliga gasen antänds inte direkt men sprids med vinden från olycksplatsen. Gasen blandas med luft tills den lägre brännbarhetsnivån är nådd (LFL) då gasen antänds. Molnets utsträckning är då 70 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 vid en olycka framgår av händelseträdet i *figur 14 och 15* och är lika med $5,1 \times 10^{-4}$ vid hastigheter över 40 km/h och $1,4 \times 10^{-4}$ vid hastigheter under 40 km/h när en olycka sker med utsläpp av brandfarlig gas.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 6*. Om vinden står rakt eller snett mot området så transporteras gasen in mot området, detta är scenario Gasbrand KT. Blåser vinden i banans 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 70 m från leden.

I scenario Gasbrand KL omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 70 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 70 m in från vägen.

I scenario Gasbrand KL antas personer omkomma inom ett område med längd 70 m längs leden och bredd 5 m in från vägen.

2.2.4 Scenario Gasexplosion vid momentant utsläpp, Gasexplosion M

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 330 x 330 m, centrum för explosionen antas ligga på leden.

Sannolikheten för detta scenario vid en olycka med en tågagn med brandfarlig gas framgår av händelseträdet i *figur 14 och 15* och är lika med $8,8 \times 10^{-5}$ för tåghastigheter över 40 km/h och $2,6 \times 10^{-5}$ vid lägre hastigheter.

Individrisk

I scenario Gasexplosion M omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 330 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 165 m från leden.

Samhällsrisk

Personer som vistas inomhus eller utomhus inom ett område med längd 330 m längs leden och bredd 165 m från vägen antas omkomma. Inom ett område utanför detta område med längd 650 m och bredd 325 m antas 3 % av de som befinner sig inomhus omkomma.

2.2.5 Scenario Gasexplosion vid kontinuerlig utsläpp, Gasexplosion KT och KL

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 95x95 m. Sannolikheten för detta per olycka med en tankvagn med brandfarlig gas är enligt händelseträden i *figur 14 och 15* lika med $3,4 \times 10^{-4}$ vid hastigheter över 40 km/h och $9,4 \times 10^{-5}$ vid lägre hastigheter.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 6*. 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 48 m från järnvägen så att hela effektområdet ligger vid sidan om vägen.

Blåser vinden i banans riktning transporteras gasen längs leden, detta ger scenario Gasexplosion KL. Centrum för explosionen antas ligga på banan 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 95 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 95 m från leden.

I scenario Gasbrand KL omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 98 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 48 m från leden.

Samhällsrisk

I scenario Gasexplosion KT antas personer inomhus och utomhus omkomma inom ett område med längd 95 m längs leden och bredd 95 m in från vägen.

I scenario Gasexplosion KL antas personer omkomma inom ett område med längd 95 m längs leden och bredd 48 m in från vägen inomhus och utomhus.

2.2.6 Scenario BLEVE

Vid en BLEVE havererar tanken brandfarlig gas vilket leder till ett momentant utsläpp som antänds direkt. Detta kallas en BLEVE. Orsaken kan vara krafterna vid själva olyckan eller att en brand har uppstått som leder till att tanken hettas upp till trycket blir så stort att den exploderar. En BLEVE leder till att personer omkommer inom ett område av 140x140 m. BLEVE:ns centrum ligger på olycksplatsen. Sannolikheten för detta scenario vid en olycka med en tankvagn för brandfarlig gas framgår av händelseträdet i *figur 14 och 15* och är lika med $(1,4+8,8) \times 10^{-4} = 1,0 \times 10^{-3}$ vid tåghastigheter över 40 km/h. vid hastigheter under 40 km/h är sannolikheten lika med $3,0 \times 10^{-4}$.

Individrisk

En person förväntas omkomma inom ett område med längd 140 m längs leden och bredd 70 m in från vägen.

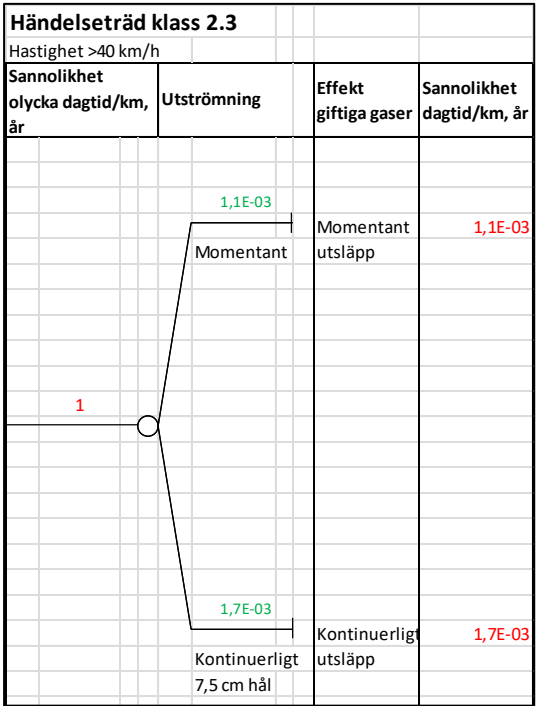
Samhällsrisk

I scenario BLEVE antas personer omkomma inom ett område med längd 140 m längs leden och bredd 70 m in från vägen inomhus och utomhus.

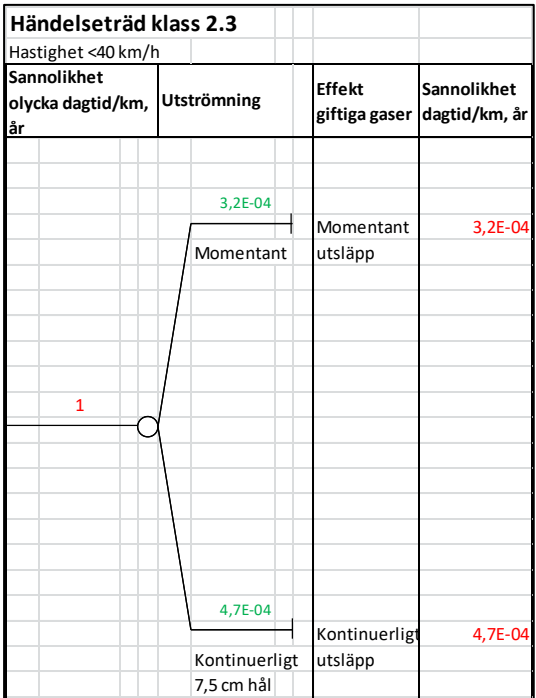
2.3 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med giftiga gaser per kilometer transportled har beräknats på samma sätt som för massexpllosiva ämnen i *tidigare avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 5*.

Händelseträden för scenarier med giftiga gaser framgår i *figur 16 och 17* nedan.



Figur 16. Händelseträd för olycka med giftiga gaser, tågastigheter över 40 km/h



Figur 17. Händelseträd för olycka med giftiga gaser, tågastigheter under 40 km/h

2.3.1 Scenario Gasmoln M

I detta scenario havererar tanken och hela innehållet släpps ut momentant. På grund av det snabba händelseförloppet bedöms vindriktningen spela mindre roll.

Effektområdena har dock anpassats för att ta hänsyn till spridning med vinden i olika riktningar. Storleken av effektområde 1 bedöms vara 100x100 m med centrum på olycksplatsen. Effektområde 2 har storlek 114x114 m.

Sannolikhet för scenariot per olycka framgår av händelseträdet i *figur 16 och 17* och är lika med $1,1 \times 10^{-3}$ vid tåghastigheter över 40 km/h och $3,2 \times 10^{-4}$ vid lägre hastigheter.

Individrisk

En person har 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 100 m av järnvägen från där personen står och 50 m in från banan. En person har 30 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 114 m av järnvägen från där personen står och 57 m in från banan.

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.

2.3.2 Scenario Gasmoln K

Vid detta scenario uppstår ett hål på 7,5 cm i tanken med giftig gas. En gasplym uppstår som rör sig i vindriktningen. Sannolikheten per olycka för scenariot framgår av händelseträdet i *figur 16 och 17* och är lika med $1,7 \times 10^{-3}$ vid hastigheter över 40 km/h och $4,7 \times 10^{-4}$ vid lägre hastigheter.

Effektområde 1 har bredd 36 m och längd 240 m i vindriktningen. Effektområde 2 har bredd 121 m och längd 374 m i vindriktningen. Båda effektområdena börjar vid olycksplatsen.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 6*. Om vinden står rakt eller snett mot området så transporteras gasen till området, detta är scenario Gasmoln KT. Blåser vinden i järnvägens 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 36 m av leden från där personen står och 240 m in från vägen.

En person har 30 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 121 m av leden från där personen står och 374 m in från vägen.

I scenario Gasmoln KL har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 240 m av leden från där personen står och 18 m in från vägen.

En person har 30 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 374 m av leden från där personen står och 61 m in från banan.

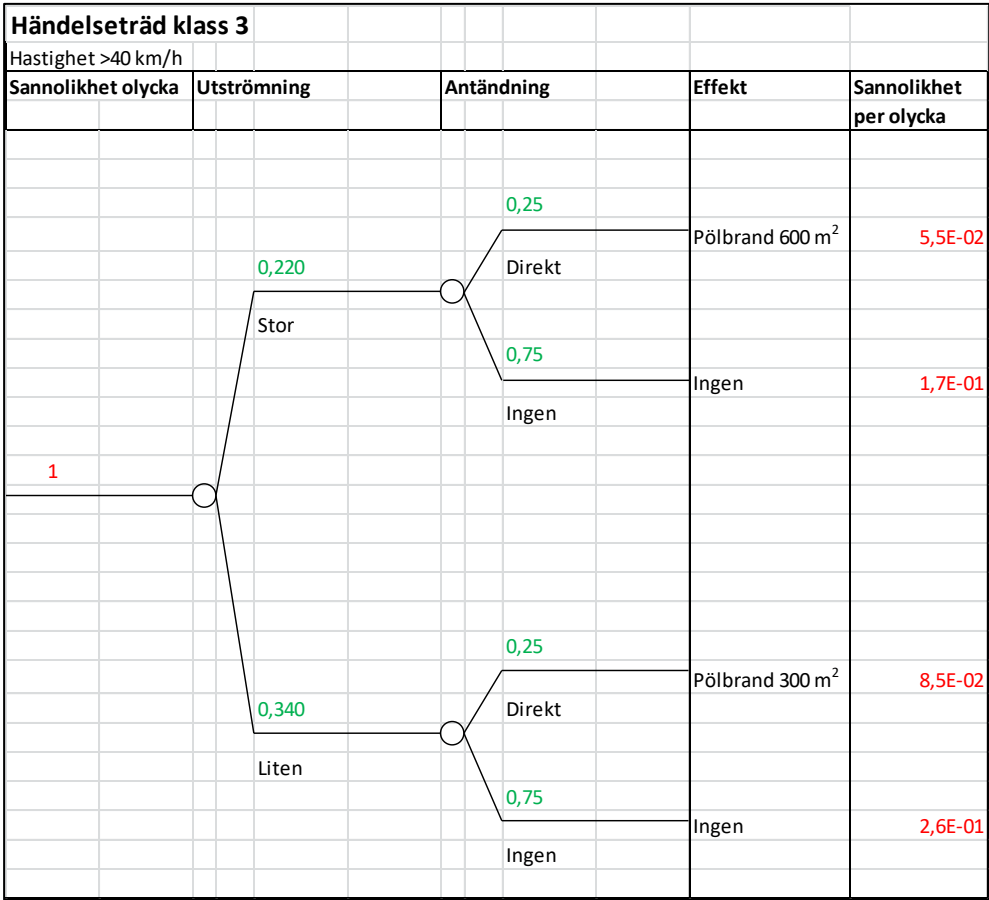
Samhällsrisk

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.

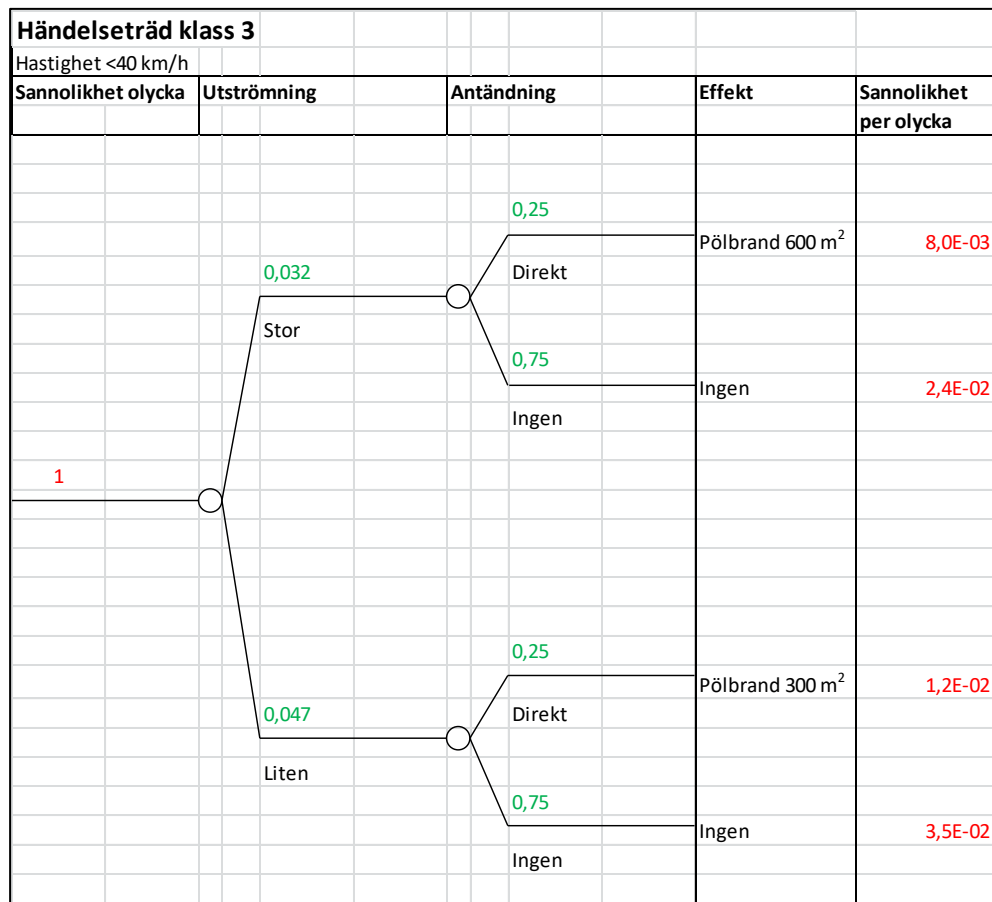
2.4. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med mycket brandfarliga vätskor har beräknats på samma sätt som i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 5*.

Händelseträden för scenarier med mycket brandfarliga vätskor framgår i *figur 18 och 19* nedan.



Figur 18 Händelseträd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3.
Tåghastighet > 40 km/h



Figur 19 Händelseträd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3.
Tåghastighet < 40 km/h

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 med en yta på 600 m² (Pölbrand S) antas personer inom ett område på 30x30m omkomma, såväl inne som ute. Vid en mindre pölbrand (Pölbrand M) antas personer inom ett område på 26x26 m omkomma såväl inne som ute. Områdena antas centrerade kring olycksplatsen.

Sannolikhet

Sannolikheten för scenario Pölbrand S vid en olycka med en tankvagn med mycket brandfarlig vätska är lika med $5,5 \times 10^{-2}$ vid hastigheter över 40 km/h och $8,0 \times 10^{-2}$ vid hastigheter under 40 km/h.

Sannolikheten för scenario Pölbrand M vid en olycka med en tankvagn med mycket brandfarlig vätska är lika med $8,5 \times 10^{-2}$ vid hastigheter över 40 km/h och $1,2 \times 10^{-2}$ vid hastigheter under 40 km/h.

Individrisk

I scenario Pölbrand S har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 30 m av järnvägen från där personen står och 15 m in från banan.

I scenario Pölbrand M har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 26 m av leden från där personen står och 13 m in från vägen.

Samhällsrisk

Inom ett område med längd 30 m längs vägen och bredd 15 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 26 m längs vägen och bredd 13 m in från vägen.

2.5. Scenarier med oxiderande ämnen, klass 5.1

Sannolikheten för en olycka med en järnvägsvagn med oxiderande ämnen med risk för massexplosion per kilometer järnväg har beräknats på samma sätt som för massexplosiva ämnen i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 3*.

Händelseträdet för scenarier med oxiderande ämnen framgår i *figur 19 och 20* nedan.

2.5.1 Scenario Explosion S och M

I dessa scenarior har vi utgått från att transporterna sker som ammoniumnitrat som vid blandning med dieselolja kan leda till en explosion som motsvarar 25 ton TNT vid ett stort utsläpp av ammoniumnitrat och cirka hälften vid ett mindre utsläpp. Detta överskattar explosionens kraft eftersom den blandning som kommer att ske om båda ämnena rinner ut vid en olycka inte räcker för att åstadkomma ett effektivt sprängämne vilket egentligen kräver en ganska exakt blandning av dessa ämnen.

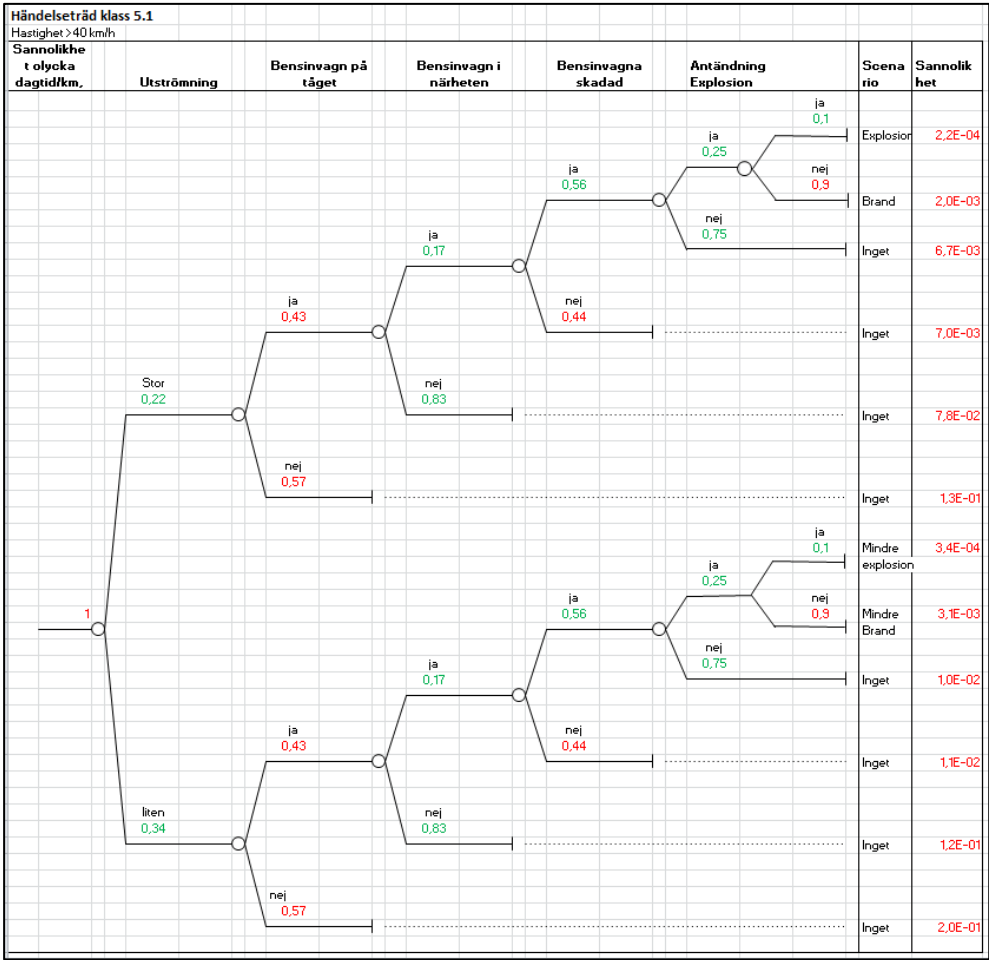
Konsekvenserna av dessa explosioner härleds på samma sätt som för massexplosiva ämnen i klass 1.

Sannolikhet

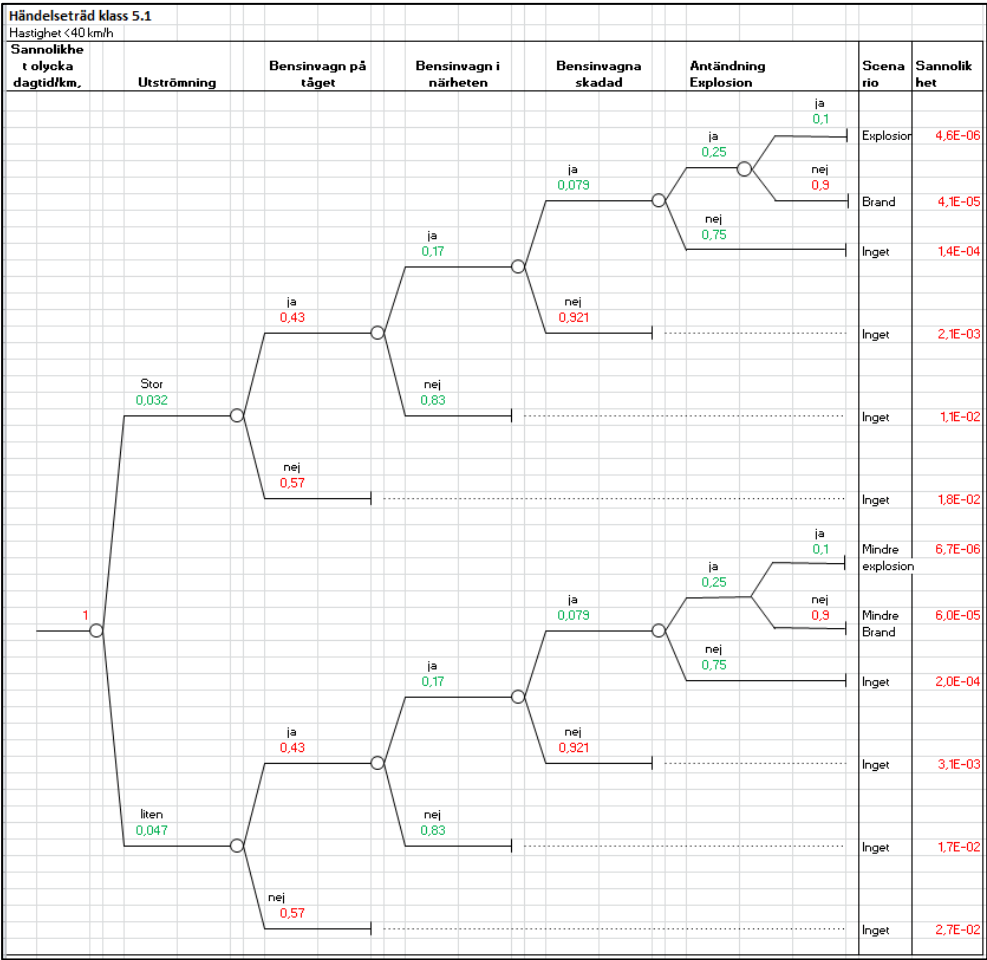
För att en olycka med en transport med oxiderande ämnen skall leda till betydande konsekvenser krävs att det oxiderande ämnet blandas med bensin och att blandningen antänds. För att detta skall ske måste flera förutsättningar vara uppfyllda:

1. Det måste finnas en tankvagn med bensin eller annan mycket brandfarlig vätska med på tåget.
2. Vagnen måste befinna sig nära vagnen med oxiderande ämnen för att en blandning skall kunna ske, högst en vagn emellan.
3. Vagnen med mycket brandfarlig vätska måste ha en skada som leder till ett betydande utsläpp.
4. Vätskan måste antändas.
5. Blandningen oxiderande ämne/brandfarlig vätska kan antingen brinna som en pölbrand eller explodera.

Sannolikheten för detta framgår av händelseträdet i *figur 19 och 20* nedan. Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankbilar. I de visade händelseträden utgås från att en vagn med mycket brandfarlig vätska finns med på 16 % av tågen. Denna siffra är tagen från ett äldre projekt och används här endast som exempel. I beräkningarna har den rätta siffran används som finns i *figur 5*.



Figur 19. Händelseträd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion. Tåghastigheter över 40 km/h



Figur 20. Händelseträd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion. Tåghastigheter under 40 km/h

Konsekvenser

Två scenarier finns beroende på storleken på utsläppet av det oxiderande ämnet. Storleken på utsläppet av den brandfarliga vätskan är av mindre vikt eftersom 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 densamma som för en explosion av 25 ton TNT. Konsekvenserna avseende individrisk och samhällsrisk för denna mängd sprängämne finns beskriven i scenariot för klass 1.1.

Konsekvenserna för en mindre explosion har antagits vara densamma som för en explosion av 12,5 ton TNT. Konsekvenserna avseende individrisk och samhällsrisk för denna mängd sprängämne finns också beskriven i scenariot för klass 1.1.

De scenarier där ingen explosion sker men det oxiderande ämnen deltar i branden av den brandfarliga vätskan ingår i beräkningarna för konsekvenserna av olyckor med klass 3.

3. Beräkningsresultat farligt gods

I tabell 2 presenteras resultaten av riskberäkningarna för parkeringshuset med centrumverksamhet som redovisas som de lila kurvor i figurerna i rapporten. Beräkningarna för övriga figurer avseende risken från järnvägen har genomförts på samma sätt.

Tabell 2. Beräkningsresultat för parkeringshuset med centrumverksamhet samt World of Volvo.

Sammanställning av beräkningsresultat dagtid								Riskanalys Liseberg					181112
				Effektområde 1				Effektområde 2					
Klass	F _{klass} /år, km	Scenario	F _{scen} /år, km	längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}	längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}	F _{scen} /år	Om-komma
1.	0,0E+00	Massexplosion	0,0E+00	301	50	0,17	1,00	-	-	-	-	0	200,0
2.1	4,5E-06	Jet	3,8E-09	70	90	1,00	1,00	70	90	0,00	0,10	2,8E-10	126,0
		Gasbrand M	6,0E-10	260	130	1,00	1,00	-	-	-	-	1,6E-10	200,0
		Gasbrand KT	5,2E-11	10	70	1,00	1,00	-	-	-	-	5,2E-11	12,9
		Gasbrand KL	4,0E-11	70	5	1,00	1,00	-	-	-	-	4,0E-11	0,0
		Gasexplosion M	6,0E-10	330	165	1,00	1,00	-	-	-	-	1,3E-10	200,0
		Gasexplosion KT	4,6E-11	95	95	1,00	1,00	-	-	-	-	4,6E-11	140,4
		Gasexplosion KL	3,5E-11	95	47	1,00	1,00	-	-	-	-	3,5E-11	52,2
		Bleve	4,2E-09	140	70	1,00	1,00	210	105	0,00	0,07	5,9E-10	99,1
2.3	4,3E-06	Giftigt gasmoln M	4,7E-09	100	50	0,10	1,00	114	57	0,03	0,30	4,7E-10	5,9
		Giftigt gasmoln KT	1,6E-10	36	240	0,10	1,00	121	374	0,03	0,30	1,6E-10	13,0
		Giftigt gasmoln KL	4,2E-10	240	18	0,10	1,00	374	61	0,03	0,30	4,2E-10	2,3
3.	8,7E-06	Stor pölbrand	4,8E-07	30	15	1,00	1,00	-	-	-	-	3,4E-08	0,0
		Liten pölbrand	7,4E-07	26	13	1,00	1,00	30	15	0,00	0,04	5,3E-08	0,0
5.1	5,0E-06	Stor explosion	1,7E-10	301	50	0,17	1,00	-	-	-	-	5,2E-11	200,0
		Liten explosion	2,7E-10	239	50	0,17	1,00	-	-	-	-	6,4E-11	200,0
Sammanställning av beräkningsresultat nattetid								Riskanalys Liseberg					181112
Natt				Effektområde 1				Effektområde 2					
Klass	F _{klass} /år, km	Scenario	F _{scen} /år, km	längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}	längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}	F _{scen} /år	Om-komma
1.	0,0E+00	Massexplosion	0,0E+00	301	50	0,17	1,00	-	-	-	-	0	140,0
2.1	1,4E-05	Jet	1,2E-08	70	90	1,00	1,00	70	90	0,00	0,10	8,3E-10	88,2
		Gasbrand M	1,8E-09	260	130	1,00	1,00	-	-	-	-	4,7E-10	140,0
		Gasbrand KT	1,6E-10	10	70	1,00	1,00	-	-	-	-	1,6E-10	9,0
		Gasbrand KL	1,2E-10	70	5	1,00	1,00	-	-	-	-	1,2E-10	0,0
		Gasexplosion M	1,2E-09	330	165	1,00	1,00	-	-	-	-	3,9E-10	140,0
		Gasexplosion KT	1,4E-10	95	95	1,00	1,00	-	-	-	-	1,4E-10	98,3
		Gasexplosion KL	1,0E-10	95	47	1,00	1,00	-	-	-	-	1,0E-10	36,6
		Bleve	1,3E-08	140	70	1,00	1,00	210	105	0,00	0,07	1,8E-09	69,4
2.3	1,3E-05	Giftigt gasmoln M	1,4E-08	100	50	0,10	1,00	114	57	0,03	0,30	1,4E-09	4,2
		Giftigt gasmoln KT	4,9E-10	36	240	0,10	1,00	121	374	0,03	0,30	4,9E-10	9,1
		Giftigt gasmoln KL	1,2E-09	240	18	0,10	1,00	374	61	0,03	0,30	1,2E-09	1,6
3.	2,6E-05	Stor pölbrand	1,4E-06	30	15	1,00	1,00	-	-	-	-	3,4E-08	0,0
		Liten pölbrand	2,2E-06	26	13	1,00	1,00	30	15	0,00	0,04	1,6E-07	0,0
5.1	1,5E-05	Stor explosion	5,2E-10	301	50	0,17	1,00	-	-	-	-	1,6E-10	140,0
		Liten explosion	8,0E-10	239	50	0,17	1,00	-	-	-	-	1,9E-10	200,0

4. Beräkningsmetod urspårning

Riskberäkningsmetoden kan delas upp i fyra steg.

5. Beräkning av sannolikhet för urspårning
6. Beräkning av sannolikhet för att tågagnar når olika avstånd från järnvägen
7. Beräkning av konsekvenserna av dessa scenarier avseende antalet omkomna utomhus och inomhus
8. 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.

5. Sannolikhetsberäkning urspårning

Olycksrisken för tåg beräknas enligt den av Banverket (numera en del av Trafikverket) angivna metod (Banverket 2001), se figur 21.

Beräkning urspårning		Riskanalys Liseberg		2018-11-14	
Beräkning av olycksfrekvens enligt Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket 2001:5					
Ingångsdata					
Sträcka	1	km	Färgernas betydelse:	Fylls i	
Vagnaxel/vagn	2,75			Standard	
Tåglängd	216,0781	m		Beräknas	
Vagnlängd	20	m			
Godståg	8				
Persontåg	220				
Pendeltåg					
Antal vagnar/tåg	10,8				
Antal tåg/dag	229				
Antal tåg/år	83406				
Antal tåg/v	1604				
Antal växlar	1				
Plankorsn. bommar	0				
Plankorsn. ljus	0				
Plankorsn. Kryss	0				
Vagnaxelkm/år	2,5E+06				
Vagnkm	9,0E+05				
Beräkning olycksrisken					
			Intensitet		Frekvens
Orsak	Parameter		Spårklass A	Spårkl. B o C	Spårklass A
Rälsbrott	Vagnaxelkm		5,0E-11	1,0E-10	1,2E-04
Solkurva	Spårkm		1,0E-05	2,0E-04	1,0E-05
Spårlägesfel	Vagnaxelkm		4,0E-10	4,0E-10	9,9E-04
Växel sliten	Antal tågpassager		5,0E-09	5,0E-09	4,2E-04
Växel ur kontroll	Antal tågpassager		7,0E-08	7,0E-08	5,8E-03
Vagnfel	Vagnaxelkm		3,1E-09	3,1E-09	7,7E-03
Lastförskjutning	Vagnaxelkm		4,0E-10	4,0E-10	9,9E-04
Plankorsn. bommar	Antal tågpassager		5,0E-08	5,0E-08	0,0E+00
Plankorsn. ljus	Antal tågpassager		1,5E-08	1,5E-08	0,0E+00
Plankorsn. Kryss	Antal tågpassager		2,0E-08	2,0E-08	0,0E+00
Annan/okänd	Tågkm		2,0E-07	2,0E-07	1,6E-02
Summa	Olyckor per år/km				3,2E-02
Urspårning mot planområdet					1,6E-02

Figur 21. Beräkning urspårningsrisk

Även sannolikheten för att delar av tåget når ett visst avstånd från järnvägen framgår där, se *figur 22*.

Beräkning urspårningsavstånd mm						Risikanalys Liseberg	2018-11-14
Beräkning urspårning							
Sannolikhet att någon del av tåget kommer utanför spåret, källa Banverket 2001							
Aktuell hastighet > 40 km/h							
Avstånd från spår	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m		
Persontåg	78%	18%	2%	2%	0%		
Godståg	70%	20%	5%	2%	2%		
Andel godståg	4%						
Alla tåg	78%	18%	2%	2%	0%		
Aktuell hastighet < 40 km/h, bearbetat utifrån Banverket 2001							
Avstånd från spår	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m		
Persontåg	80%	18%	2%	0%	0%		
Godståg	72%	21%	5%	2%	0%		
Andel godståg	4%						
Alla tåg	79%	18%	2%	0%	0%		
Avstånd spårkant m							
	Sannolikhet	Frekvens/km	Sannolikhet	Frekvens/km			
m	> 40 km/h	> 40 km/h	< 40 km/h	< 40 km/h			
1	78%	1,3E-02	79%	1,3E-02			
5	18%	2,9E-03	18%	3,0E-03			
15	2%	3,4E-04	2%	3,5E-04			
25	2%	3,2E-04	0,1%	1,3E-05			
30	0,1%	1,2E-05	0,0%	0,0E+00			
Områdesinfo							
Områdets storlek							
	Inne	Ute					
Planområdets avstånd le	20	20	m				
Planområdets bredd	108	108	m				
Planområdets längd	72	72	m				
Befolkningstäthet							
	Dag						
	Inne	Ute					
Befolkning inne +ute	100		personer				
Andel inne/ute	100%	0%					
Befolkning	100,0	0,0	personer				
Befolkningstäthet	1,3E-02	0,0E+00	pers/m2				

Figur 22. Beräkning urspårningsavstånd

6. Konsekvenser urspårning

Utomhus antas personer omkomma när de blir träffade av en urspårande del av tåget. Effektområden för detta har antagits enligt tabell nedan (tabell 1). Det antas att endast en mindre del av tåget hamnar långt från spåret vid en urspårning. Effektområdet inomhus bestäms av antagandet att hela byggnaden rasar fram till tågets framräknade urspårningsavstånd. Det uppskattas att en tredjedel av personerna som befinner sig inom rasområdet omkommer.

Tabell 3. Antagen effektområden vid urspårning

Längd (längs transportled)	Bredd (in mot området)
250	1
180	5
60	15
30	25
15	30

7. Referenser

- | | |
|----------------|--|
| Banverket 2001 | Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket Miljösektionen Rapport 2001:5m 2001-10-22 |
| 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 |
| FOA 1997 | Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, Försvarets Forskningsanstalt, september 1997 |
| FOA 2000 | Explosivämneskunskap, Institutionen för energetiska material, Försvarets Forskningsanstalt 2000 |
| 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 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 luftstöt våg, Statens Räddningsverk, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2007 |

Norconsult 