

RAPPORT

Riskbedömning transporter av farligt gods Kv. Telegrafen

2007-09-24

Upprättad av: Lars Antonsson

Granskad av: Göran Nygren

Godkänd av: Lars Antonsson



RAPPORT

Riskbedömning transporter av farligt gods Kv. Telegrafen

Kund

Att: Jan Ullberg
U & P i Nynäshamn AB
Fiskargränd 8
149 30 Nynäshamn

Konsult

WSP Brand- och Riskteknik
Box 92093
SE-120 07 Stockholm
Besök: Lumaparksvägen 7
Tel: +46 8 688 60 00
Fax: +46 8 644 39 56
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
www.wspgroup.se

Sammanfattning

Denna riskbedömning avseende transporter av farligt gods utgör en fördjupning och komplettering av rapporten "Övergripande riskbedömning – Kv. Telegrafan". Rapporterna, vilka skall läsas parallellt, utgör underlag till miljökonsekvensbeskrivningen avseende del av Telegrafan, "Nynäshamns Business Park".

Den planerade exploateringen innebär att de av Länsstyrelsen föreslagna skyddsavstånden mellan ny bebyggelse och transportled för farligt gods underskrids. Därmed krävs att riskanalys utförs.

Riskbedömningen innehåller en strukturerad och systematisk analys av de risker med transporter som indirekt, genom att skada byggnader, eller direkt kan påverka personers säkerhet. Analysen omfattar kvantifiering av frekvens och konsekvens för de risker som identifieras i området samt värdering av riskerna mot givna riskkriterier. I analysen används de sk "DNV-kriterierna" vid riskvärderingen.

Det kan konstateras att riskexponeringen i området till följd av farligt godstransporter i allmänhet är låg samt endast omfattar närområdet (ca 15-20 m) till Rv 73. Riskerna bör således ges låg vikt vid utformning av området. Riskerna inom riskområdet värderas som tolerabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Kraven på riskreduktion är inte särskilt hårda, men möjliga åtgärder till riskreduktion skall beaktas.

WSP anser inte att riskbilden är av sådan karaktär att krav på åtgärder kan ställas på befintliga byggnader (avser Detaljplan 1) som fortsättningsvis nyttjas för verksamheter som täcks in av Länsstyrelsens "Zon A" och Zon B", dvs parkering, trafik, bilservice, industri, kontor, lager, sällanköpshandel etc. WSP anser inte heller att riskbilden är sådan att krav på (kostsamma och/eller orimliga) åtgärder kan ställas på nya byggnader.

WSP anser att följande riskreducerande åtgärder skall införas som del i att hantera riskerna för farligt godsolyckor. Det bör observeras att alla riskreducerande åtgärder inte är lämpliga eller ens möjliga att reglera i detaljplan. Genomförandet av sådana åtgärder regleras istället via avtal.

Vägarnas utformning

Aktuella vägavsnitt inom och i anslutning till programområdet skall ha en fullgod utformning vad avser att minimera antalet olyckor.

Utformning mellan Rv 73 och bebyggelse.


Området mellan Rv 73 och bebyggelse utformas så att den ej uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

Byggnadernas/verksamheternas placering

WSP anser att (nya) byggnader ska placeras på ett skyddsavstånd på minst 15 meter (mätt från väggkant), detta avser i synnerhet verksamheter som placeras i kategori C enligt Länsstyrelsen. WSP anser att nybyggnation i närområdet till korsningarna Rv 73/Mysingsvägen och Rv 73/Raffinaderivägen särskilt skall undvikas. Med detta skyddsavstånd anser WSP inte att andra krav kan ställas på byggnadernas utformning (se nedan).

Avskärmande barriärer

Den befintliga höjdskillnaden mellan Rv 73 och planområdet anses i sig vara en fullgod barriär. Kompletterande barriär kan i övrigt bestå av exempelvis:

- 
- Mur
 - Vall
 - Vegetation
 - Plantage
 - Plank

Riskreducerande barriärer kan med fördel samordnas med eventuellt skydd mot buller.

Entréer och utrymningsvägar

Placering av entréer och utrymningsvägar ska ske så att trygg och säker utrymning av byggnader kan ske i händelse av olycka på Rv 73.

Utformning av byggnad

Fasader till nya byggnader som placeras inom ca 15 m skall utföras i obrännbart material. Eventuella fönster i fasad till nya byggnader som placeras inom ca 15 m skall utföras med brandskyddsklassade glas (icke öppningsbara) där detta krav inte är orimligt med hänsyn till verksamheten.

WSP anser inte riskbilden vara sådan att krav på byggnadernas disposition, dvs placering av lokaler eller uppförande av balkonger, skall ställas. Detta gäller oavsett byggnadernas/verksamheternas placering.



Innehållsförteckning

1	INLEDNING	6
1.1	BAKGRUND	6
1.2	SYFTE.....	6
1.3	INNEHÅLL OCH GENOMFÖRANDE.....	6
1.4	KVALITET	6
1.5	AVGRÄNSNINGAR	6
2	TRANSPORTER AV FARLIGT GODS	7
2.1	ALLMÄNT.....	7
2.2	IDENTIFIERADE TRANSPORTER	7
2.3	SKATTAT ANTAL FARLIGT GODSTRANSPORTER FÖR BERÄKNING.....	10
3	RISKANALYSMETODIK	11
3.1	METOD OCH RISKMÅTT	11
3.2	METODENS BEGRÄNSNINGAR.....	12
3.3	OMFATTNING AV RISKHANTERING I PROJEKTET	12
4	RESULTAT OCH RISKVÄRDERING	16
4.1	INDIVIDRISK.....	16
4.2	SAMHÄLLSRISK	17
4.3	KÄNSLIGHETSANALYS	17
4.4	HANTERING AV OSÄKERHETER.....	17
5	SLUTSATSER OCH FÖRSLAG PÅ ÅTGÄRDER	19
5.1	SLUTSATSER OCH DISKUSSION	19
5.2	FÖRSLAG PÅ ÅTGÄRDER	19
	BILAGA A – FREKVENSBERÄKNINGAR	21
A.1	TRAFIKOLYCKA.....	21
A.2	TRAFIKOLYCKA MED TRANSPORT AV FARLIGT GODS	21
	BILAGA B – KONSEKVENSBERÄKNINGAR	26
B.1	EXPLOSIVA ÄMNER	26
B.2	GASER.....	26
B.3	BRANDFARLIGA VÄTSKOR.....	26
	BILAGA C – STRÅLNINGSBERÄKNINGAR	28
C.1	BERÄKNINGSMETODIK	28
C.2	BERÄKNINGAR OCH RESULTAT.....	31
	BILAGA D – RISKBERÄKNINGAR	33
	REFERENSER	34



1 Inledning

Detta avsnitt syftar till att ge en översiktlig bild av riskbedömningen som presenteras i denna rapport. Uppdraget utförs av WSP Brand- och Riskteknik på uppdrag av U & P i Nynäshamn AB.

1.1 Bakgrund

Denna riskbedömning avseende transporter av farligt gods utgör en fördjupning och komplettering av rapporten ”Övergripande riskbedömning – Kv. Telegrafan”¹.

Den planerade exploateringen innebär att de av Länsstyrelsen föreslagna skyddsavstånden mellan ny bebyggelse och transportled för farligt gods underskrids. Därmed krävs att riskanalys utförs

1.2 Syfte

Syftet med riskbedömningen är att utvärdera de risker förknippade med transport av farligt gods som människor inom planområdet kan komma att utsättas för samt att vid behov ge förslag på riskreducerande åtgärder.

Analysen syftar vidare till att utgöra ett bedömningsunderlag för beslut om aktuella detaljplaners utformning.

1.3 Innehåll och genomförande

I analysen undersöks möjligheten att ur personrisks- och skyddssynpunkt, med fokus på transport av farligt gods, uppföra föreslagen bebyggelse. Riskbedömningen innehåller en strukturerad och systematisk analys av de risker med transporterna som indirekt, genom att skada byggnader, eller direkt kan påverka personers säkerhet.

Analysen utförs genom att identifiera riskerna, uppskatta riskernas omfattning, värdera riskerna samt vid behov ge förslag på riskreducerande åtgärder. Uppskattning av riskernas omfattning sker i två steg:

- Kvalitativ och kvantitativ uppskattning av sannolikheten för de olika riskerna.
- Kvalitativ och kvantitativ uppskattning av konsekvenserna av de olika riskerna.

1.4 Kvalitet

Rapporten är författad av Lars Antonsson (Brandingenjör/Civ. Ing. Riskhantering) som också varit uppdragsledare. I enlighet med WSP:s kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bland annat att en från projektet fristående person granskar förutsättningar och resultat i rapporten. Ansvarig för denna granskning har varit Göran Nygren (Brandingenjör/Civ. Ing. Riskhantering).

1.5 Avgränsningar

Riskbedömningen avser endast detaljplan 1 och 2 inom del av Telegrafan (”Nynäshamns Business Park”).

De risker som studeras är uteslutande fredstida, plötsligt inträffade farligt godsolyckor som har konsekvenser med avseende på personsäkerhet för tredje man.

2 Transporter av farligt gods

Denna riskbedömning fokuserar på riskerna med transport av farligt gods i närheten av aktuellt planområde.

I detta kapitel studeras transporter i detalj i syfte att utreda omfattningen av transporter samt att kunna urskilja vilka olycks scenarier som är relevanta att beakta.

2.1 Allmänt

I tabell 3 i rapporten ”Översiktlig riskbedömning”¹ redovisas klassindelningen av farligt gods tillsammans med en kortfattad och övergripande beskrivning av vilka ämnen som tillhör respektive klass samt vilka konsekvenser en olycka med respektive klass kan leda till. Utifrån denna övergripande beskrivning av konsekvenserna för olycka med transport av respektive farligt gods klass bedöms det enbart vara olycka med fem av klasserna som är relevanta att beakta vid uppskattning av risknivån i det aktuella planområdet. Konsekvenserna av olycka med resterande klasser förväntas vara begränsade till närområdet kring olycksplatsen.

De klasser som kommer att beaktas mer detaljerat i riskuppskattningen är därför explosiva ämnen (klass 1), gaser (klass 2), brandfarliga vätskor (klass 3), brandfarliga fasta ämnen (klass 4) samt oxiderande ämnen (klass 5).

2.2 Identifierade transporter

För att kunna uppskatta antalet förväntade olyckor med farligt gods inblandat är det nödvändigt att kartlägga antalet transporter som dagligen trafikerar aktuellt vägnät. De transporter som bedöms vara aktuella är de som går till/från hamnen, till/från Shells sjöstation samt till/från Oljeraffenaderiet, Statoils smörjoljefabrik och Avloppsreningsverket. I stort sett samtliga farligt godsklasser berörs. Utöver dessa befintliga transporter kan framtida förändringar ske.

Transporterna på Rv 73 exponerar olika delar av planområdet olika beroende på vilka farligt godstransporter som passerar i anslutning till respektive del. Transportsituationen kan beskrivas som följer:

1. **Mellan Telivägen och Mysingsvägen** (sammanfaller i stort med Detaljplan 2). Transporter till hamnen och till/från Shells sjöstation passerar på Rv 73. Transporter från hamnen passerar på lokalgata på en i höjddled lägre nivå.
2. **Mellan Mysingsvägen och Raffenaderivägen** (in- och utfart till oljeraffenaderi m.m.). Transporter till/från hamnen och till från Shells sjöstation passerar på Rv 73.
3. **Raffenaderivägen och i Rv 73:s förlängning västerut**. Transporterna enligt ovan samt transporter till/från oljeraffenaderiet, Statoils smörjoljefabrik och Avloppsreningsverket trafikerar denna sträcka.

Vad avser riskbilden i området kan det konstateras att ovan lista också beskriver riskernas storlek. Det mest riskexponerade stället utgörs av det triangulära markområdet i anslutning till Oljeraffenaderiets in- och utfart. Markområdet som utgörs av Detaljplan 2 är det minst riskexponerade. Observera att riskbilden inte sammanfaller exakt med var transporter sker (även om detta torde vara ett gott grovt mått). Riskbilden beror snarare av transporternas potentiella konsekvensområden.

Den kvantitativa studien i denna rapport förenklas till att studera riskbilden som transporter mellan Mysingsvägen och Raffenaderivägen ger upphov till (se punkt 2 ovan), vilken även anses representera riskbilden mellan Telivägen och Mysingsvägen (se punkt 1) på ett acceptabelt sätt. Detta gäller särskilt mot bakgrund av att fördelningen mellan in- och uttransporter till hamnen inte är känd. Eftersom det kvantitativa underlaget vad avser transporter från Raffenaderivägen är sparsamt hanteras detta kvalitativt utifrån erhållna resultat.

2.2.1 Till/från hamnen

I nedanstående tabell redovisas en sammanställning över den maximala årliga mängden farligt gods för respektive ADR-klass under perioden 2003-2006². Att utgå från den maximala årliga mängden bedöms ge en konservativ bild av transporterad godsmängd i dagsläget.

Tabell 1. Maximal årlig transportmängd farligt gods i hamnen för respektive ADR-klass. Urval under perioden 2003-2006.

Klass	Riskkategori	Transporterad godsmängd (kg/år) Max. under perioden för resp. klass
1	Explosiva ämnen och föremål	785
2	Gaser	373773
3	Brandfarliga vätskor	805743
4	Brandfarliga fasta ämnen	374
5	Oxiderande ämnen och organsiska peroxider	1
6	Giftiga ämnen	986
7	Radioaktiva ämnen	-
8	Frätande ämnen	214740
9	Övriga farliga ämnen och föremål	4402016
Totalt		5425455

I statistiken för klass 1 förekommer ämnen i flera olika underklasser inklusive klass 1.1. Det antas därför att samtliga transporter kan leda till omfattande konsekvenser. I sammanhanget bör nämnas att klass 1.1 och 1.2 ej är tillåtet att transportera enligt Stockholms hamnars nu gällande riktlinjer³, vilket pekar på att antagandet är konservativt.

I statistiken för klass 2 förekommer gods registrerat som klass 2, 2.1 (brandfarliga gaser) och 2.2 (ej brännbara, ej giftiga gaser), däremot inget gods av klass 2.3 (giftiga gaser). Den senare kategorin hanteras ej enligt riktlinjerna. Majoriteten av transporter utgörs av klass 2.2. Det antas grovt mot denna bakgrund och bedömt konservativt att 80% av godset utgörs av klass 2.2 och att övrigt gods utgörs av klass 2.1. Klass 2.1 hanteras endast i mindre förpackningar enligt nämnda riktlinjer.

Det har av statistiken att döma hanterats ungefär lika stora mängder klass 4.1 som 4.2. Klass 4 transporteras endast efter förhandsförfrågan i god tid och maximal kvantitet avgöres i varje enskilt fall. Eftersom mängderna är små och konsekvenserna bedöms motsvara de för klass 3 räknas dessa i fortsättningen in under klass 3.

Det har endast transporterats mycket små mängder av farligt gods klass 5 under perioden. Denna utgjordes av farlig gods klass 5.2 (organiska peroxider). Eftersom mängderna är små och konsekvenserna bedöms motsvarar de för klass 1 räknas dessa i fortsättningen in under klass 1.

I tabellen nedan redovisas en förenklad sammanställning över farligt godsmängderna i Nynäshamns hamn. Observera att siffrorna i tabellen nedan bygger på samma siffror som presenterades i tabellen ovan och således samma grundläggande antaganden.

Tabell 2. Förenklad sammanställning över de årliga farligt godsmängderna i Nynäshamns hamn.

Klass	Riskkategori	Transporterad godsmängd (kg/år) Max under perioden för resp. klass	Procentuell fördelning (%)
1 (inkl. 5)	Explosiva ämnen och föremål	786	0,014
2	Gaser	373773	6,9
3 (inkl. 4)	Brandfarliga vätskor	806117	14,9
6,7,8,9	Övriga	4244779	78,186
Totalt		5425455	100

Under de sex sista månaderna 2006 var den transporterade mängden farligt gods fördelat på 85 transporter⁴. Grovt skattat genom extrapolering över året till ca 170 transporter per år. Under 2006 var den transporterade mängden farligt gods fördelat på totalt 171 transporter⁴. Under 2007 skedde 149 transporter under årets först åtta månader. Dessa kan grovt skattas till ca 224 förväntade transporter på helåret. Vid beräkning av frekvensen för farligt godsolycka antas bedömt konservativt att det sker 250 farligt godstransporter per år till/från hamnen.

Med dessa uppgifter till hands kan antalet transporter i respektive kategori grovt uppskattas. För skattningen antas att varje transport i klass 1 innehåller 100 kg, vilket ger 8 transporter av klass 1 per år. Transporterna av övriga klasser antas ske i lika stora kvantiteter per transport, vilket ger att antalet transporter i respektive klass kan skattas med dess procentuella fördelning (se tabell 2). Antalet klass 2 transporter skattas på detta sätt till 18 och antalet klass 3 transporter till 38 samt övriga klasser till 195. Kontrollberäkning visar att det totala antalet transporter på detta sätt skattats till 259, vilket bedöms indikera att skattningen är acceptabel. Observera att endast 20 % av transporterna i klass 2 bedöms kunna påverka planområdet, dvs 4 per år.

2.2.2 Till/från Shells sjöstation

Shells sjöstation får sina leveranser gemensamt med Shells övriga bensinstationer i Nynäshamnsområdet. Under sommartid sker ca 3-4 leveranser av bensin (klass 3) per vecka respektive 1 leverans av gasol (klass 2) i flaskor per vecka⁵. Under vintertid sker ca 1 leverans var tredje vecka. Vintertid sker inga gasolleveranser.

Med det grova antagandet att sommartid representeras av en 4-månadersperiod av året kan det årliga antalet bensinleveranser grovt skattas till 60-80. Varje leverans innebär att planområdet passerar två gånger, vilket ger att antalet leveranser måste dubbleras vid skattning av olycksfrekvensen. Fortsättningsvis antas antalet transporter av farligt gods till/från Shells sjöstation till 160 per år. Antalet transporter av gasol i flaska skattas på motsvarande sätt till 35 per år.

2.2.3 Till/från Oljeraffinaderiet, Statoils smörjoljefabrik och Avloppsreningsverket

I oljeraffinaderiets processer används för närvarande följande ämnen, vilka utgör farligt gods⁶:

- Syrgas (klass 2)
- Ammoniak (klass 8). I Nynäs säkerhetsrapport anges att den ammoniak som används har riskfras R50 och som ett miljöfarligt ämne. Denna ammoniaklösning är inte brännbar.
- Saltsyra (klass 8)

Farligt godstransporter på väg från oljeraffinaderiet består i huvudsak av Bitumen (ADR klass 9) och Naf-teniska specialprodukter (ej klassificerat som farligt gods).

Utöver dessa befintliga transporter kommer det sannolikt att ske framtida transporter av butan (brandfarlig gas, klass 2) och Pentan (brandfarlig vätska, klass 3)⁷. Var dessa transporter kommer att ske är ännu inte bestämt. Det förväntade antalet av dessa transporter är okänt för WSP.

Statoils smörjoljefabrik hanterar farligt gods i mindre omfattning. Endast få av uttransporterna klassificeras som farligt gods och då som klass 3, i storleksordningen 1 transport/vecka⁸. Då utgör oftast endast en liten del av lasten farligt gods. Vissa additiver, fetter och oljor som krävs i produktionen kommer till anläggning- en på lastbil. Hur mycket av dessa som utgör farligt gods är okänt för WSP.

Avloppsreningsverket får regelbundna leveranser av PAX 21 (Polyaluminiumkloridhydroxid)⁹, vilket utgör farligt gods klass 8.

Sammanfattningsvis består de transporter som bedöms kunna påverka planområdet av:

- Transporter av klass 3 (brandfarlig vätska) till/från Statoils smörjoljefabrik.
- Eventuellt framtida transporter av klass 2 (gaser) och klass 3 (brandfarlig vätska) till oljeraffe- naderiet.

2.3 Skattat antal farligt godstransporter för beräkning

Det totala antalet farligt godstransporter mellan Telivägen och Raffinaderivägen är i dagsläget 445.

I nedanstående tabell redovisas de relevanta (dvs. sådana som antas kunna påverka personer i planområdet) transporter som antingen identifierats eller skattats fram. Redovisade transporter avser de som går mellan Telivägen och Raffinaderivägen.

Tabell 3. Skattat årligt antal farligt godstransporter för respektive klass på Rv 73 mellan Telivägen och Raffinaderivägen. Observera att endast ”relevanta” transporter tagits med.

Klass	Riskkategori	Antal farligt godstransporter per år	Kommentar
1 (inkl. 5)	Explosiva ämnen och föremål	8	Antas transporteras i mindre förpackningar om 100 kg, men kunna leda till explosion.
2	Gaser	39	Endast mindre förpackningar till/från hamnen samt gasol i flaska till/från Shell.
3 (inkl. 4)	Brandfarliga vätskor	198	Samtliga transporter antas motsvara större tankbilstrans- porter av bensin.
Totalt		245	

3 Riskanalysmetodik

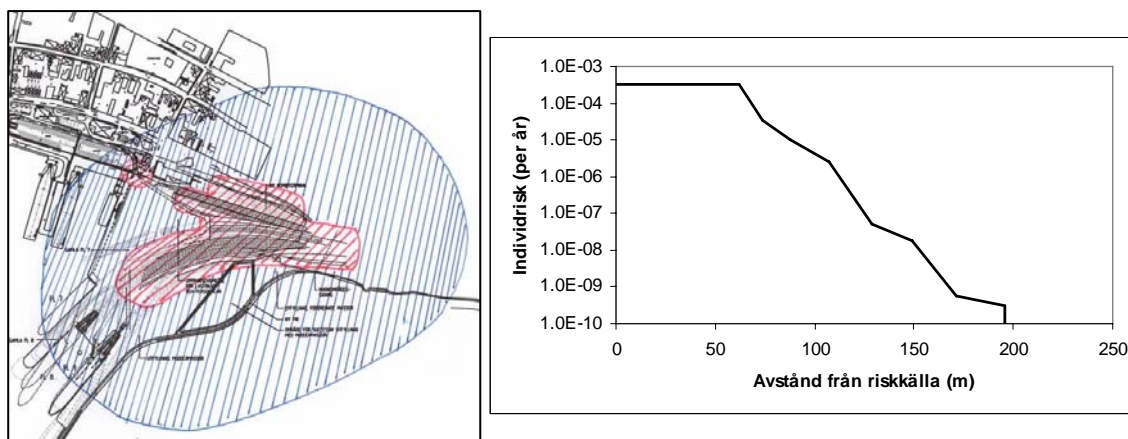
I detta kapitel presenteras den riskanalysmetodik och de riskmått som används i analysen.

3.1 Metod och riskmått

I denna detaljerade riskbedömning används riskmättet *individrisk* för att uppskatta risknivån med avseende på identifierade risker. *Samhällsrisk* behandlas endast kvalitativt.

Med *individrisk* avses sannolikheten (frekvensen) att enskilda individer ska omkomma inom eller i närheten av ett system, dvs. frekvensen för att en person som befinner sig på en specifik plats omkommer eller skadas. Individrisken är platsspecifik och tar ingen hänsyn till hur många personer som kan påverkas av skadehändelsen. Syftet med riskmättet är att se till så att enskilda individer inte utsätts för icke tolerabla risker. Individrisken är oberoende av hur många människor som vistas i området.

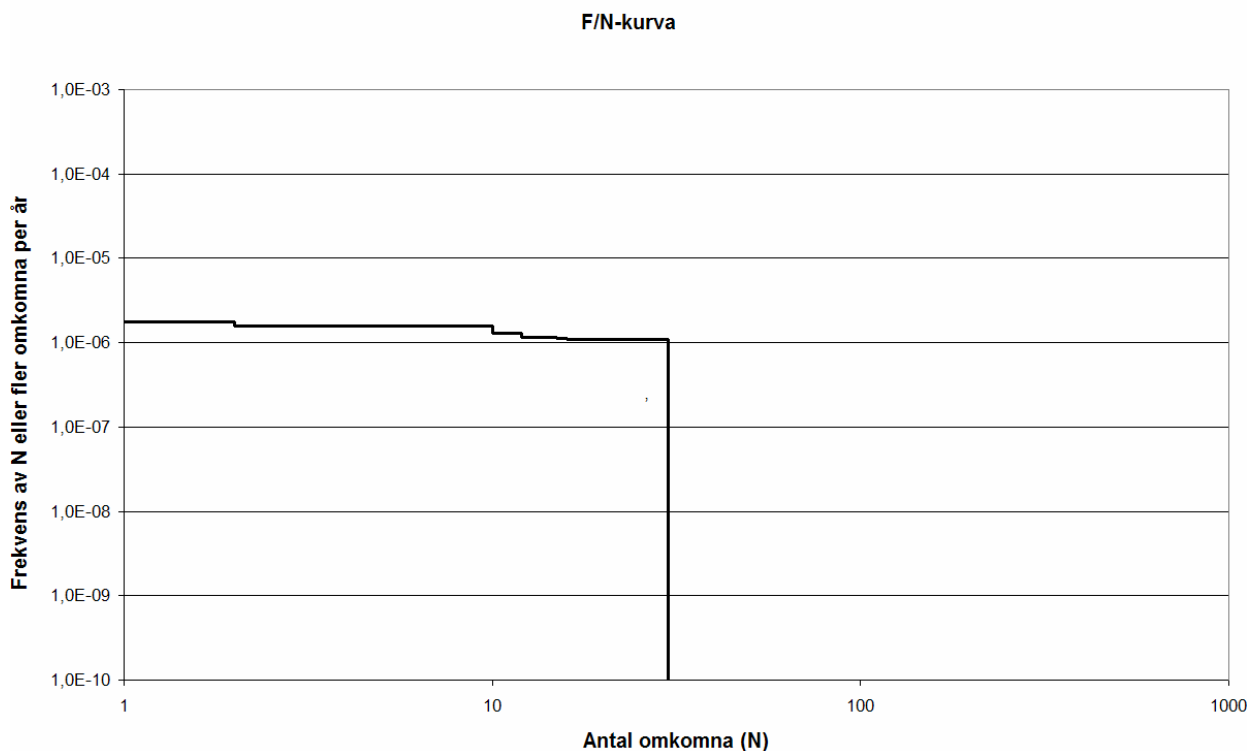
Individrisken kan redovisas i form av så kallade riskkonturer som visar den förväntade frekvensen för en händelse som orsakar en viss nivå av skada i ett specifikt område eller i form av individriskprofil (se figur 1) som visar individrisken som funktion av avståndet från riskkällan.



Figur 1. T.v. Exempel på individriskkonturer, t.h. exempel på individriskprofil.

Vid användande av riskmättet *samhällsrisk* beaktas även hur stora konsekvenserna kan bli för ett skadescenario med avseende på antalet personer som påverkas. Beaktande tas då till befolkningssituationen inom det aktuella området, i form av befolkningsmängd och persontäthet. Till skillnad från individrisk tas även hänsyn till eventuella tidsvariationer, som t ex persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året.

Samhällsriskerna redovisas ofta med en F/N-kurva (se figur 2) som visar den ackumulerade frekvensen för ett visst utfall, t.ex. antal omkomna p.g.a. en eller flera olyckor.



Figur 2. Exempel på F/N-kurva.

3.2 Metodens begränsningar

Fördelen med att använda individriskmålet i denna riskanalys är att det inte tar någon hänsyn till befolkningstätheten eller närmare bestämt det antal personer som förväntas omkomma till följd av olyckan. Det räcker med att utreda huruvida olyckan förväntas leda till en omkommen person eller ej. Detta bedöms vara fördelaktigt då det är svårt att göra rimliga och välgrundade antaganden och analyser av hur många personer som förväntas omkomma till följd av en olycka. Nackdelen med individrisken är dock att den just inte tar någon hänsyn till hur många människor som kan förväntas omkomma eller skadas till följd av olyckan. Det är nämligen möjligt att individrisken visar på att frekvensen för en människa att omkomma om hon befinner sig t ex 100 meter från riskkällan är 10^{-x} /år, men riskmålet säger ingenting om att det inom 100 meter från riskkällan kan finnas hundratals personer som riskerar att omkomma. Generellt sett är samhället avert mot stora olyckor, vilket individriskmålet ej tar hänsyn till på ett tillfredsställande sätt.

Vanligtvis bedöms det endast vara lämpligt att nyttja samhällsrisik för områden där bebyggelsestrukturen är relativt bestämd då det i och med detta finns en relativt god uppfattning om befolkningstäthet och personstäthet i det aktuella området. Att använda samhällsrisik för ett område som är i ett tidigt skede av planeringsstadiet kan vara svårt och det kan medföra omfattande osäkerheter i bedömningen av konsekvenser (d.v.s. antal omkomna) till följd av respektive skadescenario då det oftast enbart är möjligt att utföra en grov uppskattning av befolkningssituationen.

3.3 Omfattning av riskhantering i projektet

För att göra en bedömning av vilka risker som kan påverka det aktuella planområdet genomförs en *riskbedömning* omfattandes följande moment:

- Identifiering av riskerna
- Kvalitativ/kvantitativ uppskattning av riskernas sannolikhet
- Kvalitativ/kvantitativ uppskattning av riskernas konsekvens

- Värdering av riskerna
- Förslag till riskreducerande åtgärder

3.3.1 Riskinventering

Riskinventering genomfördes inom ramen för den övergripande riskbedömningen¹.

3.3.2 Riskuppskattning

Med hjälp av värden på årsmedeldygnstrafik, vägkvalitet, hastighetsbegränsning etc. för aktuellt vägavsnitt och Räddningsverkets *Farligt gods – riskbedömning vid transport*¹⁰ beräknas frekvensen för att en trafikolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på aktuellt vägavsnitt.

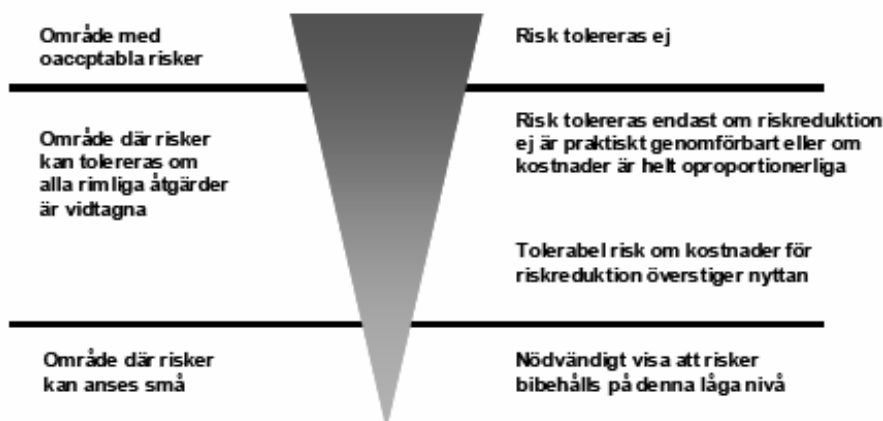
Frekvensberäkningarna redovisas i bilaga A. För beräkning av frekvenser/sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys. Konsekvenserna av olika skadescenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar. Konsekvensuppskattningar redovisas mer omfattande i bilaga B och bilaga C. I bilaga D redovisas riskberäkningar, dvs de beräknade värden som ligger till grund för beräkning av individrisken. I kapitel 4 sammanställs resultaten från beräkningarna i form av en individriskprofil.

3.3.3 Riskvärdering

Värdering av risker har sin grund i hur risker upplevs. Som allmänna utgångspunkter för värdering av risk är följande fyra principer vägledande:

1. *Rimlighetsprincipen*: Om det med rimliga tekniska och ekonomiska medel är möjligt att reducera eller eliminera en risk skall detta göras.
2. *Proportionalitetsprincipen*: En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta i form av exempelvis produkter och tjänster, verksamheten medför.
3. *Fördelningsprincipen*: Risker bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.
4. *Principen om undvikande av katastrofer*: Om risker realiserar bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

Det Norske Veritas har på uppdrag av Räddningsverket tagit fram förslag på riskkriterier¹¹ gällande individ- och samhällsrisk som kan användas vid riskvärdering. Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med given konsekvens skall inträffa. Risker kan kategoriskt placeras i tre fack. De kan vara acceptabla, tolerabla med restriktioner eller oacceptabla, se figur 3.



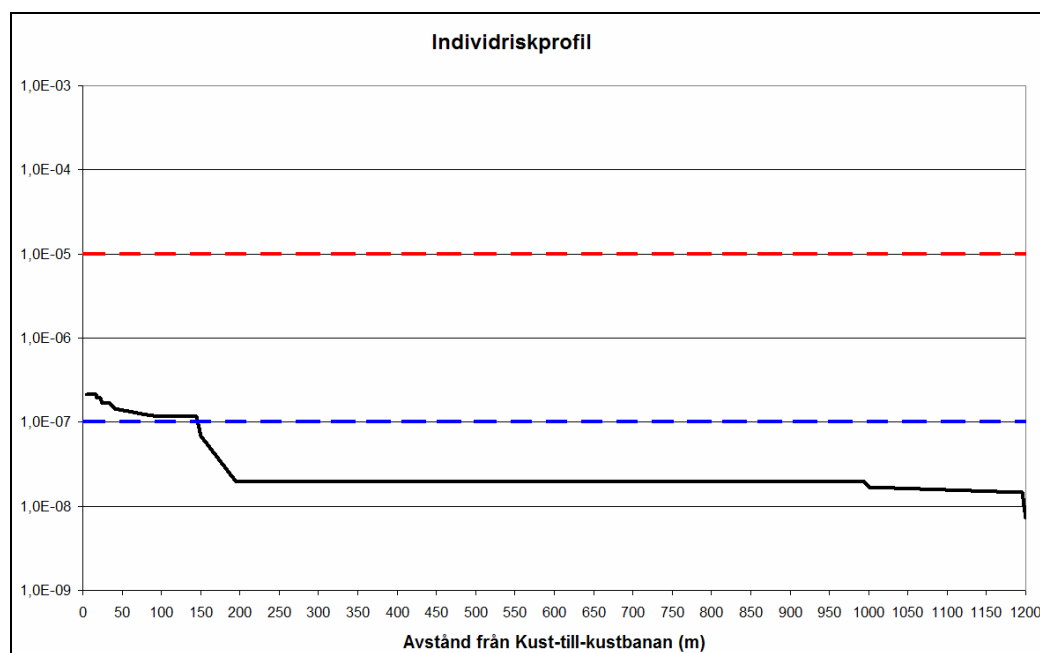
Figur 3. Princip för värdering av risk.

Följande förslag till tolkning rekommenderas:

- De risker som hamnar inom område med oacceptabla risker värderas som oacceptabelt stora och tolereras ej. För dessa risker behöver mer detaljerade analyser genomföras och/eller riskreducerande åtgärder vidtas.
- Området i mitten kallas ALARP-området (As Low As Reasonably Practicable). De risker som hamnar inom detta område värderas som tolerabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, tolereras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda, men möjliga åtgärder till riskreduktion skall beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnad-nytta-analys.
- De risker som hamnar inom område där risker kan anses små värderas som acceptabla. Dock skall möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas. Riskreducerande åtgärder som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra skall genomföras.

För individrisk föreslår Räddningsverket¹¹ följande kriterier:

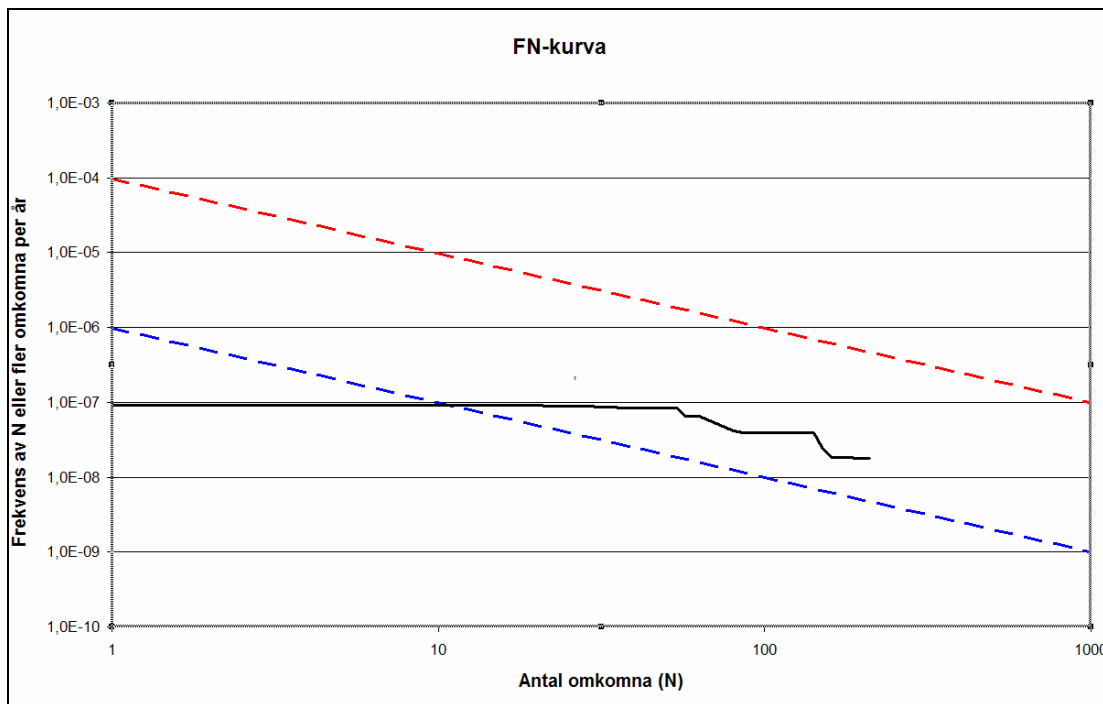
- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: 10^{-5} per år
- Övre gräns för område där risker kan anses vara små: 10^{-7} per år



Figur 4. Exempel på individriskprofil samt föreslagna riskkriterier.

För samhällsrisk föreslår Räddningsverket¹¹ följande kriterier:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras:
 $F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1
- Övre gräns för område där risker kan anses vara små:
 $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1



Figur 5. Exempel på F/N-kurva samt föreslagna riskkriterier.

4 Resultat och riskvärdering

I detta kapitel redovisas resultaten från uppskattningar och beräkningar samt hur resultatet värderas. Vidare redovisas en enklare känslighetsanalys samt hur osäkerheter hanteras.

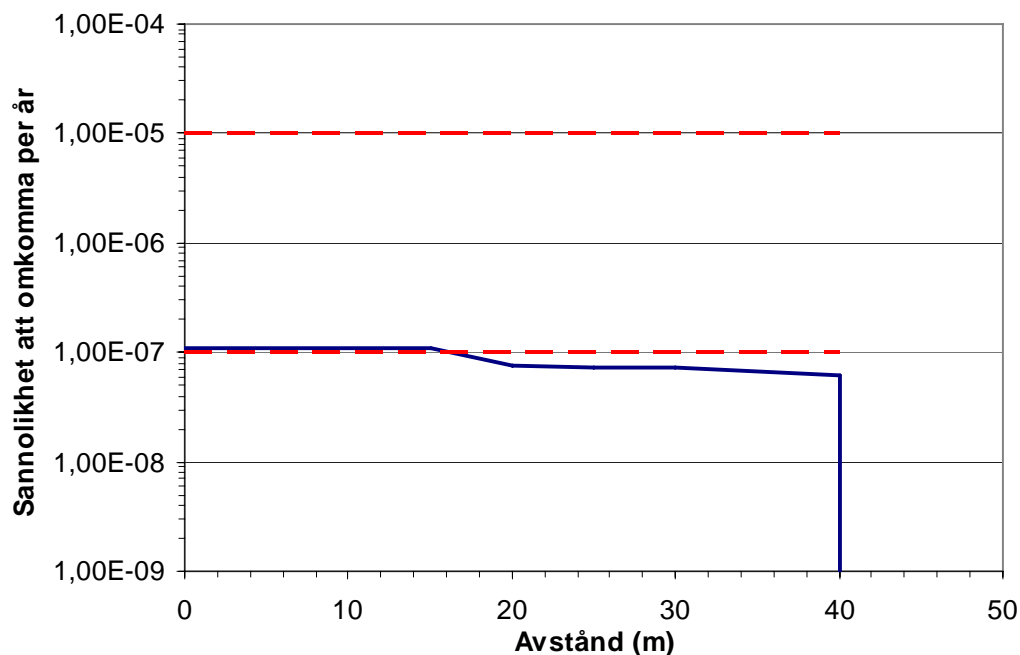
4.1 Individrisk

Riskenivån i planområdet redovisas i form av en individriskprofil (se figur 6). Individrisken har beräknats utifrån de frekvens- och konsekvensuppskattningar som redovisas i bilaga A t o m D. Individrisken redovisar den kumulativa frekvensen för att en person ska omkomma om han/hon befinner sig inom ett visst avstånd från riskkällan (Rv 73). Detta innebär att en person som befinner sig t ex 20 meter från riskkällan, utsätts för risken av samtliga skadescenarier med konsekvensområde som är lika med eller överstiger 20 meter.

Det kan konstateras att riske exponeringen i området till följd av farligt godstransporter i allmänhet är låg. Observera dock att riskerna i den del av planområdet som ligger i närmast anslutning till in- och utfarten till oljeraffineriet m.m. är något högre än redovisat. Detta område exponeras också för riskerna som transporterna till och från Statoils smörjoljefabrik innebär. I huvudsak består den tillkommande risken av farligt gods av klass 3, vilket har ett förhållandevis begränsat konsekvensområde. Eventuella framtida transporter till/från oljeraffineriet (exempelvis brännbara gaser) kan komma att utgöra en väsentlig ändring av riskbilden i denna del av området.

WSP tolkar resultaten som att riskerna ligger i den nedersta delen av ALARP-området, inom ett avstånd på ca 15-20 m. Detta avser hela planområdet längs med Rv 73. Riskerna värderas således som tolerabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Kraven på riskreduktion är inte särskilt hårda, men möjliga åtgärder till riskreduktion skall beaktas.

Individrisk



Figur 6. Individriskprofil med avseende på transport av farligt gods på Rv 73. Obs! Avser transporter på Rv 73 mellan Telivägen och Raffenerivägen. Ingen hänsyn har tagits till transporter av farlig gods Klass 3 till/från Statoils smörjoljefabrik.

4.2 Samhällsrisk

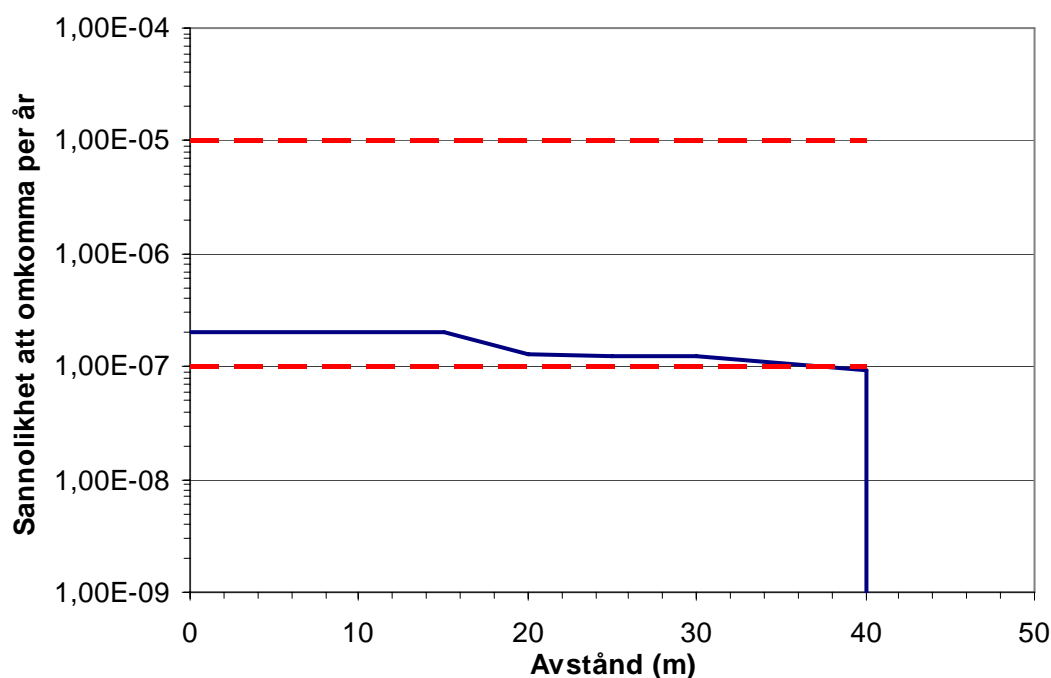
Utifrån individrisken i området kan det konstateras att även samhällsrisken i området sannolikt kommer att vara låg. De olyckscenarier som bedöms kunna inträffa torde leda till förhållandevis små konsekvenser mätt i förväntat antal omkomna. Det måste dock poängteras att samhällsrisken i stor utsträckning beror av vilken typ av byggnation som uppförs och vilken verksamhet som bedrivs, vilket styr det förväntat antal omkomna människor vid en olycka.

4.3 Känslighetsanalys

En enkel känslighetsanalys genomförs för att utvärdera riskbilden om fler transporter av farligt gods klass 3 passerar området. Känslighetsanalysen avser spegla dels den förhöjda riskbild som i dagsläget råder kring korsningen mellan Raffenaderivägen och Rv 73, och dels den förhöjda riskbild som skulle råda vid uppförandet av en bensinstation vars transporter passerar området.

I individriskprofilen nedan (se figur 7) redovisas den beräknade individrisken under antagandet att transporterna av klass 3 (bensin) ökar med 5 transporter per vecka (allt annat lika) jämfört med ovan redovisade beräkning.

Individrisk



Figur 7. Individriskprofil med avseende på transport av farligt gods på Rv 73 under antagandet att transporterna av klass 3 är fem fler per vecka.

Individrisken är under dessa förhållanden fortfarande att betrakta som låg i området.

4.4 Hantering av osäkerheter

Osäkerheterna i analysen är relativt omfattande. Detta gäller främst vid uppskattningen av sannolikheten för att en olycka skall inträffa, men också skattning av konsekvensområden. Statistiken över farligt godsolyckor med läckage på väg bedöms ej vara tillfredställande och detta beror till stor del på osäkerheter till följd av att det inte har inträffat något större antal olyckor de senaste åren.



Det har gjorts flera antaganden, ibland mycket grova, där det saknats fakta om olika faktorerers frekvenser etc. De antaganden som gjorts är därför i allmänhet konservativt gjorda för att på så sätt vara på den säkra sidan vid exempelvis riskvärdering. På grund av att många faktorer valts konservativt leder detta dock till att osäkerheterna ej bedöms påverka värderingen av riskerna på ett sådant sätt att riskerna underskattas. Osäkerheterna bedöms heller inte påverka den allmänna bilden av riskerna på ett sådant sätt att de övergripande slutsatserna inte är rimliga.

5 Slutsatser och förslag på åtgärder

I detta kapitel redovisas de slutsatser som dras samt WSP:s förslag på åtgärder.

5.1 Slutsatser och diskussion

Resultaten av riskbedömningen innebär att riskbilden generellt bör ges förhållande liten vikt vid utformningen av området. Det måste dock poängteras att förhållandena kan förändras i framtiden.

WSP anser inte att riskbilden är av sådan karaktär att krav på åtgärder kan ställas på befintliga byggnader (avser Detaljplan 1) som fortsättningsvis nyttjas för verksamheter som täcks in av Länsstyrelsens ”Zon A” och Zon B”, dvs parkering, trafik, bilservice, industri, kontor, lager, sällanköpshandel etc.

WSP anser inte heller att riskbilden är sådan att krav på (kostsamma och/eller orimliga) åtgärder kan ställas på nya byggnader. Vid nybyggnation blir det dock särskilt relevant att beakta de fyra vägledande principer vid värdering av risk (se avsnitt 3.3.3). Vidare måste det beaktas att sådana risker som med tekniskt eller ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras, alltid ska åtgärdas, oavsett risknivå.

Det finns en mängd potentiella riskreducerande åtgärder att vidta för aktuellt programområde. Åtgärder som reducerar konsekvenser av en olycka med farligt gods kan sorteras under följande grupper:

- Lokalisering, innebär att riskerna reduceras genom att byggnader placeras lämpligt i förhållande till aktuellt riskobjekt.
- Skyddsavstånd, skadeobjekt skiljs från riskobjekt med hjälp av avstånd, vegetation, mur mm.
- Utformning, riskerna reduceras med hjälp av t ex, höjd på byggnaden, förstärkning av stomme mm.
- Tekniska åtgärder, riskerna reduceras med hjälp av t ex byggnadens fasader utformning, begränsad fönsterarea, ej öppningsbara fönster mm.

Sannolikhetsreducerande åtgärder, vilka generellt utgör de bästa riskreducerande åtgärderna, är i allmänhet svåra att påverka inom ramen för planarbete, då de i huvudsak är kopplade till fordons beskaffenhet och dess förare. Att vägarna utformas så att det förväntade antalet olyckor i och kring planområdet minimeras är dock högst önskvärt. Som följd av detta minskar också förväntat antal farligt gods olyckor och därmed den totala risken.

Observera att vissa åtgärders lämplighet är beroende av vilka andra åtgärder som införs. Exempelvis kan plantering av träd, utan framförliggande åtgärder, mot en trafikerad väg öka sannolikheten för läckage vid trafikolycka.

Alla riskreducerande åtgärder är inte lämpliga eller ens möjliga att reglera i detaljplan. Genomförandet av sådana åtgärder regleras istället via avtal.

5.2 Förslag på åtgärder

Baserat på ovanstående resonemang anser WSP att följande riskreducerande åtgärder skall införas som del i att hantera riskerna för farligt godsolyckor.

Vägarnas utformning

Aktuella vägavsnitt inom och i anslutning till programområdet skall ha en fullgod utformning vad avser att minimera antalet olyckor. Fordon ska förhindras att köra av vägen på ett sådant sätt att de hamnar nära planområdet. Nya vägar och lokalgator utförs på detta sätt. Rv 73 bedöms vara lämpligt utförd i dagsläget.

I övrigt utformas vägar (i synnerhet Rv 73) och deras närhet så att sannolikheten för punktering av tankar (hål som leder till att vätskan rinner ut) till följd av välta tankfordon minimeras. Utförande av gräsbevuxen vall, lika befintligt utförande mellan Rv 73 och programområdet, bedöms vara lämpligt.

Utformning mellan Rv 73 och bebyggelse.

Området mellan Rv 73 och bebyggelse utformas så att den ej uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

Byggnadernas/verksamheternas placering

WSP anser att (nya) byggnader ska placeras på ett skyddsavstånd på minst 15 meter (mätt från vägkant), detta avser i synnerhet verksamheter som placeras i kategori C enligt Länsstyrelsen. WSP anser att nybyggnation i närområdet till korsningarna Rv 73/Mysingsvägen och Rv 73/Raffinaderivägen särskilt skall undvikas. Med detta skyddsavstånd anser WSP inte att andra krav kan ställas på byggnadernas utformning (se nedan).

Avskärmande barriärer

Den befintliga höjdskillnaden mellan Rv 73 och planområdet anses i sig vara en fullgod barriär. Kompletterande barriär kan i övrigt bestå av exempelvis:

- Mur
- Vall
- Vegetation
- Plantage
- Plank

Riskreducerande barriärer kan med fördel samordnas med eventuellt skydd mot buller.

Entréer och utrymningsvägar

Placering av entréer och utrymningsvägar ska ske så att trygg och säker utrymning av byggnader kan ske i händelse av olycka på Rv 73.

Utformning av byggnad

Fasader till nya byggnader som placeras inom ca 15 m skall utföras i obrännbart material. Eventuella fönster i fasad till nya byggnader som placeras inom ca 15 m skall utföras med brandskyddsklassade glas (icke öppningsbara) där detta krav inte är orimligt med hänsyn till verksamheten.

WSP anser inte riskbilden vara sådan att krav på byggnadernas disposition, dvs placering av lokaler eller uppförande av balkonger, skall ställas. Detta gäller oavsett byggnadernas/verksamheternas placering.

Bilaga A – Frekvensberäkningar

I Räddningsverkets *Farligt gods – riskbedömning vid transport*¹⁰ ges metoder för beräkning av frekvens för trafikolycka samt trafikolycka med farligt godstransport.

Denna riskanalysmetod för transporter av farligt gods på väg och järnväg (VTI-metoden) analyserar och kvantifierar riskerna med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farligt godsolycka på en specifik vägsträcka finns det två alternativ, dels att använda olycksstatistik för sträckan, dels att skatta antalet olyckor med hjälp av den så kallade olyckskvoten för vägavsnittet. I denna riskanalys används det senare av dessa alternativ. Olyckskvotens storlek samvarierar med ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning. Med hjälp av *beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp* kan följande parametrar bestämmas: olyckskvoten, andel singelolyckor och index för farligt godsolyckor (se nedan).

A.1 Trafikolycka

Enligt statistik¹² från Vägverket var årsmedeldygnstrafiken på Rv 73 förbi det aktuella området år 2006 5710 (+/- 23%) fordon/dygn summerat i båda köriktningarna, varav 630 (+/- 22 %) av det totala trafikflödet utgjordes tung trafik. Programområdets utveckling förväntas leda till en ökning av trafiken med 3000-4000 fordon per dygn¹³. Mot denna bakgrund utförs beräkningar utifrån en årsmedeldygnstrafik på 10 000 fordon per dygn. Den sträcka av vägen som angränsar till det aktuella området för ny bebyggelse där de studerade områdenas konsekvensområde innefattas är ca 600 meter. Det totala trafikarbetet på den aktuella sträckan blir då:

$$10000 \text{ (fordon/dygn)} \cdot 365 \text{ (dygn)} \cdot 0,6 \text{ (km)} = 2\,190\,000 \text{ fordonskilometer per år}$$

Vid bedömning av antal förväntade fordonsolyckor används följande ekvation:

$$\text{Antal förväntade fordonsolyckor} = O = \text{Olyckskvot} \cdot \text{Totalt trafikarbete} \cdot 10^{-6}$$

Där indata för olyckskvoten kommer från *beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp*. Aktuell vägsträcka utgörs av Gata/väg i tätort med hastighetsgräns 50 km/h vilket ger olyckskvot = 1,2. Nedan beräknas det förväntade antalet fordonsolyckor med avseende på ovanstående trafikarbete.

$$\text{Antal förväntade fordonsolyckor} = O = 1,2 \cdot 2\,190\,000 \cdot 10^{-6} = 2,6 \text{ olyckor per år}$$

A.2 Trafikolycka med transport av farligt gods

Följande ekvation används för att beräkna frekvensen för antal förväntade fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor:

$$\text{Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor} = O \cdot ((X \cdot Y) + (1 - Y) \cdot (2X - X^2))$$

där X = Andelen transporter skyltade med farligt gods

Y = Andelen singelolyckor på vägdelen

Totalt antal transporter med farligt gods som transporteras på vägen förbi den aktuella sträckan är under ett år ca 445 stycken (se avsnitt 2.3), vilket innebär ca 1,2 transporter under ett medeldygn. Andelen transporter skyltade med farligt gods av det totala trafikflödet blir alltså maximalt:

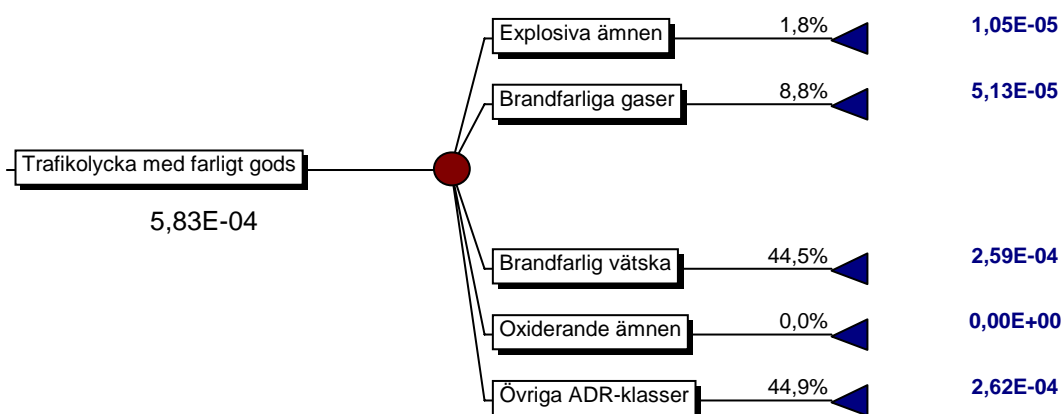
$$X = \frac{1,2}{10000} = 0,000120 = 0,012\%$$

Uppskattad andel singelolyckor (Y) kommer från *beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp* och för aktuell väg som utgörs av gata/väg i tätort med hastighetsgräns 50 km/h är denna 0,15.

$$\text{Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor} = 2,6 \cdot ((0,00012 \cdot 0,15) + (1 - 0,15) \cdot (2 \cdot 0,00012 - 0,00012^2)) = 5,83 \cdot 10^{-4} \text{ per år}$$

Detta motsvarar ett förväntat tidsspänn mellan olyckor som involverar farligt gods på ca 1700 år.

I enlighet med redogörelsen i kapitel 2 är det ca 55 % (245 av 445) transporter som vid olycka bedöms kunna påverka personsäkerheten i den planerade bebyggelsen. I händelseträdet nedan redovisas frekvensen för trafikolycka med transport av respektive aktuell farligt godsklass inblandad utifrån uppskattad andel av respektive klass enligt tabell 3 (se avsnitt 2.3).



Figur 8. Händelseträd med sannolikheten redovisad längst till vänster för respektive farligt godsklass om farligt godsolycka inträffar på den aktuella vägsträckan.

Index för farligt godsolyckor innebär sannolikheten för läckage av farligt gods vid trafikolycka där farligt godstransport är inblandad och kommer att användas senare för respektive farligt godsklass. För aktuell väg uppskattas index för farligt godsolyckor vara 3 % enligt *beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp*.

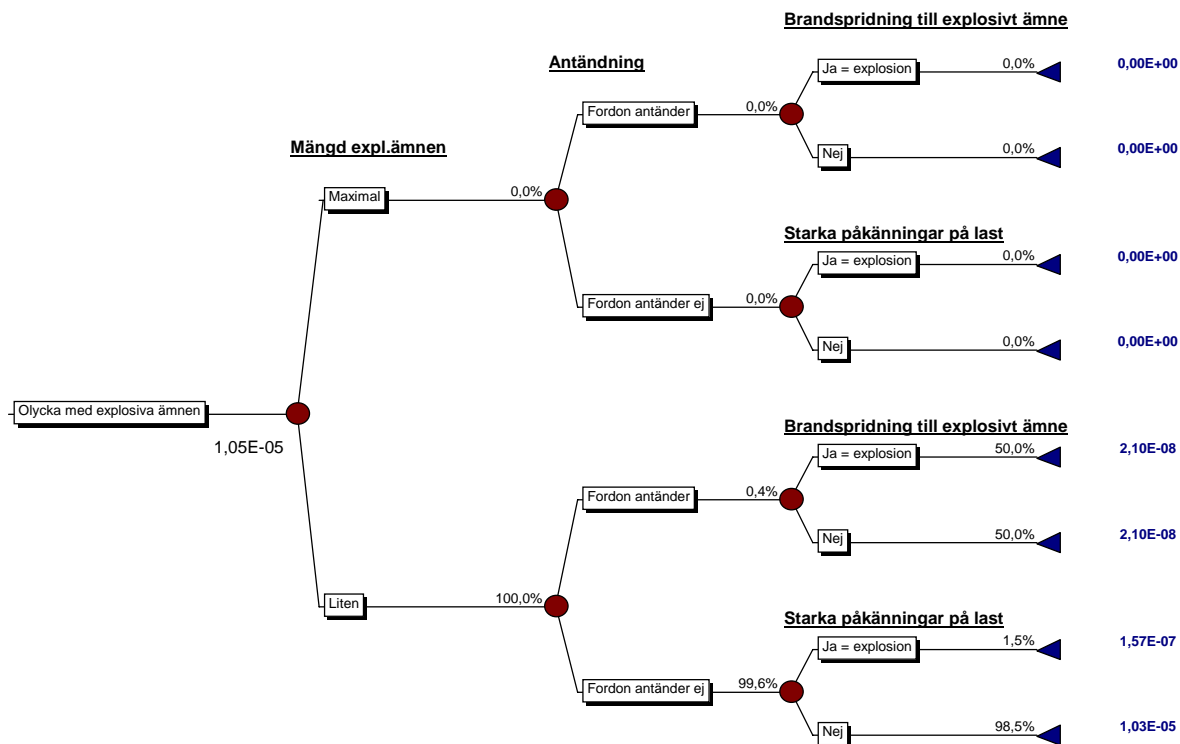
I följande avsnitt redovisas frekvensberäkningar för respektive aktuell farligt godsklass, siffrorna gäller för beräkning av individrisk.

A.2.1 Explosiva ämnen

En explosion antas kunna inträffa dels om olyckan leder till brand i fordon, dels om de mekaniska påkänningarna på fordonet blir tillräckligt stora. Index för farligt godsolycka är som tidigare konstaterats 3%. Även om godset involveras i olyckan är det ändå inte troligt att alla dessa fall leder till detonation av de explosiva varorna. Detta då det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och emballeras vid transport. Ett konservativt uppskattande av sannolikheten för att tillräckligt stora påkänningar uppstår vid olyckan för att detonation skall ske sätts till 50 % av fallen då godset är inblandat (läcker ut, välter, kläms etc.). Total sannolikhet för detonation enbart till följd av påkänningar från olyckan blir därmed 1,5 % (0,03×0,5).

Sannolikheten för att fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna är generellt ca 0,4 %^{14 15}. Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 %.

Mängden explosivämne per transport antas vara liten.



Figur 9. Händelseträd farligt godsolycka med explosiva ämnen i lasten.

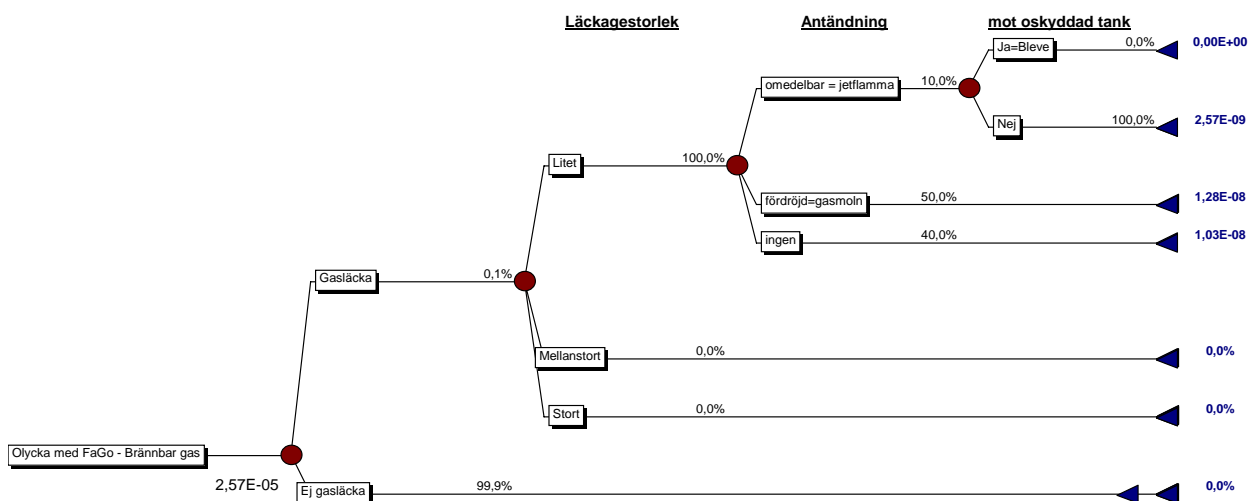
A.2.2 Gaser

Sannolikheten för att en trafikolycka med farligt godstransport inblandad leder till läckage antas vara 3 % (Index för farligt godsolyckor enligt *beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp*. Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tålighet. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset då sänks till $1/30^{10}$, vilket ger en sannolikhet för läckage av gas på: $3 \cdot 1/30 = 0,1$ %.

För brännbara gaser bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typen av antändning. Om den, under tryck, läckande gasen antänts omedelbart uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänts direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids med hjälp av vinden och kan antändas senare. Det tredje scenariot är mycket osannolikt och kan endast inträffa vid tankbilar som transporteras stora mängder gas och om tankbilen saknar säkerhetsventil. Dessutom skall tanken utsättas för utbredd brand. En BLEVE (Boiling Liquid Expanded Vapor Explosion) kan då uppkomma. Med tanke på de transporter med brännbar gas som kör på aktuell vägsträcka bedöms BLEVE inte kunna inträffa.

Ett läckage till följd av farligt godsolycka med gas i lasten kan i allmänhet vara litet, medelstort eller stort. Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms fördelningen för respektive läckagestorlek vara 62 %, 21 % och 17 %¹⁰. Med tanke på typen av transporter med brännbar gas (generellt i mindre behållare) bedöms endast små utsläpp kunna inträffa. Sannolikheten för utsläpp med påföljande konsekvenser som följd bedöms utifrån statistik för tankbilar med gas i bulktransport. För ett litet utsläpp brännbar gas (20 mm hål) gäller då att sannolikheterna för omedelbar antändning (jetflamma), fördröjd antändning (brinnande gasmoln) och ingen antändning är 0,1, 0,5 respektive 0,4¹⁰.

Vidare påverkar vindriktning och en jetflammas riktning konsekvenserna på omgivningen. Här införs det grova antagandet att spridning direkt mot planområdet sker i hälften av fallen, dvs 50 %. Observera att frekvensen som anges i figur 10 således dividerats med 2 i nedan figur.



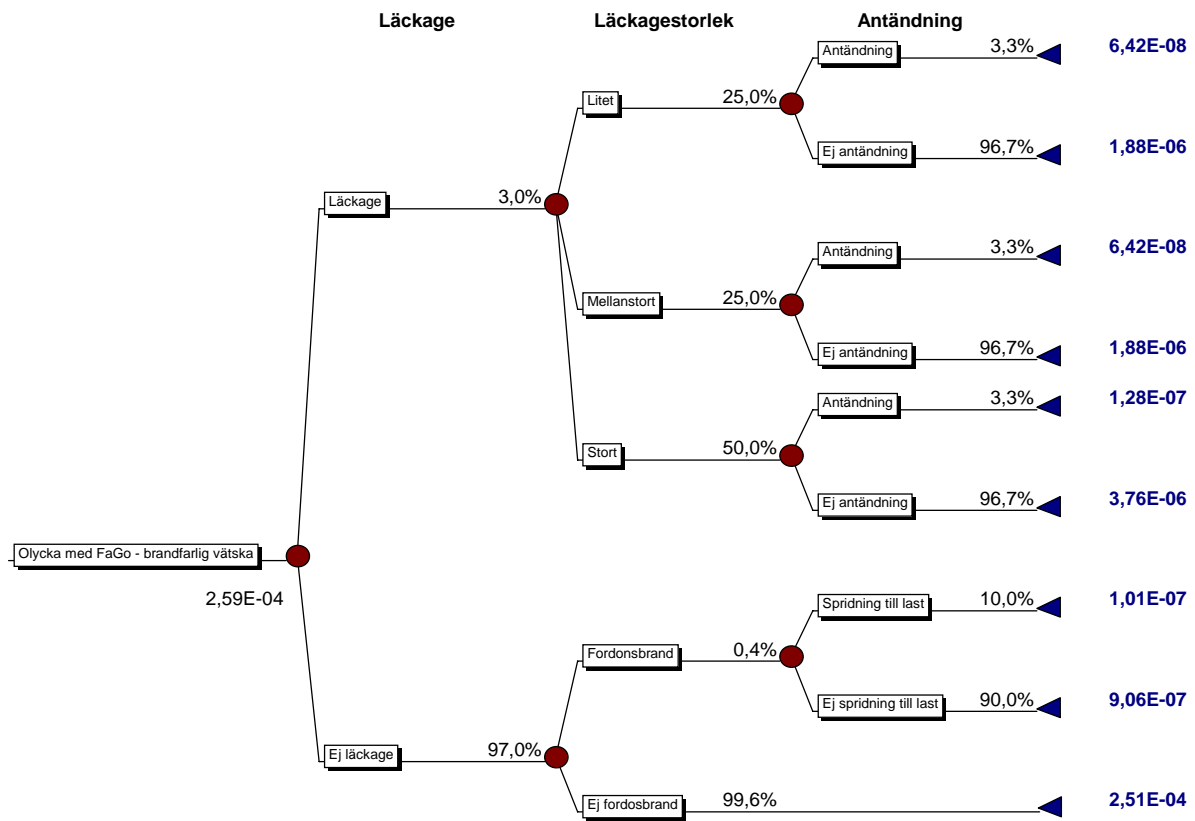
Figur 10. Händelseträd farligt godsolycka med brännbar gas i lasten.

A.2.3 Brandfarliga vätskor

Under beräkningarna antas det konservativt att samtliga transporter i denna kategori innehåller mycket brandfarliga, lättantändliga vätskor (t ex bensin).

För att leda till större konsekvenser för människor måste antingen utsläpp och antändning ske av den brandfarliga vätskan alternativt att fordonet fattar eld till följd av olyckan. Sannolikheten för att en trafikolycka med farligt godstransport inblandad leder till läckage antas för aktuell väg vara 3 % (Index för farligt godsolyckor) enligt *beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp*. Vid läckage från tankbil med släp antas fördelningen för respektive läckagestorlek (pöarea) vara 25%, 25% och 50%¹⁰.

Antändning av petroleumprodukter (bensin etc.) sker med en sannolikhet på cirka 3,3 %^{10 16} oberoende om det är litet eller stort läckage. Sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon är enligt tidigare ca 0,4 %. Grovt uppskattat är sannolikheten för spridning till last vid fordonsbrand i de fall olyckan samtidigt inte leder till läckage ca 10 %.



Figur 11. Händelseträd farligt godsolycka med brandfarlig vätska i lasten.

Bilaga B – Konsekvensberäkningar

Eftersom egenskaperna för ämnen i de olika farligt godsclasserna skiljer sig mycket från varandra har olika metoder använts för att uppskatta konsekvenserna vid olika scenarier. Litteraturstudier, simuleringsprogram och handberäkningar är exempel på olika metoder som har använts.

B.1 Explosiva ämnen

Människor tål tryck förhållandevis bra och det lägsta tryck där direkt dödliga skador kan uppstå är ca 180 kPa tryck. Detta kan jämföras med kritiska tryck för byggnader där gränsen för raserade byggnadsdelar går vid 40 kPa för svåra byggnadsskador¹⁷. Tryck överstigande 40 kPa, kan uppnås på uppemot 40 m för små mängder explosivämne (100 kg)¹⁷. Mot denna bakgrund antas det grovt att konsekvensområdet för explosiva ämnen är ca 40 meter.

B.2 Gaser

Vid beräkning av konsekvenserna av en farligt godsolycka med utsläpp av brännbar gas antas att det är tryckcondenserad gasol som transporteras. De transporter som förekommer utgörs av mindre förpackningar och flaskor. Därför antas utsläppsstorleken (för jetflamma och gasmoln) till: punktering (hålstorlek 20 mm). Simuleringsprogrammet *Gasol*¹⁸ används för beräkningar, dels avseende eventuell jetflammas längd vid omedelbar antändning, dels avseende det brännbara gasmolnets volym. För brinnande gasmoln antas det att gasmolnet antänds då det fortfarande befinner sig vid fordonet och inte har hunnit spädas ut ytterligare. Vindstyrkan varierar från 3-8 m/s.

Nedan visas de avstånd, inom vilka personer antas omkomma, för respektive scenario vid olika typer av utsläpp. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat, varför dess bredder även presenteras. Skadedrabbat område definieras av avståndet för tredje gradens brännskada.

Tabell 4. Skadedrabbat område för olika scenarier vid farligt godsolycka med brännbar gas i lasten.

Läckagestorlek	Antändning	Vindstyrka [m/s]	Skadedrabbat område
Punktering (2,4 kg/s)	Jetflamma	-	Plym 18,1 m * 16 m
		3	Plym 18,2 m * 13,7 m
	Gasmoln	5	Plym 18 m * 11,5 m
		8	Plym 15,9 m * 11 m

Ovanstående tabell visar på att vindstyrkan inte medför någon markant skillnad med avseende på skadeområde vid fördröjd antändning, d.v.s. gasmolnsexplosion. Därför väljs ett medelvärde för konsekvensområdet som används oberoende vindstyrka. Detta antas till 20 meter.

B.3 Brandfarliga vätskor

Vid beräkning av konsekvensen av en farligt godsolycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma brandfarlig vätska klass 1 (bensin).

Uppskattningsvis rymmer en normal tankbil några tiotal ton bensin, men vanligtvis är tanken uppdelad i mindre fack och därför är sannolikheten för att all bensin läcker ut mycket liten. Beroende på utsläppsstorleken antas olika stora pölar med brandfarlig vätska bildas vilket leder till olika mängder värmestrålning. Ett stort läckage antas bilda en 400 m² pöl, mellanstort 200 m² och litet läckage 50 m².

Strålningsberäkningarna har genomförts med hjälp av handberäkningar (se bilaga C).

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma antas vara fram till där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m², vilket är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder).

I tabell nedan redovisas den beräknade infallande strålningen på avstånd från pölbrandens kant. Eftersom strålningsberäkningarna utgår från pölens kant är det ofta viktigt att även räkna med pölradien för att få det aktuella avståndet med utgångspunkt från olycksplatsen eftersom den brandfarliga vätskan kan spridas över relativt stort område. I tabellen presenteras därför också det maximala skadeområde inom vilket personer kan omkomma (maximala värdet under antagandet om cirkulär pöl). I praktiken kommer utsläppets utbredning vara starkt beroende av omgivnings utformning.

Tabell 5. Skadedrabbat område för olika scenarier vid farligt godsolycka med brandfarlig vätska i lasten.

Scenario	Infallande strålning > 15 kW/m² från pölkant	Maximalt Skadeområde (cirkulär pöl)
Liten pölbrand (50 m ²)	12 m	16m
Medelstor pölbrand (200 m ²)	22m	30 m
Stor pölbrand (400 m ²)	28 m	39 m

Bilaga C – Strålningsberäkningar

C.1 Beräkningsmetodik

Strålningsberäkningarna har genomförts med hjälp av handberäkningar. Beräkningarna av den värmestrålning som det analyserade området utsätts för i händelse av olycka med påföljande brand har genomförts enligt följande:

- Beräkning av brandeffekt
- Beräkning av flammans höjd och temperatur
- Beräkning av synfaktor
- Beräkning av infallande strålning på olika avstånd från branden

Brandeffekten beräknas för att uppskatta hur mycket energi som avges från branden till omgivningen. Flammans höjd används för att beräkna den så kallade synfaktorn som anger hur mycket av den från branden emitterade strålningen som når olika punkter i omgivningen. Temperaturen hos flammen ligger till grund för beräkningen av hur mycket infallande strålning som mottas av ytor på olika avstånd från branden.

C.1.1 Brandeffekt

Brandeffekten erhålls genom följande samband¹⁹:

$$\dot{Q} = \chi \cdot \dot{m}'' \cdot \Delta H_c \cdot A_f \quad \text{Ekvation C1.}$$

där

\dot{Q} = utvecklade effekt (kW)

χ = förbränningseffektivitet (i de flesta fall används värdet 0,7¹⁹)

\dot{m}'' = förbränningshastighet per ytenhet (kg/m²s)

ΔH_c = förbränningsvärme (MJ/kg)

A_f = brinnande yta (m²)

Ekvationen gäller förutsatt att pölbrandens diameter är relativt stor (>2 m). För bensin gäller följande:

$$\dot{m}'' = 0,055 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

$$\Delta H_c = 43,7 \text{ MJ/kg}$$

C.1.2 Flamhöjd

Flamhöjden H_f (m) beräknas med hjälp av följande ekvation¹⁹:

$$H_f = 0,23 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1,02D \quad \text{Ekvation C2.}$$

där D är brandens diameter som beräknas ur:

$$D = \sqrt{\frac{4A_f}{\pi}} \quad \text{Ekvation C3.}$$

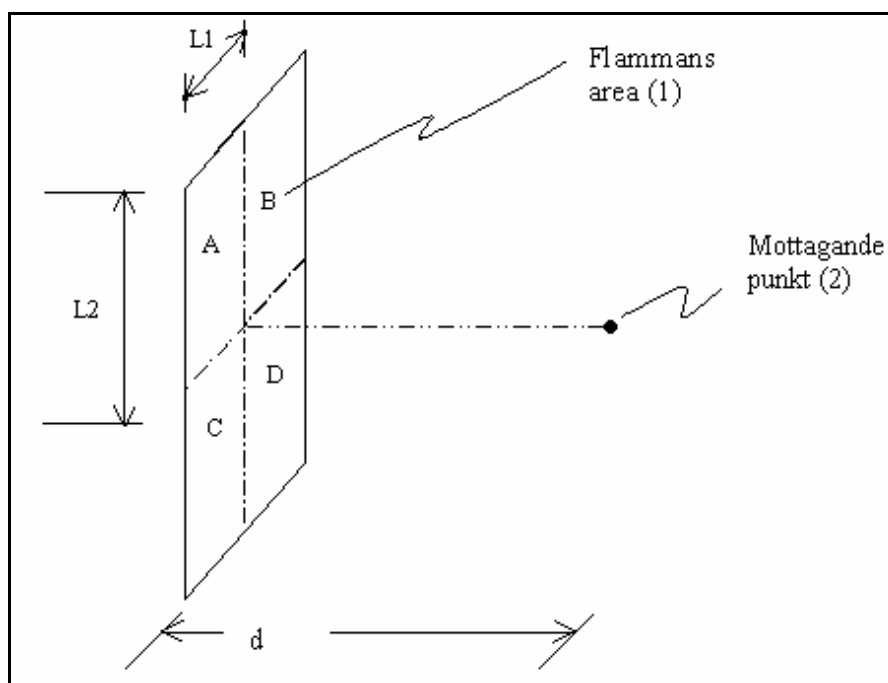
C.1.3 Flamtemperatur

Flamtemperaturen T_f utgör medeltemperaturen i flammen. Temperaturen i flamspetsen är ca 540°C (813 K)²⁰. Vid lägre temperaturer förlorar flammen sin laminära karaktär. Om flammans maximala temperatur bestäms till 1000°C (1273 K)²¹ kan medeltemperaturen i flammen bestämmas. Den maximala flamtemperaturen är bland annat beroende av vilket material som brinner och storleken på branden. Medeltemperaturen används i beräkningen av strålningen från flammen och erhålls enligt:

$$T_f = \left(\frac{1273^4 + 813^4}{2} \right)^{1/4} = 1112K \quad \text{Ekvation C4.}$$

C.1.4 Synfaktor

Synfaktorn F anger hur stor andel av den emitterade strålningen som når den mottagande punkten eller ytan (se figur 12). Vid beräkningen av synfaktorn antas att branden är rektangulär så att flammans diameter är lika stor i toppen som i botten. Detta är ett konservativt antagande då branden i själva verket normalt smalnar av väsentligt upptill.



Figur 12. Synfaktor.

Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flammen och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt²¹:

$$F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$$

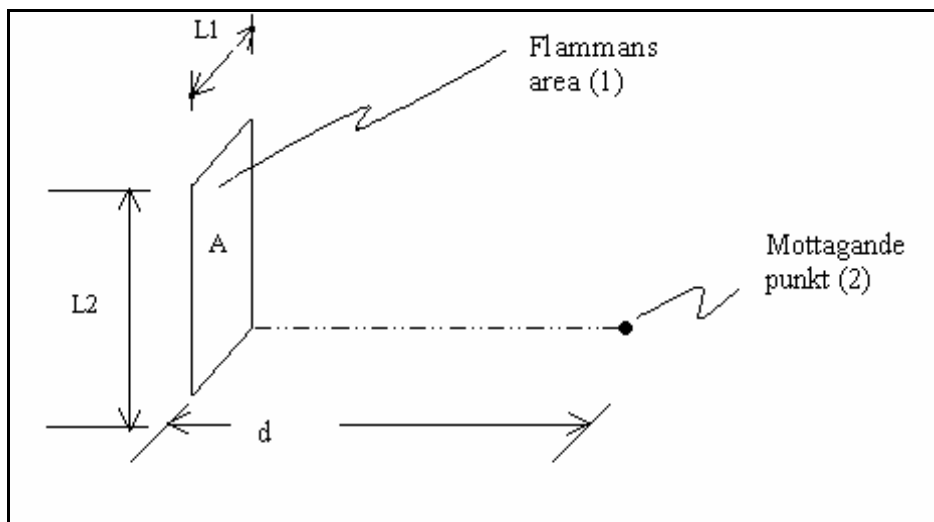
där $F_{A1,2}$ beräknas enligt följande: $F_{A1,2} = \int_0^{A_1} \frac{\cos \Theta_1 \cos \Theta_2}{\pi d^2} \cdot dA_1$ Ekvation C5.

där θ_1 och θ_2 är infallande vinkel, dvs. 0, och $F_{B1,2}$, $F_{C1,2}$ och $F_{D1,2}$ beräknas på samma sätt för dess mått där $A_1 = L_1 \cdot L_2$. Ekvationen C6 används för beräkning av respektive ytas synfaktor:

$$F_{A12} = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right) \quad \text{Ekvation C6.}$$

där

$$X = \frac{L_1}{d} \quad \text{och} \quad Y = \frac{L_2}{d} \quad \text{enligt figur 13.}$$



Figur 13. Synfaktor.

Om ytorna A, B, C och D är lika stora betyder det att den mest kritiska punkten på avståndet d från branden studeras. Genom att dela upp brandens totala area i olika stora ytor kan synfaktorn och då värmestrålningen bestämmas för en punkt på avståndet d från branden på x meters höjd. Synfaktorn mellan flaman och en punkt kan även tas fram med hjälp av tabellvärden.

C.1.5 Infallande strålning

Den från branden infallande strålningen som når omgivningen varierar med flammans temperatur, synfaktorn och den brinnande massans emissivitet. Emissiviteten, det vill säga materialets förmåga att avge värmeenergi, är beroende av materialets temperatur och egenskaper, särskilt vid ytan. Exempelvis kan sägas att en blankpolerad yta har mycket lägre emissivitet än en mörk skrovlig yta. Den infallande strålningen kan beräknas genom²¹:

$$q_r'' = \varepsilon \sigma F T_f^4 \quad \text{Ekvation C7.}$$

där

$$q_r'' = \text{Infallande strålning (kW/m}^2\text{)}$$

ε = Emissionstal

σ = Stefan-Boltzmanns konstant (= 5.67×10^{-11} kW/m²K⁴)

F = Synfaktor

T_f = Flammans medeltemperatur

Emissionstalet för en flamma varierar med materialets egenskaper och tjockleken på flaman. För stora bränder antas emissionstalet vara 1, vilket är ett konservativt antagande.

C.2 Beräkningar och resultat

Med hjälp av ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden för tre olika scenarier beräknats (se tabell 6). De olika scenarierna utgörs av friliggande pölbränder med areorna 50, 200 och 400 m².

Tabell 6. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flammhöjd.

Brinnande yta (m ²)	Utvecklad effekt (kW)	Brandens diameter D _f (m)	Flammhöjd H _f (m)
50	84 123	7,98	13,32
200	336 490	15,96	21,09
400	672 980	22,57	26,29

Strålningen har beräknats för halva flammans höjd på olika avstånd från branden. Dessa värden återges i tabell 7 och figur 14 nedan.

Tabell 7. Beräkning av strålning och synfaktor på halva flammans höjd för olika avstånd från pölbranden.

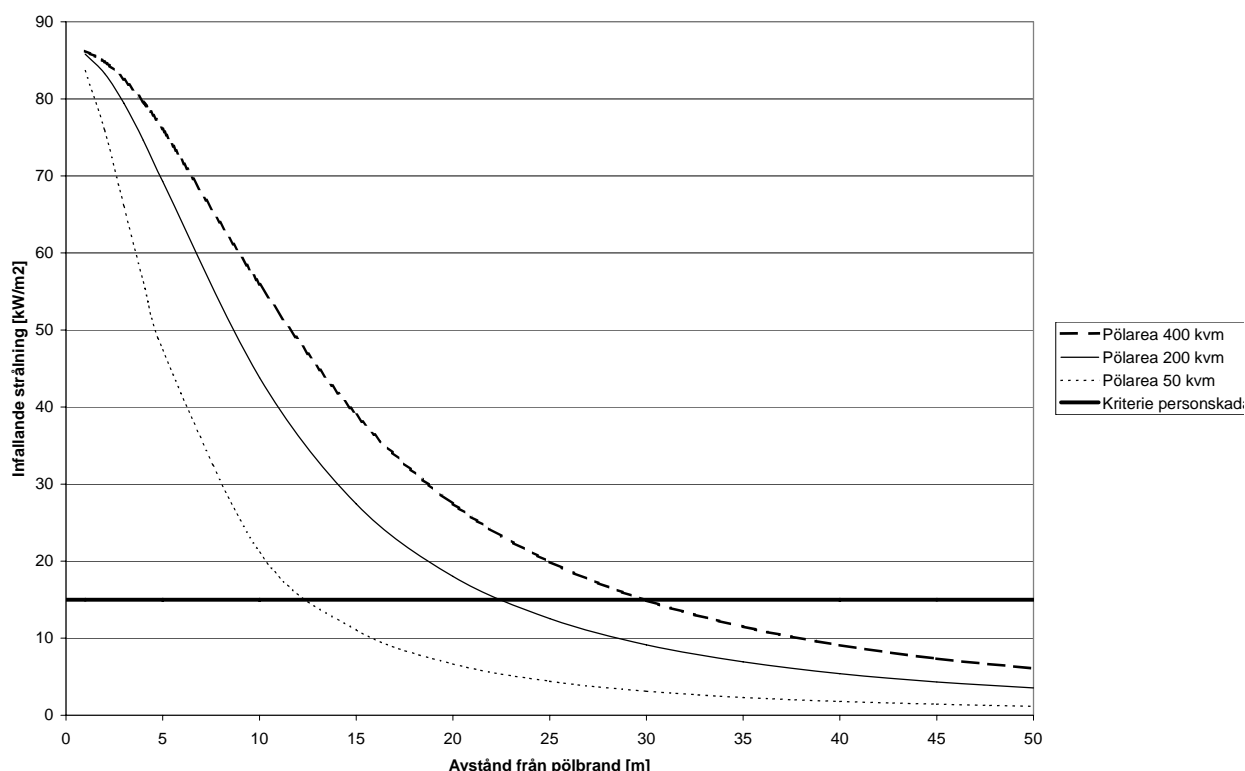
Avstånd från pölbrand (m)	Pölbrand 50 m ²		Pölbrand 200 m ²		Pölbrand 400 m ²	
	F _{1,2}	Strålning [kW/m ²]	F _{1,2}	Strålning [kW/m ²]	F _{1,2}	Strålning [kW/m ²]
1	0,96 5	83,67	0,99 0	85,82	0,99 4	86,21
2	0,87 6	75,91	0,96 1	83,29	0,97 8	84,80
3	0,76 2	66,08	0,91 6	79,43	0,95 2	82,54
4	0,64 9	56,25	0,86 1	74,62	0,91 8	79,59
5	0,54 7	47,45	0,79 9	69,28	0,85 9	74,49
10	0,24 4	21,14	0,50 6	43,84	0,60 9	52,79
15	0,12 8	11,09	0,31 6	27,43	0,41 3	35,79
20	0,07 7	6,67	0,20 8	18,05	0,28 6	24,76
25	0,05 1	4,41	0,14 5	12,55	0,20 5	17,75
30	0,03 6	3,12	0,10 5	9,15	0,15 2	13,20
35	0,02 7	2,32	0,08 0	6,93	0,11 7	10,13
40	0,02	1,79	0,06	5,41	0,09	7,99

	1		2		2	
45	0,01 6	1,42	0,05 0	4,34	0,07 4	6.45
50	0,01 3	1,16	0,04 1	3,55	0,06 1	5.30

Det framgår tydligt av beräkningarna att den infallande strålningen avtar med avståndet från strålkällan. För att kunna få en uppfattning av vilken strålning som är tolerabel kan beräknade strålningsnivåer jämföras med följande värmepåverkan och gränsvärden.

- 1 kW/ m² Högsta nivå som inte orsakar smärta
- 13 kW/ m² Antändning av trä vid närvaro av en liten flamma, samt orsak till outhärdlig smärta efter 3 s exponering
- 20 kW/ m² Kriteriet för övertändning i rum, orsakar outhärdlig smärta efter 1 s exponering
- 30 kW/ m² Spontan antändning av trä i det fria.

För strålning mellan byggnader anges att strålningen bör understiga 15 kW/m² i minst 30 minuter utan särskilda åtgärder i form av brandklassad fasad²². Det kriterium som används i detta fall för att avgöra antalet omkomna på grund pölbrand anges till 15 kW/m². I figur 14 återges resultaten från strålningsberäkningarna. Kriterierna för omkomna presenteras också i figuren.



Figur 14. Infallande strålning som funktion av avståndet pölbranden.

Bilaga D – Riskberäkningar

Frekvensberäkningarna har utförts för en sträcka av 600 m. Studerade ämnen kan inte få konsekvenser inom ett sådant område, varför en korrektionsfaktor införs. Korrektionsfaktorn väljs grovt och bedömt konservativt till 0,2 baserat på att konsekvensområdena är i storleksordningen 50 m. På detta sätt kan tidigare beräknade frekvenser justeras.

Utifrån dessa värden beräknas individrisken genom att frekvenserna för samtliga möjliga scenarier med ett konsekvensområde större än eller lika med ett visst värde summeras. För det minsta värdet, i detta fall 15 meter, blir därmed individrisken summan av samtliga scenariers frekvenser.

Samhällsrisik beräknas på samma sätt med den skillnaden att istället för konsekvensområdet för varje scenario används förväntat antal omkomna.

Tabell 8. Sammanställning över ingångsvärden för beräkning av individrisk

FG-klass	Slutscenario	Frekvens (per år)	Frekvens efter korrigerering (per år)	Konsekvensområde (m)
Explosiva ämnen (klass 1)	Liten explosion	$1,8 \cdot 10^{-7}$	$3,6 \cdot 10^{-8}$	40
Gaser (klass 2)				
	<i>Brännbar gas</i>			
	Liten jetflamma	$2,7 \cdot 10^{-9}$	$5,1 \cdot 10^{-10}$	20
	Gasmolnsexplosion	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$2,6 \cdot 10^{-9}$	20
Brandfarlig vätska (klass 3)				
	Liten pölbrand	$1,7 \cdot 10^{-7}$	$3,3 \cdot 10^{-8}$	15
	Mellan pölbrand	$6,4 \cdot 10^{-8}$	$1,3 \cdot 10^{-8}$	30
	Stor pölbrand	$1,3 \cdot 10^{-7}$	$2,6 \cdot 10^{-8}$	40

Referenser

- ¹ Övergripande riskbedömning, Kv. Telegrafan, WSP Brand- och Riskteknik, 2007-09-24.
- ² Farligt godsstatistik (version 1), statistik över åren 2003-2006, excel-fil erhållen från Peter Ängsås, Stockholms hamnar, 2007-07-23.
- ³ Kvantitetsbegränsningar för hantering av farligt gods över Stockholms frihamn, containerterminalen. 1999-04-18.
- ⁴ Statistik över antalet registrerade farligt godstransporter i Nynäshamns hamn perioden April 2005 till September 2007, erhållet från Malin Wiman på Stockholms Hamnar, 2007-09-11.
- ⁵ Muntlig information från personal på Shell, 070719.
- ⁶ Säkerhetsrapport för Nynäs Refining AB, Raffinaderiet i Nynäshamn, Steijner D., ÅF-IPK AB, 2002-01-29 (reviderad 2004-03-12).
- ⁷ Utökad verksamhet vid Nynäs Refining AB i Nynäshamn, Miljökonsekvensbeskrivning till ansökan om tillstånd för raffineriverksamhet och hamnverksamhet i Nybäshamn, SWECO VIAK AB, Östra Regionen, Stockholm 2007-03-21.
- ⁸ Intervju med Johanna Nittve, Statoil Lubricants, 070719.
- ⁹ Miljökonsekvensbeskrivning för nytt tillstånd för Nynäshamns avloppsanläggning, WRS, AMF och SWECO, 2004-03-31 inklusive revidering 2004-03-31.
- ¹⁰ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996
- ¹¹ *Värdering av risk*, Räddningsverket Karlstad, 1997.
- ¹² Årsmedelsdygnstrafik från stickprov och helårsmätning, i form av tabeller, med hjälp av klickbar karta, Statistik från Vägverkets hemsida – www.vagverket.se, 2007-07-24.
- ¹³ Planprogram för del av Telegrafan, ”Nynäshamns Business Park”, Nynäshamns kommun, Dnr 2006.0993, April 2007.
- ¹⁴ Vägtrafikskador 2001, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001
- ¹⁵ Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS), uppgifter erhållna av Arne Land, Statens Väg- och Transportforskningsinstitut 2003-05-27.
- ¹⁶ Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, vol 33 1993.
- ¹⁷ Diagram för konsekvensanalys, S. Lamnevik, FOA Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- ¹⁸ Gasol 2001 – version 2.5, handbok, Räddningsverket 2005
- ¹⁹ Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000.
- ²⁰ Fire safety of bare external structural steel, Law & O’Brien, Constrado, 1981.
- ²¹ An Introduction to Fire Dynamics – second edition, Drysdale, University of Edinburgh, UK 1999.
- ²² BBR, Boverkets Byggregler, BFS 1993:57 med ändringar t o m BFS 2006:12, Boverket, 2006