

Detaljplan för fordonsservice inom Lilla Edet 1:17 m.fl.

Risikanalys transport av farligt gods

Koncept 2014-04-03

Detaljplan för fordonsservice inom Lilla Edet 1:17 m.fl.
Riskanalys transport av farligt gods

Koncept 2014-04-03

Beställare: Stendahls Bil AB
Box 1022
463 24 Lilla Edet

Beställarens representant: Åke Stendahl

Konsult: Norconsult AB
Box 8774
402 76 Göteborg

Uppdragsledare Herman Heijmans

Uppdragsnr: 1031662

Filnamn och sökväg: n:\103\16\1031662\u\beskrivningar_koncept\riskanalys
stendahls utkast.doc

Kvalitetsgranskad av: Katarina Holmgren

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
1. Inledning	5
2. Risker med transport av farligt gods	6
2.1. Typer av farligt gods.....	6
2.2. Konsekvenser av en olycka med farligt gods.....	6
3. Platsen	9
3.1 Planområdet.....	9
3.2 Europaväg 45 och väg 167	10
4. Riskbedömning i den fysiska planeringen	14
4.1 Vad är risker.....	14
4.2 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods.....	16
4.3 Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen.....	18
4.4 ALARP-området.....	20
5 Resultat av riskberäkningarna	21
6. Osäkerhetsanalys.....	23
7. Diskussion och slutsatser	25
8. Referenser	26
Bilaga 1 Riskberäkning väg	

Sammanfattning

En ny detaljplan tas fram för Lilla Edet 1:17 i syfte att möjliggöra en utbyggnad av Stendahls Bils verksamhet inom planområdet som består av försäljning och reparation av personfordon och husbilar. Den nuvarande anläggningen planeras att byggas ut åt väster i detta syfte.

Planområdet ligger i närheten av Europaväg 45 som är rekommenderad transportled för farligt gods. Länsstyrelsen i Västra Götaland kräver att riskfrågor skall hanteras vid detaljplanering inom 150 m från vägen, något som görs i denna riskanalys.

Analysen pekar på att risknivåerna nästan helt är acceptabla enligt de tillämpade kriterier men att det kan förekomma ett visst mindre överskridande framöver om transporterna med farligt gods eller antalet personer som befinner sig inom planområdet skulle öka mer än vad som kan antas utifrån dagens förutsättningar.

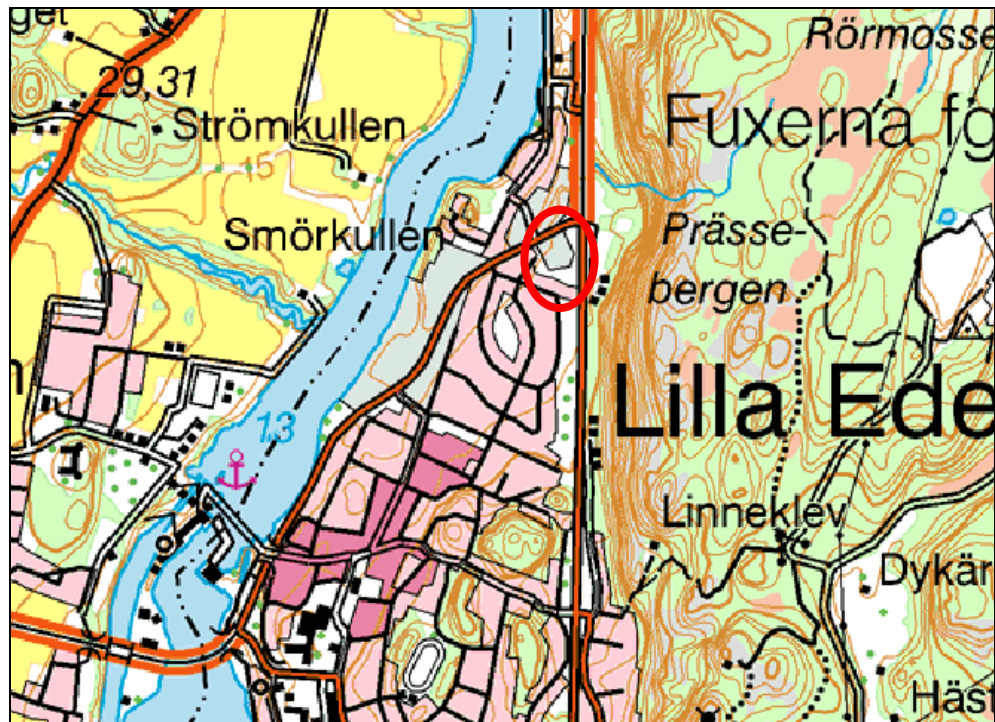
Följande skyddsåtgärder föreslås som kan genomföras i den planerade tillbyggnaden.

- Friskluftsintaget skall placeras så långt från vägen som praktiskt möjligt. Detta minskar risken att farliga gaser eller brandrök kommer in i anläggningen ifall det sker en olycka på vägen.
- Utrymning skall vara möjligt från den sidan av byggnaden som inte vetter mot vägen. Åtgärden möjliggör evakuering bort från riskkällan vid en olycka på vägen.

Om dessa åtgärder genomförs så bedöms risksituationen vid planområdet vara tillfredställande.

1. Inledning

En detaljplan är under framtagande för Lilla Edet 1:17 med flera fastigheter i syfte att möjliggöra en utbyggnad av befintlig verksamhet inom verksamheten och kunna tillåta bilförsäljning, bilverkstad och biltvätt, se *figur 1* för områdets läge.



Figur 1. Områdets läge anges med den röda ringen.

Planområdena gränsar till Europaväg 45 som är transportled för farligt gods. Enligt Länsstyrelsens riskpolicy skall riskfrågorna beaktas vid fysisk planering inom 150 m från farligt godsled. Norconsult AB har därför fått i uppdrag att ta fram en riskanalys som redovisas i denna rapport.

2. Risker med transport av farligt gods

2.1. Typer av farligt gods

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

Tabell 1. Indelning av farligt gods

Klass	Innehåll	Exempel
1	Explosiva ämnen	Massexplosiva varor (dvs. sprängämnen), fyrverkerier
2	Komprimerade, kondenserade eller under tryck lösta gaser	Brandfarliga gaser (gasol), giftiga gaser (ammoniak, svaveldioxid) och andra trycksatta gaser (kvävgas, syrgas)
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, eldningsolja
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kalciumkarbid
5	Oxiderande ämnen	Väteperoxid, ammoniumnitrat
6	Giftiga ämnen och smittfarliga ämnen	Kviksilverföreningar 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 och potentiella följder av olyckor där farligt gods är inblandat. De förväntade följderna i form av dödsfall avser, om inget annat sägs, personer som vistas utomhus utan skydd.

Konsekvenserna beskrivs mera utförligt i *bilaga 1*.

Klass 1: Explosiva ämnen

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

Klass 2: Brännbara eller giftiga gaser

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

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

Klass 3: Brandfarliga vätskor

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

Klass 4: Brandfarliga ämnen såsom svavel, fosfor, 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, 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

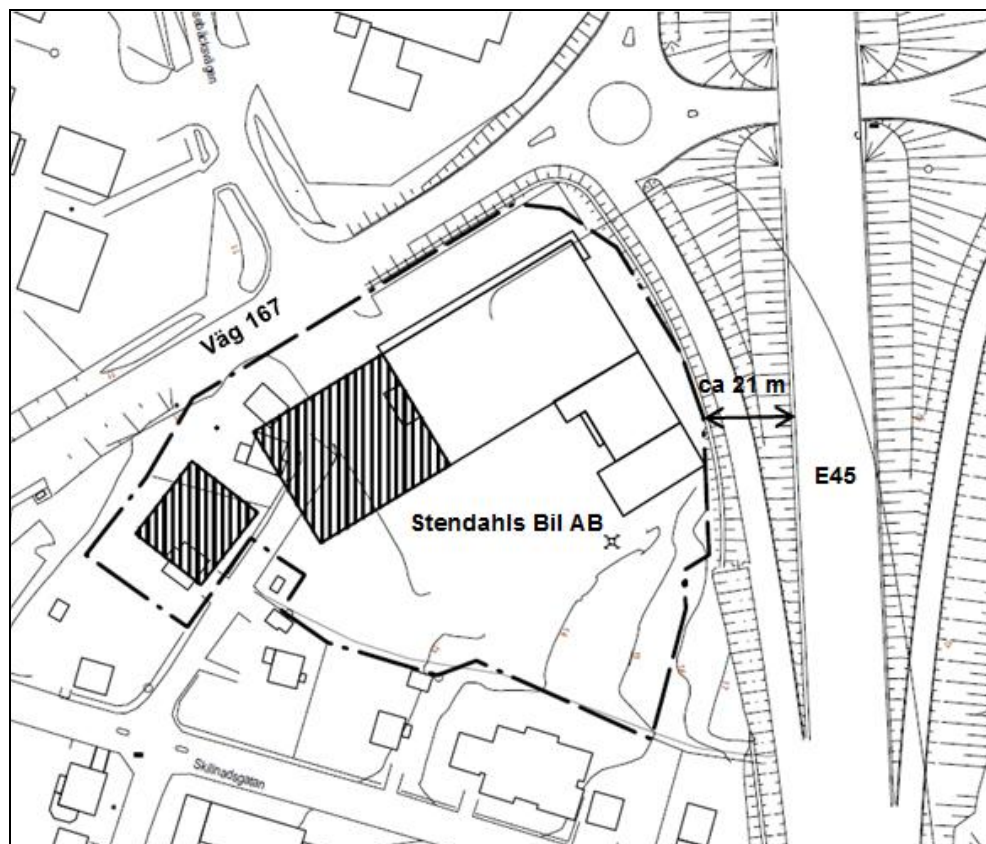
Denna klass omfattar bl.a. miljöfarligt avfall dock inga ämnen som är brandfarliga eller explosiva.

3. Platsen

3.1 Planområdet

Fysisk utformning

Stendahls Bil vill utöka den nuvarande verksamheten som består av försäljning och reparation av personfordon och husbilar genom att bygga ut den nuvarande anläggningen i Lilla Edet åt väster. Kortaste avstånd mellan vägkant på E45 och planområdet är ca 21 m, se även *figur 2*. Mellan E45 och planområdet går påkörningsrampen från väg 167 som går norr om planområdet.



Figur 2. Områdets planerade indelning och läge i förhållande till E45.

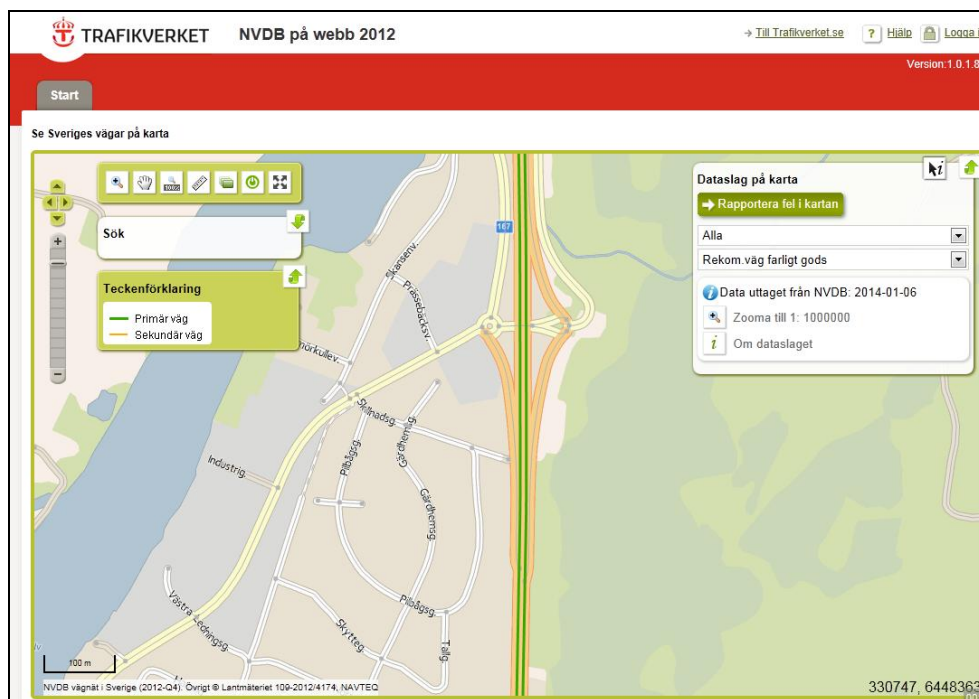
Persontäthet

På anläggningen arbetar uppskattningsvis 7 tekniker och 7 säljare. Teknikerna är på plats måndag till fredag mellan kl. 7 och kl. 16, säljarna är på plats mellan kl. 9 och kl. 18. Anläggningen håller öppet för kunder måndag till lördag mellan kl. 10 och kl. 18. I snitt besöks anläggningen av 10-15 kunder per dag, varje kund uppskattas

vara på plats under i genomsnitt en timme. Detta ger att det befinner sig ungefär 13 personer i snitt i anläggningen samtidigt.

3.2 Europaväg 45 och väg 167

E45 är rekommenderad transportled för farligt gods. Väg 167 är inte transportled för farligt gods, se *figur 3*.



Figur 3. Transportleder för farligt gods kring Stendahls Bil AB i Lilla Edet

I det fortsatta arbetet betraktas enbart transporter med farligt gods på E45.

Transporterade mängder

Uppgifter om mängden farligt gods som transporteras på E45 förbi planområdet och fördelningen på olika klasser har samlats in av Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB 2013). Uppgifterna är baserade på en undersökning som genomförts under en månad, september 2006, och anges med ett lägsta och högsta värde för antal ton som transporterats under månaden. Enligt MSB har det transporterats mellan 100 och 33 000 ton farligt gods på E45 under perioden.

Antalet transporter med farligt gods som årligen passerar planområdena kan beräknas ur detta genom multiplikation med en faktor 11 (istället för 12 för att ta

hänsyn till att färre transporter sker under sommaren och långhelger). Uppgifterna kan sedan räknas om till antalet fullastade transportfordon genom att anta 23 ton per transport (16 ton för explosiva ämnen i klass 1). Detta innebär att det bedöms ha skett mellan 50 och 16 000 transporter med farligt gods under 2006 längs området. Med en trafikökning på ca 36 % mellan 2006 och 2020 (Vägverket 2009) innebär detta upp till mellan 65 och 22 000 transporter för år 2020.

MSB:s uppgifter är mycket ungefärliga och en jämförelse görs därför med nationella uppgifter som innebär att andel transportarbete med farligt gods utgör ca 4,7 % av det totala transportarbetet med gods (SCB 2012).

Trafikverket anger att antalet godstransporter på E45 norr om Lilla Edet år 2010 uppgick till ca 890 per årsmedeldygn eller totalt cirka 325 000 godstransporter. Omräknat till år 2020 på samma sätt som ovan blir det årliga antalet transporter med farligt gods på E45 lika med cirka 19 000. Detta antal ligger inom intervallet som anges av MSB och används i de fortsatta beräkningarna.

Även när det gäller vilka klasser av farligt gods som transporteras på E45 görs en jämförelse mellan MSB:s uppgifter för september 2006 och den mera omfattande nationella statistiken som SCB/TRAFA redovisar, se *tabell 2*.

Tabell 2. Jämförelse mellan fördelningen av de olika farligt gods klasser på väg E45 (september 2006) och nationellt.

Klass	MSB E45, 2006	nationell statistik
1 Explosiva ämnen	0,2 %	0,5 %
2 Komprimerade gaser	13 %	14 %
3 Brandfarliga vätskor	35 %	65 %
4 Brandfarliga fasta ämnen	1,2 %	1,1 %
5 Oxiderande ämnen	1,0 %	3,8 %
6 Giftiga ämnen mm	0,2 %	0,3 %
8 Frätande ämnen	25 %	12 %
9 Övriga farliga ämnen	24 %	3,0 %
Totalt	100 %	100 %

Av klasserna ovan är det ämnen i 1, 2,3 och 5 som kan leda till olyckor med betydande konsekvenser för planområdet. Som synes finns det skillnaderna i fördelningen av vad som transporteras när det gäller klass 1 och klass 3. Klass 1 explosiva ämnen består bland annat av sprängämnen som transporteras i större utsträckning i norra Sverige beroende på gruvindustrin som är en storkonsument av dessa ämnen. Den lägre andelen som anges av MSM bedöms därför vara mera rättvisande.

För klass 3 antas den högre andelen i den nationella statistiken därför att ämnen i klass 3 bidrar till riskbilden på kortare avstånd från vägen. En konservativ bedömning anses vara befogat även om det totala transportarbetet i Sverige med ämnen i klass 3 har minskat från ca 1 400 Mtonkilometer år 2000 till ca 800 Mtonkilometer år 2012.

Sammantaget innebär detta att vi antar att transportererna av farligt gods år 2020 kommer att ske enligt *tabell 3*.

Tabell 3. Transporter av farligt gods som kan medföra betydande risker för planområdet år 2020

Klass	Andel av transporter av farligt gods	Antal transporter 2020
1 Explosiva ämnen	0,2 %	38
2 Komprimerade gaser	14 %	2 700
3 Brandfarliga vätskor	65 %	12 000
5 Oxiderande ämnen	3,8 %	720
Totalt ämnesklasser med betydande risk	83 %	15 800
Totalt alla ämnesklasser	100 %	19 000

Klass 1, 2, 3 och 5 omfattar var för sig ett stort antal olika ämnen med varierande farlighetsgrad. För att kunna genomföra en riskberäkning måste ämnen delas upp ytterligare vilket 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 anger den nationella statistiken att 23 % består av brandfarliga gaser och 0,2 % av giftiga gaser. Resten 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, konservativt räknat uppskattas detta till en tredjedel av den totala mängden.

Detta ger följande antal transporter i de kategorier som främst bedöms innebära risker för planområdet, se *tabell 4*.

Tabell 4. Farligt gods på E45 år 2020 som medför betydande risker för planområdet

Klass och ämnesgrupp	Antal transporter/år
1.1 Massexplosiva ämnen	4
2.1 Brandfarliga gaser	620
2.3 Giftiga gaser	4
3. Mycket brandfarliga vätskor	9 300
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	240

Sannolikhet för olyckor på E45

Sannolikheten för olyckor på E45 fås från Trafikverkets handbok "Nybyggnad och förbättring – Effektkatalog" (Vägverket 2008). Risken för olyckor på en fyrfältsväg med en högsta tillåten hastighet på 90 km/h anges till 0,09 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller 9×10^{-8} per fordonskilometer och år.

Andelen singelolyckor på den här typen av väg är ca 60 % (SRV 1996) vilket innebär att det vid 40 % av olyckorna är minst två fordon inblandade. Om vi bortser från olyckor med fler än 2 fordon inblandade, vilket inte påverkar resultatet nämnvärd, så är risken för att ett fordon blir inblandat i en olycka lika med $9 \times 10^{-8} \times (1+0,4) = 1,3 \times 10^{-7}$ (SRV 1996). Anläggningen håller öppet under $6 \times 8 = 48$ timmar per vecka (som har $7 \times 12 = 84$ timmar dagtid) vilket innebär att sannolikheten för en olycka under anläggningens öppettid är $48 / 84 \times 1,3 \times 10^{-7} = 7,2 \times 10^{-8}$.

I Osäkerhetsanalysen i *kapitel 6* behandlas konsekvenserna av en annan sannolikhet för olyckor.

4. Riskbedömning i den fysiska planeringen

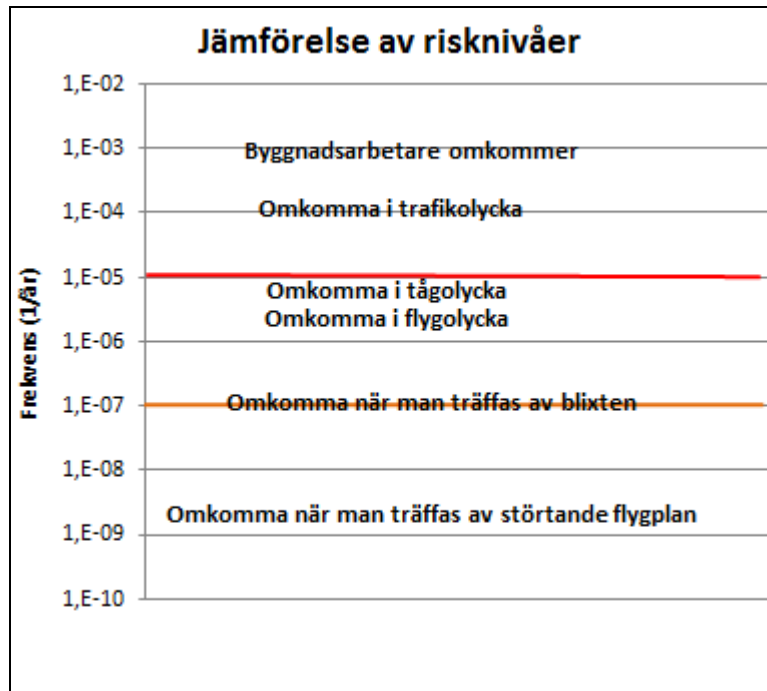
4.1 Vad är risker

Risker beror på att händelser kan inträffa som har oönskade konsekvenser. 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 på en gång på 1000 år. Sannolikheten för olyckor med farligt gods är oftast mycket lägre, exempelvis 0,000 001 per år eller en gång på 1 000 000 år (matematiskt kan detta uttryckas som 1×10^{-6} per år).

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

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



Figur 4. Exempel på olika risknivåer som finns i samhället. 1,E-02 betyder 1×10^{-2} eller en gång på 100 år. De röda och orangea sträckan är kriterier för bedömning av risknivåer och förklaras i *avsnitt 2.3.2*

Vid riskutredning för den fysiska planeringen skiljer man på individrisk och samhällsrisk. Individrisken är risken för en person att omkomma i en olycka när han/hon befinner sig på en specifik plats i närheten av en SK. 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 riskskällans 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.

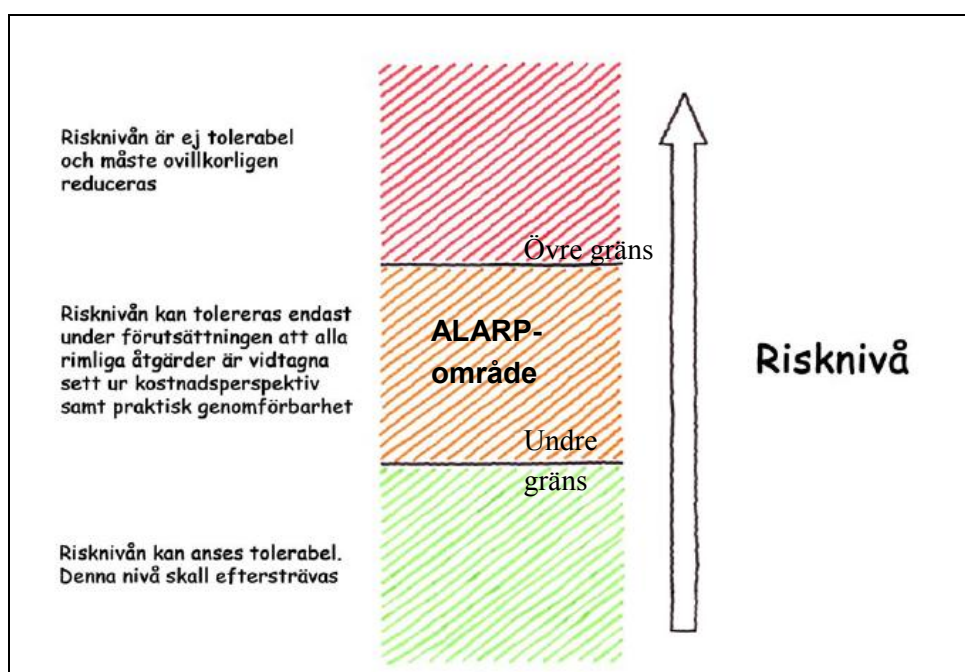
Samhällsrisk återges i ett FN-diagram där F står för frekvens och N för antalet omkomna. Det som anges är med vilken frekvens (F) olyckor med ett visst antal

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

4.2 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods

Kvantitativa kriterier för 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 5*. Om den övre gränsen överskrids bedöms att risknivån är så hög att den inte kan tolereras.



Figur 5. Risknivåer och gränserna mellan dem (Rtj Storgöteborg 2004).

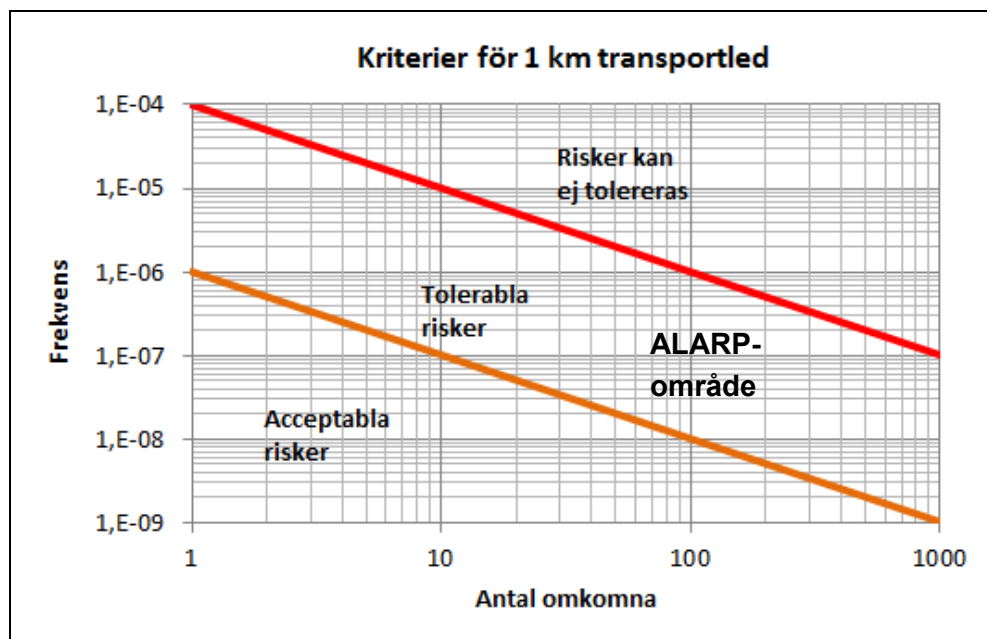
För individrisken ligger den övre gränsen på 1×10^{-5} per år (en gång på 100 000 år) och den undre på 1×10^{-7} per år (en gång på 10 000 000 år). Den undre gränsen ligger under risken att omkomma till följd av naturolyckor, vilket innebär att en sådan risknivå inte ger en signifikant påverkan på individens 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.

Kvantitativa kriterier för samhällsrisk

Även för samhällsrisk finns det kriterier i ovannämnda rapport. Kriterierna utgår från samhällsrisknivåer för ett område på båda sidor om en sträcka av 1 km längs transportleden för farligt gods, se *figur 6*.

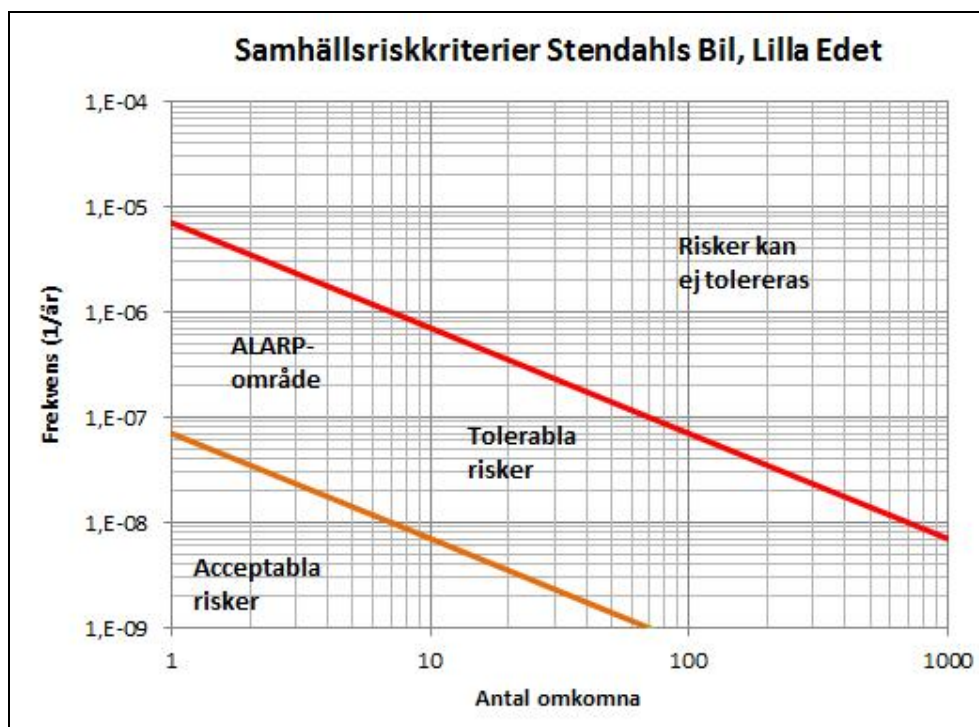


Figur 6 Riskkriterier för dubbelsidig bebyggelse längs 1 km transportled för farligt gods.

Kriterier i *figur 6* innebär till exempel att en olycka med högst en omkommen accepteras högst en gång på 1 000 000 år (orange 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.

Kriterierna ovan gäller för 1 km område längs transportleden. Kriterier för de aktuella planområdena beräknas utifrån områdets längd längs transportleden och att planområdet endast ligger på ena sidan av leden, se *figur 7*.



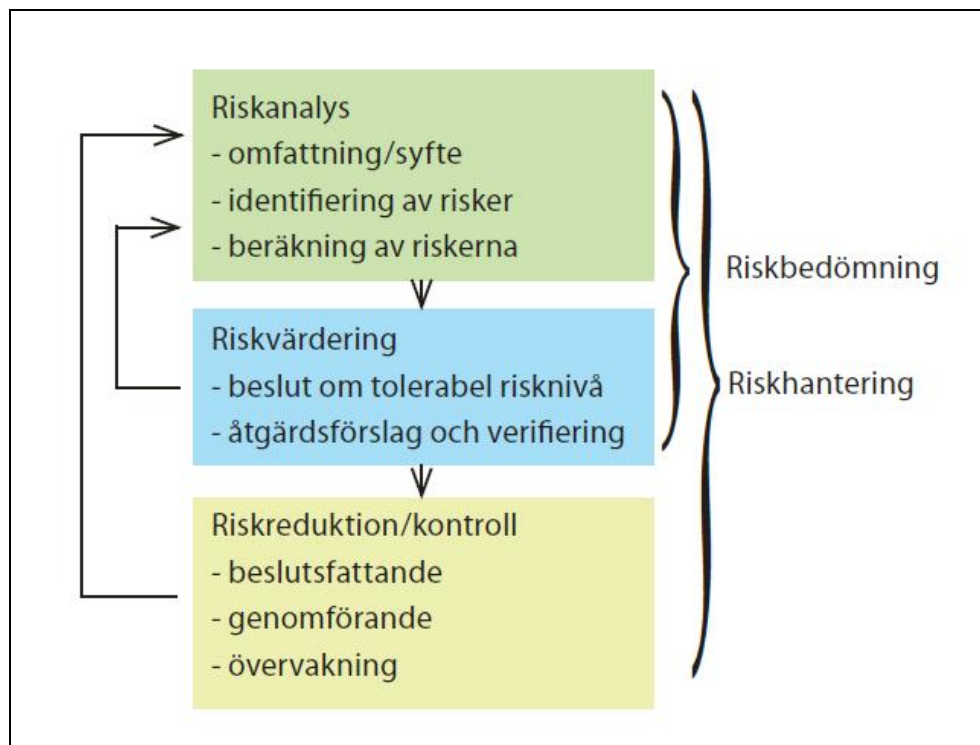
Figur 7. Riskkriterier omräknade för planområdet som sträcker sig ca 130 m längs E45.

4.3 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 detaljplanprocessen. 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 8* (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 8. 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.

4.4 ALARP-området

ALARP-området är området i riskkriterierna där riskerna är lägre än det som inte kan tolereras men högre än det som kan accepteras utan vidare. ALARP betyder As Low As Reasonably Practicable, på svenska betyder detta att risknivån skall göras så låg som är praktiskt möjligt med rimliga åtgärder när risknivån hamnar i detta område.

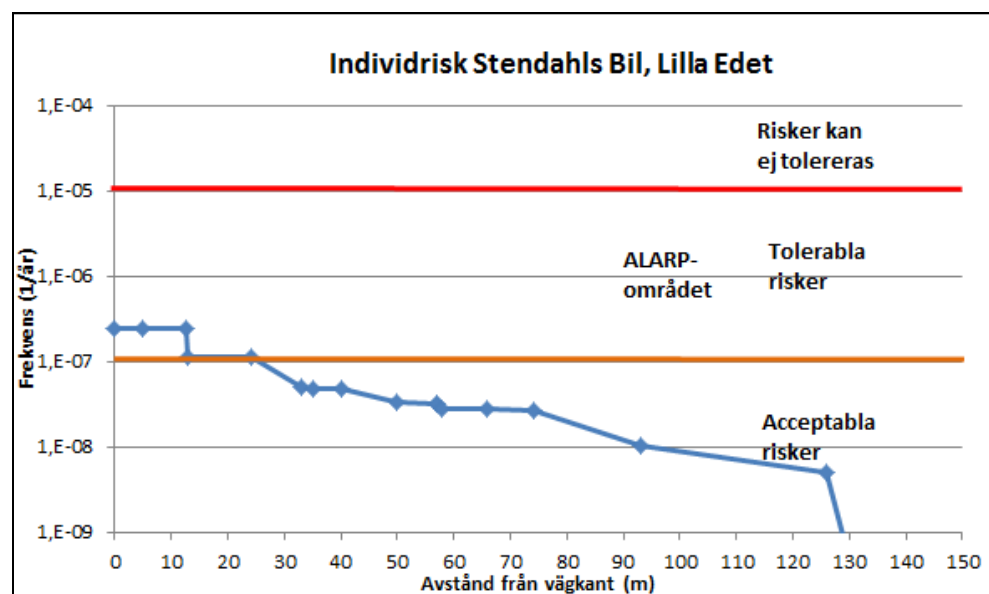
Området spänner över en faktor 100 i risknivåer, de lägsta nivåerna inom området är hundra gånger lägre än de högsta nivåerna. Området är så pass stort beroende på den osäkerhet som alltid finns i riskberäkningar. Ofta anses att osäkerheten i resultaten av en riskberäkning kan vara så högt som en faktor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

Kraven på skyddsåtgärder inom ALARP-området är att alla rimliga skyddsåtgärder, sett ur kostnadsperspektiv och praktiskt genomförbarhet, är vidtagna.

5 Resultat av riskberäkningarna

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

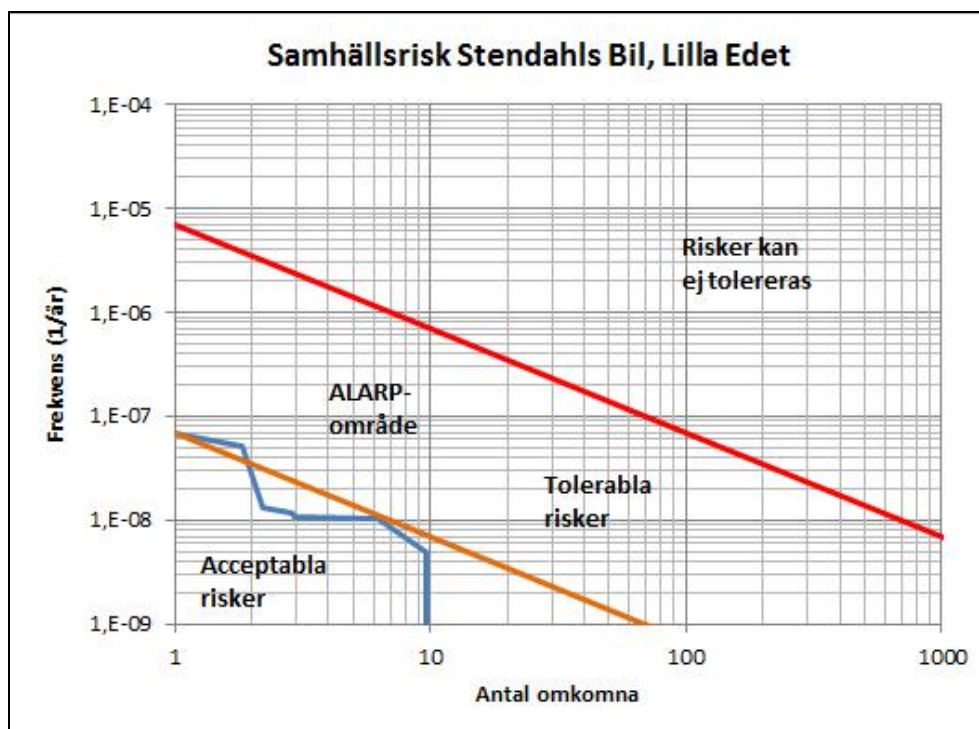
I *figur 9* redovisas individrisken i området från närheten till transportleden för farligt gods.



Figur 9. Individrisken är acceptabel på ca 25 m från vägen

Figur 9 visar att individrisken inom 25 m från vägen ligger på eller över gränsen mot ALARP-området. På längre avstånd är individrisken acceptabel.

I figur 10 redovisas samhällsrisk Stendahls Bil



Figur 10. Samhällsrisk för den planerade anläggningen överskrider gränsen mot ALARP-området något.

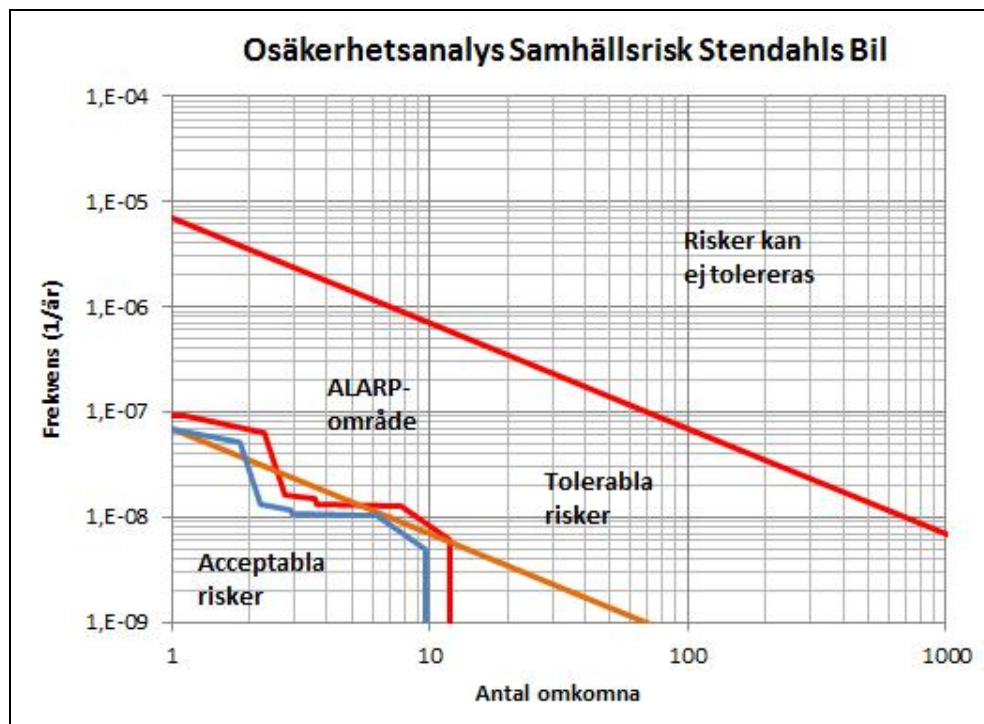
Av figur 10 framgår att samhällsrisk ligger delvis i ALARP-området.

Överskridandet är litet men det bör utredas vilka rimliga åtgärder som kan vidtas för att minska risknivån, se kapitel 4. Detta görs i kapitel 7.

6. Osäkerhetsanalys

Det finns alltid osäkra faktorer i beräkningar av risker i samband med transporter av farligt gods förbi områden där det vistas människor. Eftersom det handlar om en prognos för en framtida situation så är osäkerheten i vilka mängder farligt gods som kommer transporteras förbi området år 2020 av betydelse. Detta är också viktigt då redan uppgifterna om transporterade mängder i nuläget är ganska osäkra. För att hantera detta har mängderna farligt gods i de mest betydelsefull kategorierna valt på ett konservativt sätt, d.v.s. vi har utgått från väl tilltagna mängder farligt gods som sannolikt är högre än vad som kommer att transporteras i verkligheten. Ytterligare en källa till osäkerhet är att det inte helt går att förutspå hur många personer som kommer att vistas inom området.

För att kunna bedöma hur denna osäkerhet påverkar våra slutsatser och samtidigt säkerställa att vi inte underskattar själva olycksrisken har en beräkning genomförts för området där såväl sannolikheten för olyckor som antalet personer inom området har ökat med 25 %, se *figur 11*.



Figur 11 Osäkerhetsanalysen visar samhällsrisken om såväl antalet transporter som antalet personer inom området ökas med 25 % (röd linje) jämfört med vad som antagits tidigare (blå linje).

Figur 11 visar att samhällsriskerna ligger i ALARP-området på ett mera påfallande sätt vid en ökning av olycksrisken och antalet personer med 25 %.

7. Diskussion och slutsatser

Samhällsriskerna för Lilla Edet 1:17 m.fl. ligger något inom området där ytterligare åtgärder bör utredas (ALARP-område, *se avsnitt 4.4*). Individriskerna i området är acceptabelt från 25 m avstånd från vägen utan vidare åtgärder.

Överskridandet av gränsen för acceptabla risker – mest i osäkerhetsanalysen – beror på flera tänkbara olycksförlopp som främst orsakas av olyckor med utsläpp av brandfarliga gaser (se även *bilagan*).

I det här fallet är största delen av anläggningen befintlig, nybyggnationen kommer att ske inom den delen av planområdet som ligger längst från vägen. För att åtgärderna skall vara praktiskt och ekonomiskt rimliga så bör de dock i första hand kunna genomföras på den nya bebyggelsen.

Skyddsåtgärder som då kan vara aktuella är:

- Friskluftsintaget skall placeras så långt från vägen som praktiskt möjligt. Detta minskar risken att farliga gaser eller brandrök kommer in i anläggningen ifall det sker en olycka på vägen.
- Utrymning skall vara möjligt från den sidan av byggnaden som inte vetter mot vägen. Åtgärden möjliggör evakuering bort från riskkällan vid en olycka på vägen.

Om dessa åtgärder genomförs så bedöms risksituationen inom planområdet vara tillfredställande.

Norconsult AB
Väg och Bana/Trafik

Herman Heijmans
herman.heijmans@norconsult.com

8. Referenser

Lst 2006	Riskhantering i detaljplaneprocessen, Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län, september 2006
MSB 2013	MSB:s databas över transporter av farligt gods 2006, www.msb.se
PGS1 2005	Methode voor het bepalen van mogelijke schade, PGS1, Dutch Organization for Applied Scientific Research under supervision of the Committee for the Prevention of Disasters, 2005.
Rtj Storgöteborg 2004	Riktlinjer för riskbedömningar, Räddningstjänst Storgöteborg 2004
SCB 2012	Inrikes godstransporter med svenska lastbilar fördelat på ADR/ADR-S klassificering, 2011, www.scb.se
SRV 1996	Farligt gods – Riskbedömning vid transport, Räddningsverket 1996
SRV 1997	Värdering av risk; FoU rapport, Räddningsverket 1997
VROM 2005	Guidelines for quantitative risk assessment, PGS 3; The Netherlands Ministry of Spatial Planning, Housing and the Environment and Ministry of Transport, Public Works and Water Management, the Hague, the Netherlands, 2005
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 väg

Innehåll

1. Inledning	2
1.1 Beräkningsmetod	2
1.1.1 Inledning	2
1.1.2 Sannolikhetsberäkning	2
1.1.3 Konsekvenser	4
1.2 Ingångsdata till scenarieberäkningar	5
2. Aktuella scenarierna	8
2.1. Scenarier med sprängämnen, klass 1.1	8
2.1.1 Sannolikheter	8
2.1.2 Konsekvenser	9
2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1	16
2.2.1 Scenario Jetflamma	16
2.2.2 Scenario Gasbrand vid momentant utsläpp, Gasbrand M ...	18
2.2.3 Scenario Gasbrand vid kontinuerligt utsläpp, Gasbrand KT och KL	18
2.2.4 Scenario Gasexplosion vid momentant utsläpp, Gasexplosion M	19
2.2.5 Scenario Gasexplosion vid kontinuerligt utsläpp, Gasexplosion KT och KL	20
2.2.6 Scenario BLEVE	21
2.3 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3	21
2.3.1 Scenario Gasmoln M	22
2.3.2 Scenario Gasmoln K	23
2.4. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1	24
2.4.1 Scenarier Pölbrand S och M	24
2.5. Scenarier med oxiderande ämnen, klass 5.1	26
2.5.1 Scenario Explosion S och M	26
3. Beräkningsresultat	29
4. Referenser	31

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 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.

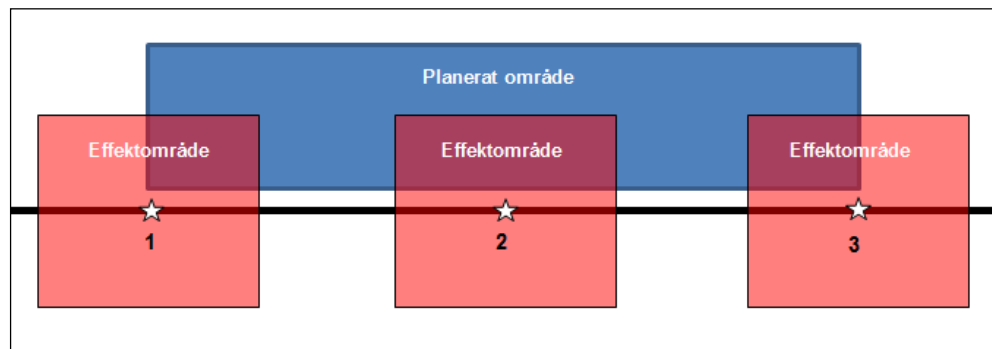
Sannolikheter och effektområdets storlek har, för klass 2.1, klass 2.2 och klass 3 tagits från den nederländska beräkningsmetoden RBMII som är en av den nederländska staten godkänd metod för riskberäkning vid transport av farligt gods utifrån de modeller som presenteras i den s.k. Gula Boken (PGS2 2005)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

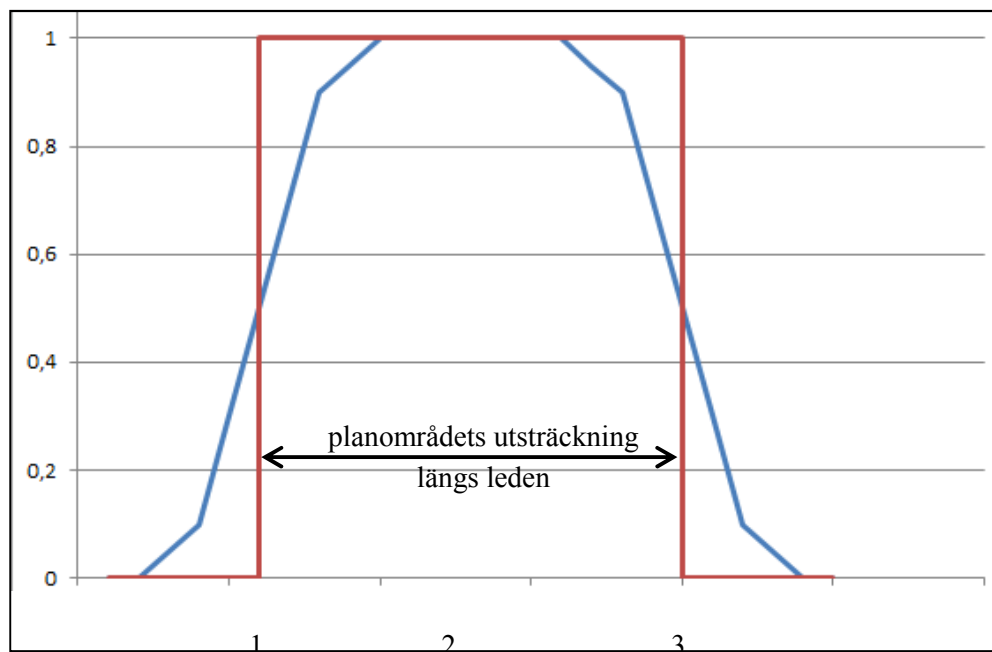
Antal transporter med de olika klasser farligt gods ger sedan antalet olyckor med transporter av de olika klasser farligt gods per kilometer. Beräkningsresultaten för dessa olyckor finns i *figur 4*. Att sannolikheten beräknas per kilometer beror på att vägsträckan som skall användas i sannolikhetsberäkningar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

För samhällsrisk 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..

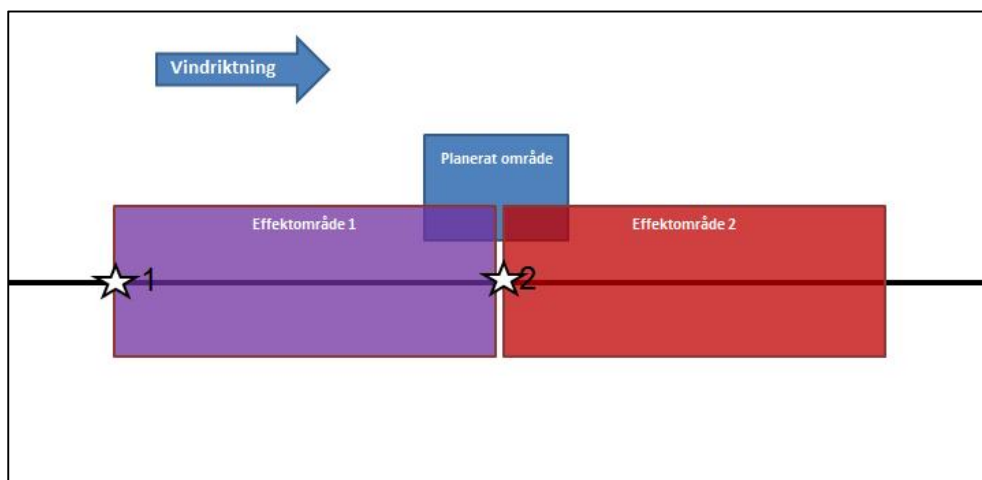
Tre lägen för olyckor visas. I läge 1 drabbas området av halva effekten, i läge 2 av hela effekten och läge 3 åter av halva effekten. Till vänster om läge 1 och till höger om läge 3 drabbas området av mindre än halva effekten. Detta förenklas till att området drabbas av hela effekten (som i olycksplats 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 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.

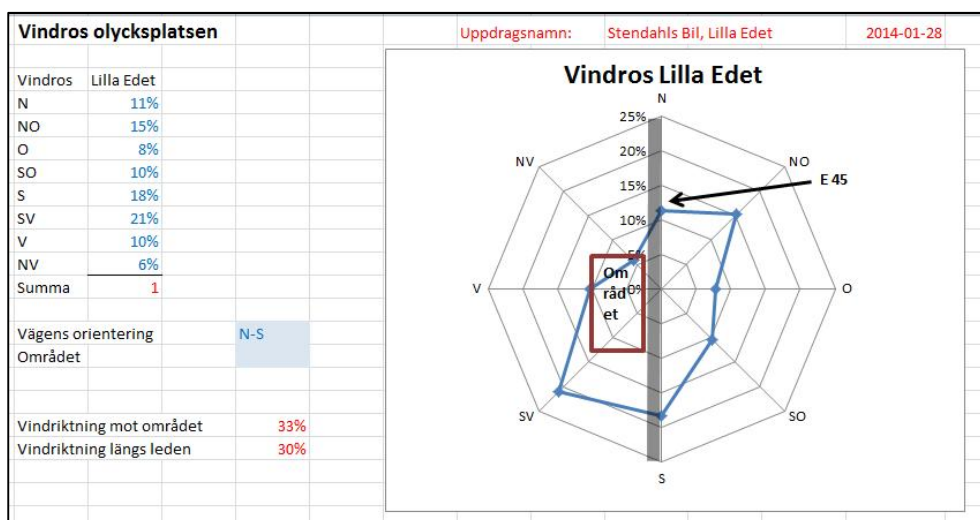
1.2 Ingångsdata till scenarieberäkningar

Resultaten av beräkningen av olycksrisk per kilometer för de olika klasser farligt gods framgår av *figur 4*. Där framgår också beräkningarna av persontäthet inom området. Eftersom före detta Textilmuseet befinner sig mellan den planerade bebyggelsen och väg E40 så befinner sig inga personer inom planområdet i första raden bebyggelse närmast vägen.

Ingångsdata		Uppdragsnamn: Stendahls Bil, Lilla Edet		2013-12-18
Olycksrisk				
Risk för olycka	9,0E-08	1/fordonskm, år		
Andel singelolyckor	0,60			
Olycksrisk fordon	7,2E-08	1/km, år		
Område enl nedan	1	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	
Generisk	4	0,043	0,093	
Sannolikhet utströmning olika klasser				
	antal transporter	risk olycka/km,år	risk>100 kg	olycksrisk/km,år
Klass 1, massexplosiv	4	2,9E-07	1	2,9E-07
Klass 2.1	622	4,5E-05	0,052	2,3E-06
Klass 2.3	4	2,9E-07	0,052	1,5E-08
Klass 3, bensin	9236	6,6E-04	0,101	6,7E-05
Klass 5.1, explosionsrisk	238	1,7E-05	0,101	1,7E-06
Områdesinfo				
	Inne	Ute		
Befolkningstäthet	8,8E-04	4,3E-05		
Områdets storlek				
	Inne	Ute		
Planområdets avstånd le	30	28	m	
Planområdets bredd	130	150	m	
Planområdets längd	106	140	m	
Antal personer total	13			
Andel närv dagtid	100%			
Antal personer dagtid	13			
	Inne	Ute		
Andel i %	93%	7%		
Antal personer	12	1		
Antal personer första raden totalt	13			
Andel närv dagtid	100%			
Antal personer dagtid	13			
	Inne	Ute		
Andel i %	93%	7%		
Antal personer	12	1		

Figur 4. Ingångsvärden för riskberäkningarna.

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 Borås med beräkning av vindriktningar mot respektive längs olycksplatsen.

För beräkningar av effekterna av explosioner har effektområden anpassats för att ta hänsyn till att planområdet skyddas av fd Textilmuseets byggnad som ligger mellan planområdet och Väg E40. Andelen omkomna inom planområdet har halverats jämfört med en situation utan detta skydd.

Detta beskrivs även i *kapitel 5* i rapporten. I den redovisning av beräkningsresultaten som finns i kapitel 3 i bilagan anges de effektområden som används i beräkningarna.

2. Scenarier

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.

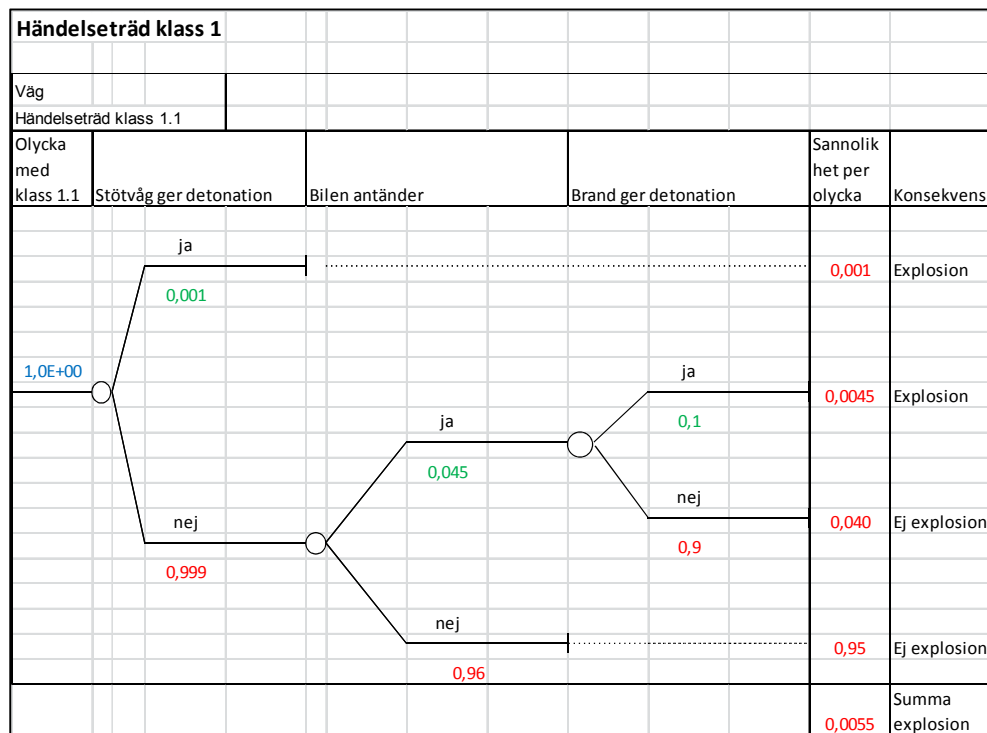
Sammantaget bedöms det att sannolikheten för detonation på grund av stöt vid en olycka med emulsionssprängämnen ligger under 0,1 %. Detta värde kommer att användas vid sannolikhetsberäkningarna.

Sannolikhet för detonation på grund av brand

Sannolikheten för att en olycka leder till en fordonsbrand beräknas utifrån statistik från USA eftersom 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 utgås från en explosion av 16 ton TNT. Mängden sätts till 16 ton då detta är den maximalt tillåtna mängden som får transporteras i en vägtransport. Att välja TNT görs för att inte underskatta explosionsstyrka, ämnet

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

Explosionens övertryck och impuls har beräknats nedan. Både 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.

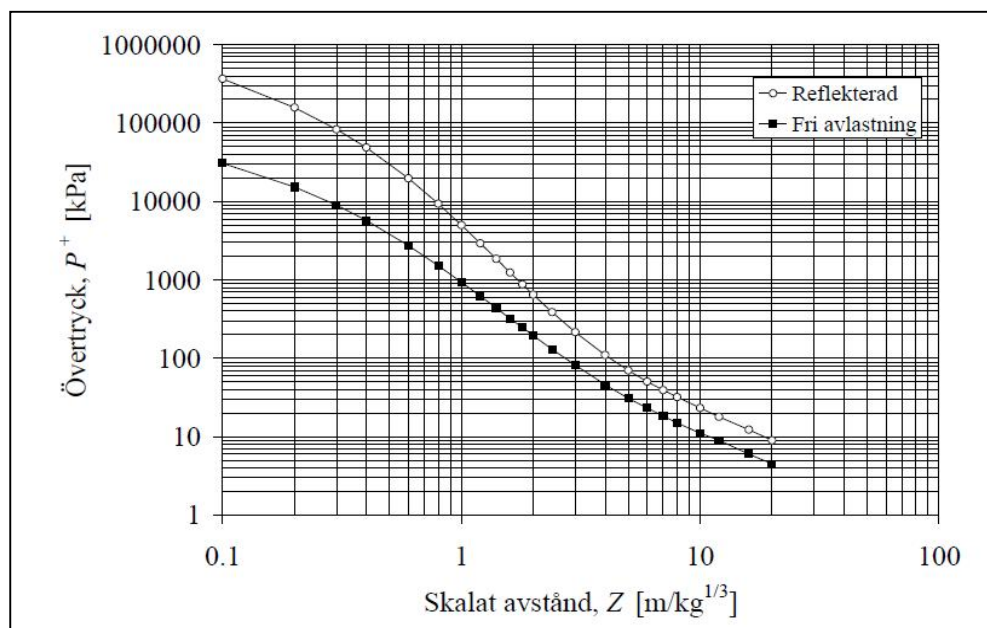
Z är det skalade avståndet enligt nedan

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

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).

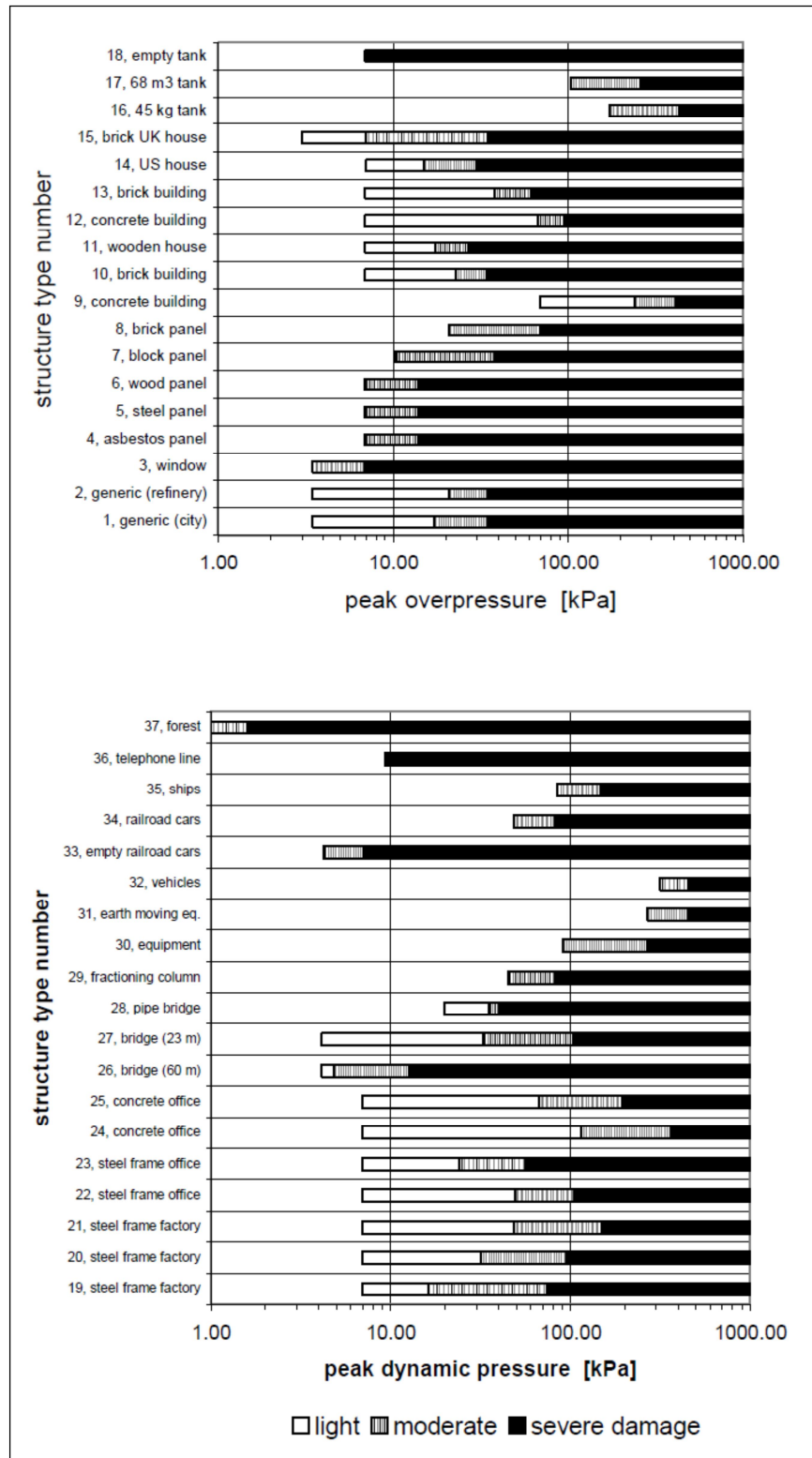
Resultaten visas i *tabell 1*.

Tabell 1. Reflekterat och oreflekterat tryck och impultstäthet som funktion av avståndet till explosionscentrum.

M (kg)		1500	3000	16000
$M^{1/3}$ (kg ^{1/3})		11.4	14.4	25,2
Z	p^+			
m/kg ^{1/3}	kPa	avstånd	avstånd	avstånd
1	900	11	14	25
2	200	23	29	50
2.5	120	29	36	63
3	80	34	43	75
4	45	46	58	100
5	33	57	72	125
5.2	30	60	75	130
6	23	69	87	150
6.9	20	79	100	175
7.9	15	90	114	200

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 8 och 9*. Detta tryck uppnås enligt *tabell 1* ungefär 125 m från platsen för explosionen om inga betydande hinder finns för tryckvågens spridning i form av mellanliggande hus mm.



Figur 8 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 9. 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 bebyggelsen 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

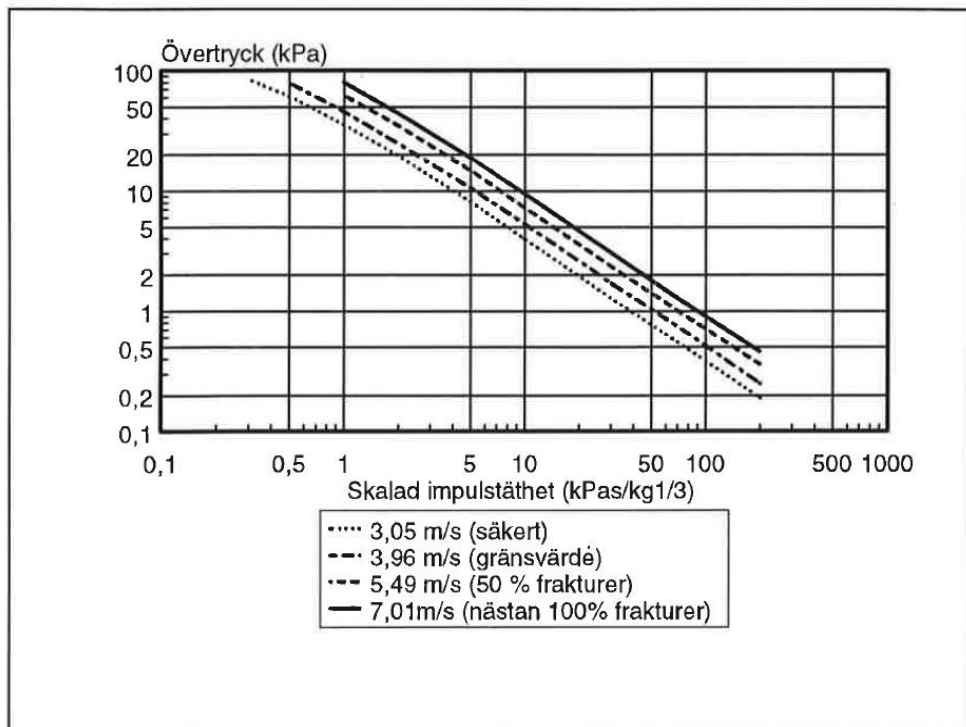
Direkta skador pga. tryck

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



Figur 10. 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 evakuera personer från området. Praktiska erfarenheter från olyckor med sprängämnen visar att evakueringen ofta har kunnat genomföras och lett till en reduktion av antalet omkomna.

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

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.

Inom områden som skyddas av byggnader från explosionen antas inga personer omkomma

Samhällsrisk

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

För husen som ligger skyddade av andra byggnader antas inga personer omkomma, varken inomhus eller utomhus.

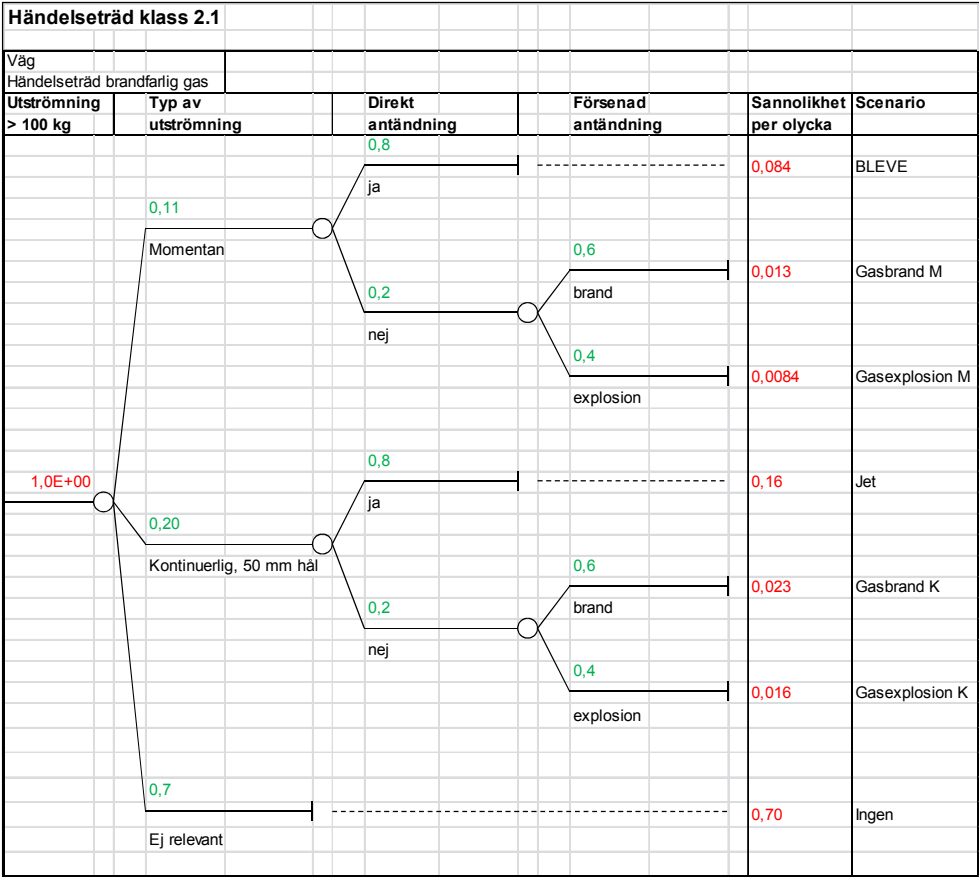
2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1

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 11*, framgår att sannolikheten för scenario Jetflamma vid en olycka med brandfarlig gas med betydande utströmning är lika med 0,16.



Figur 11 Händelsesträd 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, 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 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 9* och är lika med 0,013.

Individerisk

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, Gasbrand KT och KL

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 11* och är lika med 0,023 vid en olycka med utsläpp av brandfarlig gas.

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

Individrisk

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

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

Samhällsrisk

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

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

2.2.4 Scenario Gasexplosion vid momentant utsläpp, 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 generellt 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 11* och är lika med 0,0084 vid en olycka med utsläpp av brandfarlig gas.

Individrisk

I scenario Gasexplosion M omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 252 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 126 m från leden. På grund av att planområdet ligger skyddat bakom fd. Textilmuseet halveras risken att omkomma till 50 % vid en olycka som leder till detta scenario.

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. På grund av att planområdet ligger skyddat bakom fd. Textilmuseet halveras andelen omkomna vid en olycka som leder till detta scenario.

2.2.5 Scenario Gasexplosion vid kontinuerligt 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 66x66 m. Sannolikheten för detta är enligt händelseträdet i *figur 11* 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. På grund av att planområdet ligger skyddat bakom fd. Textilmuseet halveras risken att omkomma till 50 % vid en olycka som leder till detta scenario.

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. På grund av att planområdet ligger skyddat bakom fd. Textilmuseet halveras andelen omkomna vid en olycka som leder till detta scenario.

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 9* 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 12* nedan.

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

Figur 12. 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 12* 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 11* 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*.

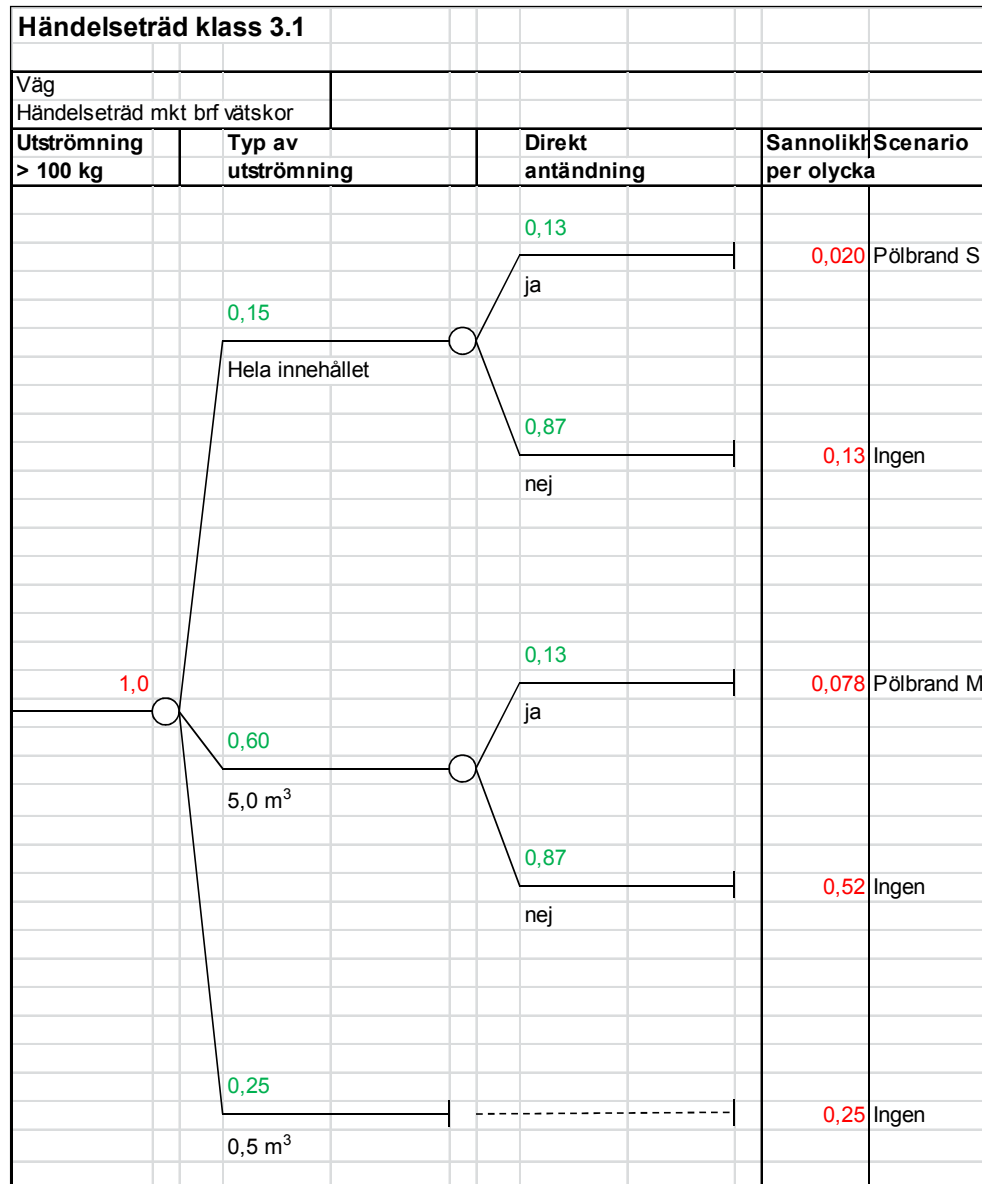
Händelseträdet för scenarier med mycket brandfarliga vätskor framgår i *figur 12* nedan.

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 13* nedan.



Figur 13 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 14* nedan.

2.5.1 Scenario Explosion S och M

Två scenarier finns beroende på storleken på utsläppet av det oxiderande ämnet. Ett stort utsläpp av oxiderande ämnen ger scenario Explosion S, ett något mindre utsläpp ger scenario Explosion M.

Olika ämnen i klass 5.1 kan komma att transporteras. I detta scenario har vi utgått från att transporterarna sker som ammoniumnitrat som vid blandning med dieselolja kan leda till en explosion. Dieselolja kommer från transportfordonets drivmedel vilket kan uppgå till ca 400 kg. En explosiv blandning av oxiderande ämnen och dieselolja innehåller ca 13 % olja. Detta innebär att man kan få maximalt $400/0,13 = 3080$ kg explosiv blandning, vilket motsvarar ca 3 ton TNT (Göteborg 1997), detta är scenario Explosion S.

Detta överskattar sannolikt explosionens kraft då den blandning som kommer att ske om båda ämnen rinner ut vid en olycka inte räcker för att åstadkomma ett effektivt sprängämne vilket kräver en ganska exakt blandning av dessa ämnen.

Vid ett mindre utsläpp av det oxiderande ämnet, Explosion M, antas en explosiv blandning uppstå motsvarande ca 1,5 ton TNT.

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

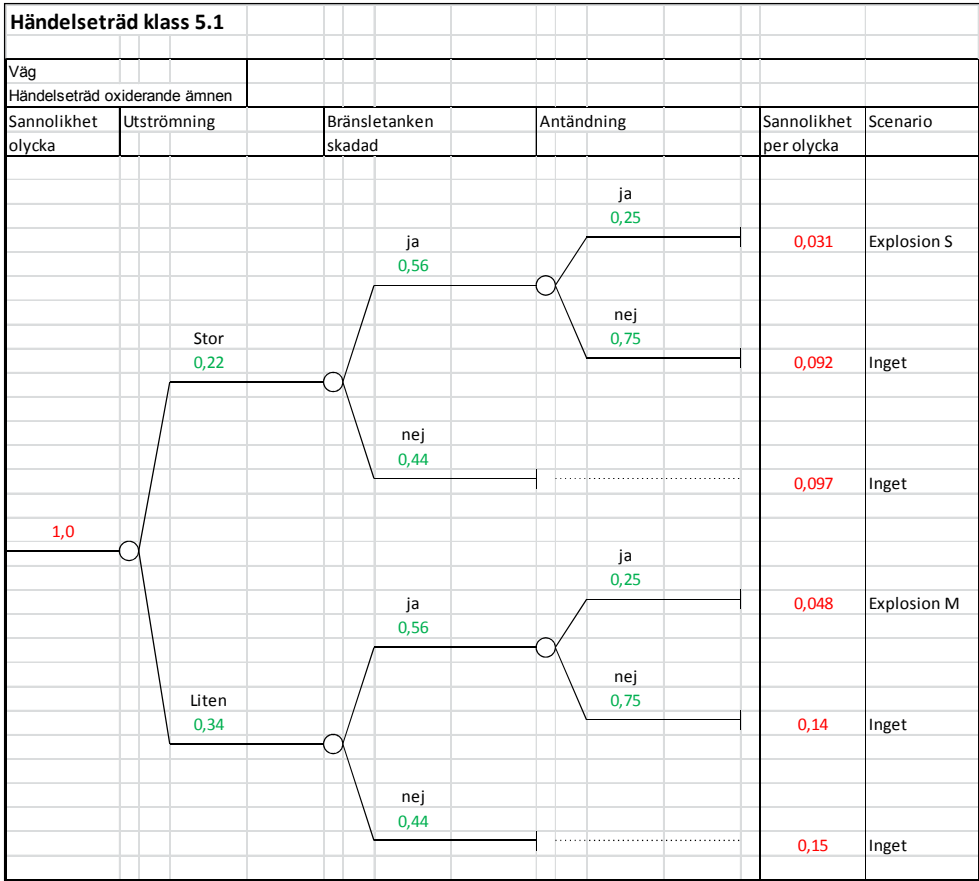
Sannolikhet

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 14 nedan. Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankbilar.



Figur 14 Händelseträd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion.

Konsekvenser

Konsekvenserna av dessa explosioner, har redan beräknats i *avsnitt 2.1.2, se tabell*

3. Resultaten sammanfattas i nästa avsnitt.

3. Beräkningsresultat

I tabell 2 presenteras resultaten av riskberäkningarna som presenteras grafiskt i kapitel 5 i rapporten.

Tabell 2. Riskberäkningar i kapitel 5 i rapporten

Sammanställning av beräkningsresultat														Uppdragsnamn:	Stendahls Bil, Lilla Edet	2014-01-28
				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	Omkomna			
1.	2,9E-07	Massexplosion	1,6E-09	253	60	0,17	1,00	-	-	-	-	4,0E-10	2,9			
2.1	2,3E-06	Jet	3,6E-07	45	74	1,00	1,00	66	80	0,00	0,07	3,9E-08	1,8			
		Gasbrand M	2,9E-08	185	93	1,00	1,00	-	-	-	-	5,4E-09	6,3			
		Gasbrand KT	1,8E-08	10	50	1,00	1,00	-	-	-	-	1,9E-09	0,2			
		Gasbrand KL	1,6E-08	50	5	1,00	1,00	-	-	-	-	1,7E-09	0,0			
		Gasexplosion M	2,0E-08	252	126	1,00	1,00	-	-	-	-	4,9E-09	9,6			
		Gasexplosion KT	1,2E-08	66	66	1,00	1,00	-	-	-	-	1,3E-09	2,2			
		Gasexplosion KL	1,1E-08	66	33	1,00	1,00	-	-	-	-	1,1E-09	0,2			
		Bleve	2,0E-07	80	40	1,00	1,00	110	55	0,00	0,07	2,1E-08	0,9			
2.3	1,5E-08	Gasmoln M	2,2E-10	70	35	0,10	1,00	120	60	0,03	0,30	2,4E-11	0,2			
		Gasmoln KT	9,7E-10	25	135	0,10	1,00	75	220	0,03	0,30	1,0E-10	0,6			
		Gasmoln KL	8,6E-10	135	13	0,10	1,00	220	38	0,03	0,30	1,2E-10	0,0			
3	6,7E-05	Pölbrand S	1,3E-06	48	24	1,00	1,00	-	-	-	-	1,4E-07	0,0			
		Pölbrand M	5,2E-06	25	13	1,00	1,00	33	17	0,00	0,04	5,6E-07	0,0			
5.1	1,7E-06	Explosion L	8,8E-09	131	60	0,17	1,00	-	-	-	-	1,1E-09	2,9			
		Explosion M	3,5E-08	97	57	0,17	1,00	-	-	-	-	3,7E-09	0,2			

I tabell 3 presenteras resultaten av osäkerhetsberäkningarna, se kapitel 6.

Tabell 3. Riskberäkningar avs. osäkerhet om antal personer och transporter

Sammanställning av beräkningsresultat												2014-01-28	
				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-komna
1.	3,6E-07	Massexplosion	2E-09	253	60	0,17	1,00	-	-	-	-	5,0E-10	3,7
2.1	2,9E-06	Jet	4,5E-07	45	74	1,00	1,00	66	80	0,00	0,07	4,8E-08	2,3
		Gasbrand M	3,7E-08	185	93	1,00	1,00	-	-	-	-	6,8E-09	7,8
		Gasbrand KT	2,3E-08	10	50	1,00	1,00	-	-	-	-	2,4E-09	0,2
		Gasbrand KL	2,0E-08	50	5	1,00	1,00	-	-	-	-	2,1E-09	0,0
		Gasexplosion M	2,4E-08	252	126	1,00	1,00	-	-	-	-	6,2E-09	12,0
		Gasexplosion KT	1,5E-08	66	66	1,00	1,00	-	-	-	-	1,6E-09	2,7
		Gasexplosion KL	1,3E-08	66	33	1,00	1,00	-	-	-	-	1,4E-09	0,2
		Bleve	2,4E-07	80	40	1,00	1,00	110	55	0,00	0,07	2,6E-08	1,1
2.3	1,9E-08	Gasmoln M	2,8E-10	70	35	0,10	1,00	120	60	0,03	0,30	3,0E-11	0,2
		Gasmoln KT	1,2E-09	25	135	0,10	1,00	75	220	0,03	0,30	1,3E-10	0,8
		Gasmoln KL	1,1E-09	135	13	0,10	1,00	220	38	0,03	0,30	1,5E-10	0,1
3	8,4E-05	Pölbrand S	1,6E-06	48	24	1,00	1,00	-	-	-	-	1,7E-07	0,0
		Pölbrand M	6,5E-06	25	13	1,00	1,00	33	17	0,00	0,04	6,9E-07	0,0
5.1	2,2E-06	Explosion L	1,1E-08	131	60	0,17	1,00	-	-	-	-	1,4E-09	3,6
		Explosion M	4,4E-08	97	57	0,17	1,00	-	-	-	-	4,6E-09	0,2

4. Referenser

EAI 1997	High explosive assessment model, 5th industrial version in SI units, Engineering Analysis Inc. 1997
ERM 2008	SAFEX-paper Guangzhou-Shenzhen-Hong Kong Express Rail Link: An overview of the explosives aspects in a quantitative risk analysis for the road transport of cartridged emulsion explosives and accessories through a densely populated area. ERM-Hong Kong Ltd, 2008
FEMA 2008	Highway Vehicle Fires, Topic Fire Report Series Volume 9, Issue 1, FEMA September 2008
FOA 1997	Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, Försvarets Forskningsanstalt, september 1997
FOA 2000	Explosivämneskunskap, Institutionen för energetiska material, Försvarets Forskningsanstalt 2000
Göteborg 1997	Översiktsplan för Göteborg, fördjupad för sektorn Transporter av farligt gods, bilaga 2, Göteborg 1997.
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



Norconsult AB

Theres Svensson gata 11

Box 8774, 402 76 Göteborg

031 – 50 70 00, fax 031-50 70 10

www.norconsult.se