UNITED BY OUR DIFFERENCE

WSP

RAPPORT

Riskbedömning avseende farligt gods

Detaljplan för Gamlestadens Fabriker

Göteborgs stad

2014-02-14 Slutgiltig handling

Upprättad av: Fredrik Larsson
Granskad av: Johan Lundin
Godkänd av: Fredrik Larsson

RAPPORT

Riskbedömning avseende farligt gods Detaljplan för Gamlestadens Fabriker Göteborgs stad

Slutgiltig handling

Beställare

Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs stad
Kontaktperson Arvid Törnqvist

Konsult

WSP Brand & Risk
Box 13033
402 51 Göteborg
Besök: Rullagergatan 4
Tel. växel: +46 31 727 25 00
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
www.wspgroup.se

Kontaktperson

Fredrik Larsson
fredrik.j.larsson@wspgroup.se

Datum	*Rev. dat.*	*Handling/version*	*Upprättad av*	*Kontrollerad av*
130308		Preliminär handling	Fredrik Larsson	Johan Lundin
140214		Slutgiltig handling	Fredrik Larsson	Johan Lundin

Sammanfattning

WSP har av Göteborgs stad fått i uppdrag att upprätta en detaljerad riskbedömning avseende transporter av farligt gods kring detaljplaneområdet för Gamlestadens Fabriker i Göteborg.

Syftet med riskbedömningen är att utgöra underlag till utformningen av detaljplanen, beträffande hanteringen av olycksrisker enligt de krav som Plan- och bygglagen ställer på att människors hälsa och säkerhet skall beaktas. Syftet är också att efterleva Länsstyrelsen i Västra Götalands läns rekommendationer om riskhantering nära transportleder för farligt gods samt Göteborgs fördjupade översiktsplan för transporter av farligt gods (FÖP). Målet är att uppskatta risknivån inom planområdet och utifrån den fastställa om riskreducerande åtgärder krävs för att kunna genomföra föreslagen exploatering, och om så är fallet föreslå möjliga riskreducerande åtgärder.

Resultaten av riskberäkningarna visar att med hänsyn till den beräknade individrisknivån måste riskreducerande åtgärder övervägas för hela planområdet, eftersom individrisken ligger inom det s.k. ALARP-områdets enligt DNV:s värderingskriterier.

Den beräknade gruppriskнivån har, för både nollalternativet (ingen förtätning) och utredningsalternativet (förtätning med arbetsplatser och bostäder), konstaterats vara oacceptabelt hög enligt både DNV:s och FÖP:s värderingskriterier. Detta innebär att riskreducerande åtgärder krävs om förtätning skall kunna möjliggöras.

Gällande utredningsalternativet finns det ett antal riskreducerande åtgärder att vidta för att minska riskpåverkan på planområdet. De åtgärder som föreslås är omfattande och innebär stora inskränkningar på gestaltningsförslaget enligt utredningsalternativet. WSP bedömer dock föreslagna åtgärder som rimliga att kräva med hänsyn till risksituationen. Det bör poängteras att åtgärdsförslagen är just förslag i detta skede och att fortsatta utredningar kring funktionskrav, dimensionering och placering av åtgärderna krävs för att kunna bedöma om den riskreducerande effekten är tillräcklig.

De föreslagna åtgärderna är:

- En zon om minst 30 meter lämnas enligt förslaget bebyggelsefritt i planområdets västra och södra delar. Verksamheter i byggnader inom 80 meter från riskkällorna i söder och väster föreslås begränsas till lager, småindustri, p-hus eller liknande med låg persontäthet (uppskattningsvis ca till 5-10 personer/byggnad). Inga bostäder föreslås medges inom denna zon.
- Samtidigt som”första radens byggnader” planeras för låga personantal, har antagits att de kan utformas som en skärm/buffert för bakomliggande bebyggelse. De antas kunna utföras i obrännbara material, med tunga, delvis explosionsdämpande konstruktioner samt med tillräcklig höjd och bredd för att kunna fungera som ett skydd för bakomliggande bebyggelse.
- Samtliga byggnader inom planområdet, såväl nya som gamla, har vidare antagits kunna förses med nödavstängningsmöjlighet på ventilationen i kombination med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida av respektive byggnad.
- Samtliga byggnader inom planområdet ges utrymningsmöjligheter i norr och öster.

Givet de förutsättningar som finns i detta skede bedöms de föreslagna riskreducerande åtgärderna kunna sänka gruppriskenför planområdet från oacceptabla nivåer till en nivå inom den övre delen av det s.k. ALARP-området enligt DNV:s värderingskriterier. Givet att alla rimliga åtgärder vidtas, samt att nyttan med exploateringen anses mycket stor, bör därmed risknivån vara tolerabel enligt definitionen för ALARP-området. DNV:s kriterier särskiljer inte bostäder och arbetsplatser. Motsvarande tolkningssätt avseende FÖP:s värderingskriterier saknas, men det bedöms att de övre kriterierna för såväl arbetsplatser som bostäder klaras, medan de nedre kriterierna sannolikt överskrids även efter vidtagna åtgärder. Vilka värderingskriterier och bedömningsgrunder som skall gälla för planen bör fastställas i samråd enligt miljöbedömningsprocessen.

Innehållsförteckning

1 INLEDNING 6

1.1 SYFTE OCH MÅL 6
1.2 AVGRÄNSNINGAR 7
1.3 STYRANDE DOKUMENT 7
1.4 UNDERLAGSMATERIAL 8
1.5 KVALITETSSÄKRING 8

2 OMRÅDESBESKRIVNING 9

2.1 PLANOMRÅDET 10
2.2 INFRASTRUKTUR 12

3 OMFATTNING AV RISKHANTERING 13

3.1 BEGREPP OCH DEFINITIONER 13
3.2 METOD FÖR RISKINVENTERING 14
3.3 METOD FÖR RISKUPPSKATTNING 14
3.4 METOD FÖR RISKVÄRDERING 16
3.5 METOD FÖR IDENTIFIERING AV MÖJLIGA RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER 18

4 RISKIDENTIFIERING 19

4.1 MEKANISK SKADA VID URSPÅRNING 19
4.2 TRANSPORTER AV FARLIGT GODS 20
4.3 STUDERADE OLYCKSSCENARIER 21

5 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR RISKUPPSKATTNING 22

5.1 UTREDNINGSALTERNATIV – GRUNDBERÄKNING 22
5.2 NOLLALTERNATIV 22

6 RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING 23

6.1 RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING – UTREDNINGSALTERNATIVET 23
6.2 RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING – NOLLALTERNATIVET 25

7 OSÄKERHETER 26

8 KÄNSLIGHETSANALYS 27

9 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER 28

9.1 BEHOV AV RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER 28
9.2 FÖRSLAG TILL RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER 28
9.3 RISKNIVÅ EFTER VIDTAGNA ÅTGÄRDER 30

10 SLUTSATSER 32

REFERENSER 33

BILAGA A – FREKVENS- OCH SANNOLIKHETSUPPSKATTNINGAR – JÄRNVÄG 34

A.1 STATISTISKT UNDERLAG OCH PROGNOSER – JÄRNVÄG 34
A.2 SANNOLIKHET FÖR URSPÅRNING 35
A.3 JÄRNVÄGSOLYCKA MED TRANSPORT AV FARLIGT GODS 36
A.4 OLYCKSSCENARIER – HÄNDELSETRÄDSMETODIK 37
A.5 ACKUMULERAD OLYCKSPÅVERKAN 41

REFERENSER BILAGA A 42

BILAGA B – KONSEKVENSUPPSKATTNINGAR – JÄRNVÄG 43

B.1 BEFOLKNINGSMÄNGD INOM PLANOMRÅDET 43
B.2 MEKANISK SKADA VID URSPÅRNING 43
B.3 UPPSKATTADE KONSEKVENSER FÖR OLYCKOR MED FARLIGT GODS 43
B.4 SAMMANSTÄLLNING AV RISKBIDRAG FRÅN OLYCKOR PÅ JÄRNVÄGEN 49

REFERENSER BILAGA B 51

BILAGA C – FREKVENS- OCH SANNOLIKHETSUPPSKATTNINGAR – VÄG 52

C.1 STATISTISKT UNDERLAG OCH PROGNOSER – VÄG 52
C.2 ADR-S KLASS 1 – EXPLOSIVA ÄMNEN OCH FÖREMÅL 55
C.3 ADR-S KLASS 2 – GASER 58
C.4 ADR-S KLASS 3 – BRANDFARLIGA VÄTSKOR 62
C.5 ADR-S KLASS 5 – OXIDERANDE ÄMNEN OCH ORGANISKA PEROXIDER 63
C.6 ACKUMULERAD OLYCKSPÅVERKAN 66

REFERENSER BILAGA C 67

BILAGA D – KONSEKVENSUPPSKATTNINGAR – VÄG 69

D.1 BEFOLKNINGSMÄNGD INOM PLANOMRÅDET 69
D.2 ANTAGANDE OM OLYCKANS PLACERING 69
D.3 ADR-S KLASS 1 – EXPLOSIVA ÄMNEN 70
D.4 ADR-S KLASS 2 – GASER 71
D.5 ADR-S KLASS 3 73
D.6 ADR-S KLASS 5 73
D.7 SAMMANSTÄLLNING AV RISKBIDRAG FRÅN OLYCKOR PÅ VÄGNÄTET 74

REFERENSER BILAGA D 76

BILAGA E – SPRIDNINGSBERÄKNINGAR – GIFTIG GAS 77

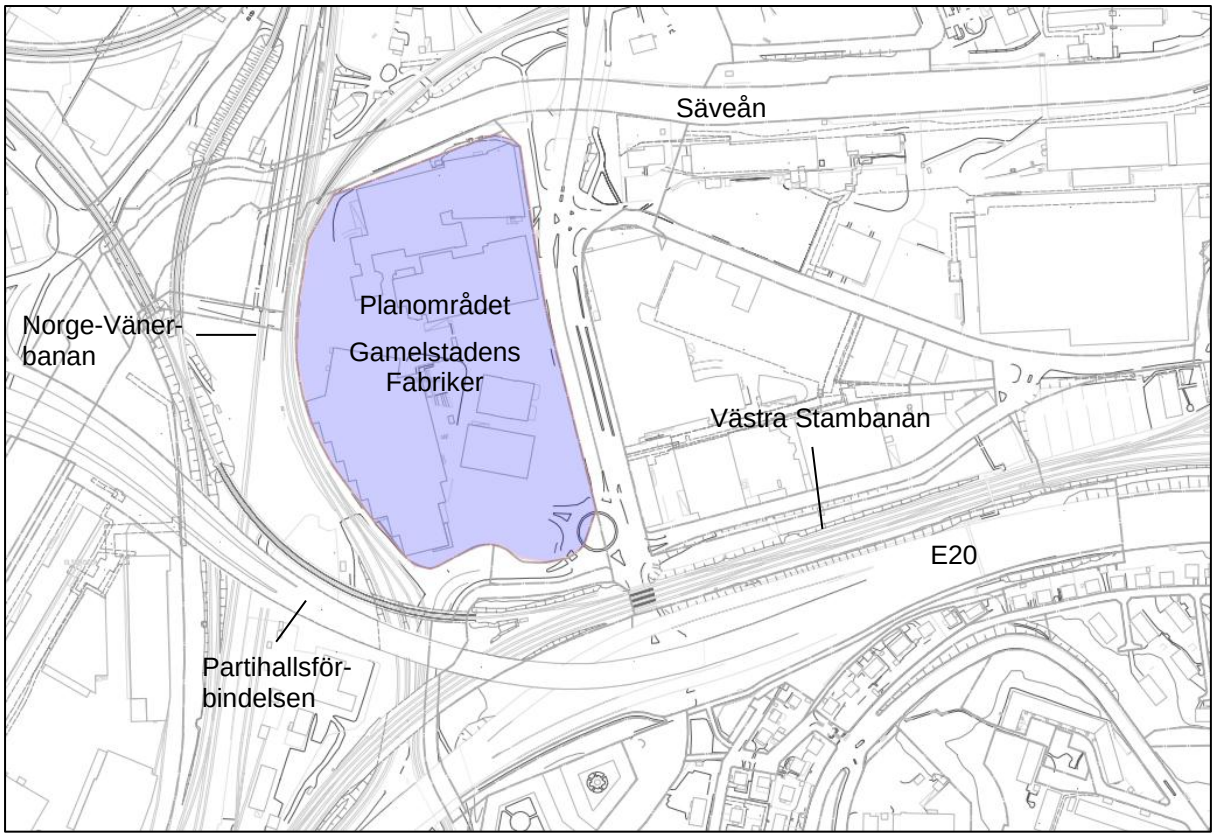
E.1 SVAVELDIOXID 77
E.2 KLOR 78
E.3 AMMONIAK 79
E.4 SLUTSATS AV SPRIDNINGSBERÄKNINGAR 80

REFERENSER BILAGA E 80

1 Inledning

WSP har av Göteborgs stad fått i uppdrag att upprätta en detaljerad riskbedömning avseende transporter av farligt gods vid Gamlestadens Fabriker i Göteborg. Den planerade exploateringen inom planområdet innebär en förtätning av befintlig verksamhet med verksamheter/kontor och bostäder. Avsikten är att skapa en blandstad som knyter an till den nya knutpunkten som Resecentrum norr om Säveån utgör. Planområdet är stort och ägs av en enskild fastighetsägare. Fastighetsägarens planer kring hur förtätningen önskas utföras har legat till grund för denna riskbedömning. Då analysen utförs i ett tidigt skede är dock utformningen av byggnaderna ännu inte fastställd.

Planområdet och dess närmaste omgivningar gestaltas i Figur 1.



Figur 1. Skiss över planområdet och dess omgivningar.

1.1 Syfte och mål

Syftet med riskbedömningen är att utgöra underlag till utformningen av detaljplanen, beträffande hanteringen av olycksrisker enligt de krav som Plan- och bygglagen ställer på att människors hälsa och säkerhet skall beaktas. Syftet är också att efterleva Länsstyrelsen i Västra Götalands läns rekommendationer om riskhantering nära transportleder för farligt gods samt Göteborgs fördjupade översiktsplan för transporter av farligt gods.

Målet är att uppskatta risknivån inom planområdet och utifrån den fastställa om riskreducerande åtgärder krävs för att kunna genomföra föreslagen exploatering, och om så är fallet föreslå möjliga riskreducerande åtgärder.

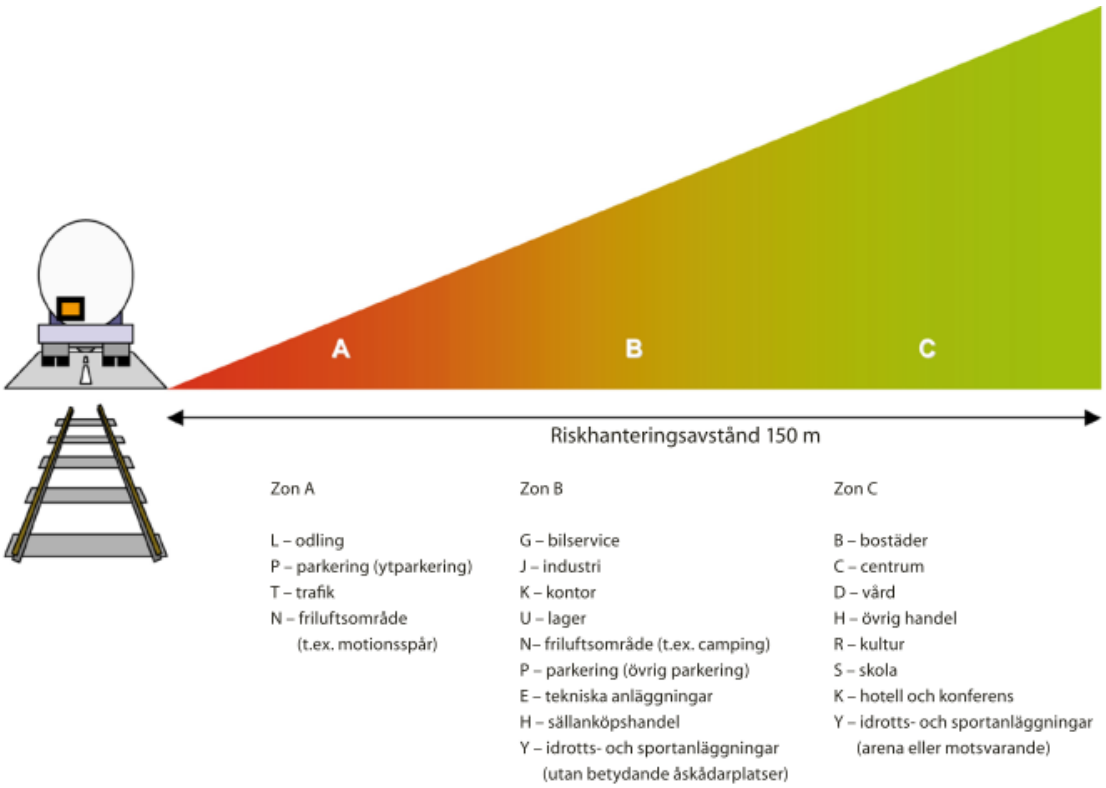
1.2 Avgränsningar

De risker som beaktas är uteslutande sådana som är förknippade med plötsligt inträffade skadehändelser kopplade till transporter av farligt gods i anslutning till planområdet. Enbart risker som kan innebära livshotande konsekvenser och påverkar personsäkerheten på eller omkring planområdet beaktas. Detta innebär att ingen hänsyn har tagits till exempelvis egendomsskador, eventuella skador på naturmiljön eller skador orsakade av långvarig exponering för avgaser, buller eller liknande.

En geografisk avgränsning avseende identifieringen av riskkällor har gjorts utifrån riktlinjer från länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län som anger att riskhanteringsprocessen ska beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led [1]. Se vidare kapitel 4.

1.3 Styrande dokument

För att möta behovet av mer detaljerade specifikationer på innehållet i riskanalyser har det kommit ut riktlinjer på området med rekommendationer beträffande vilka typer av riskanalyser som bör utföras i vilka sammanhang och vilka krav som bör ställas på dessa analyser. Exempel på en rekommendation är Räddningstjänsten i Storgöteborgs Riktlinjer för riskbedömningar [2]. Ett annat exempel är länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län som har utkommit med riktlinjer som anger att riskhanteringsprocessen ska beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led [1], se vidare Figur 2. Beträffande ny bebyggelse har Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs stad tidigare tagit fram en fördjupad översiktsplan som ger vägledning gällande riskanalyser av transporter med farligt gods [3]. Samtliga ovan nämnda riktlinjer har tillämpats i denna rapport.



Figur 2. Zonindelning för riskhanteringsavstånd. Zonerna representerar lämplig markanvändning i förhållande till transportled för farligt gods [1].

1.4 Underlagsmaterial

Följande underlagsmaterial har funnits till förfogande vid upprättande av analysen:

- Grundkarta för planområdet, 2012-10-24, tillhandahållen av Stadsbyggnadskontoret.
- Situationsplan över planområdet inkl. önskad förtätning, 2012-11-26, GAJD arkitekter.
- Flödesdata för järnvägsspåren i och kring Gamlestaden inklusive prognos för år 2030. Erhållen från Alexander Hellervik (Trafikanalytiker, Trafikverket Göteborg) 2012-10-25.
- Trafikprognoser för vägnätet. Vägverket Region Väst, PM - komplettering av trafik- och miljöeffekter - Arbetsplan E6 / Väg 45 / E20 Marieholmsförbindelsen, OBJ NR: 42 36 10, Januari 2010, WSP Samhällsbyggnad.

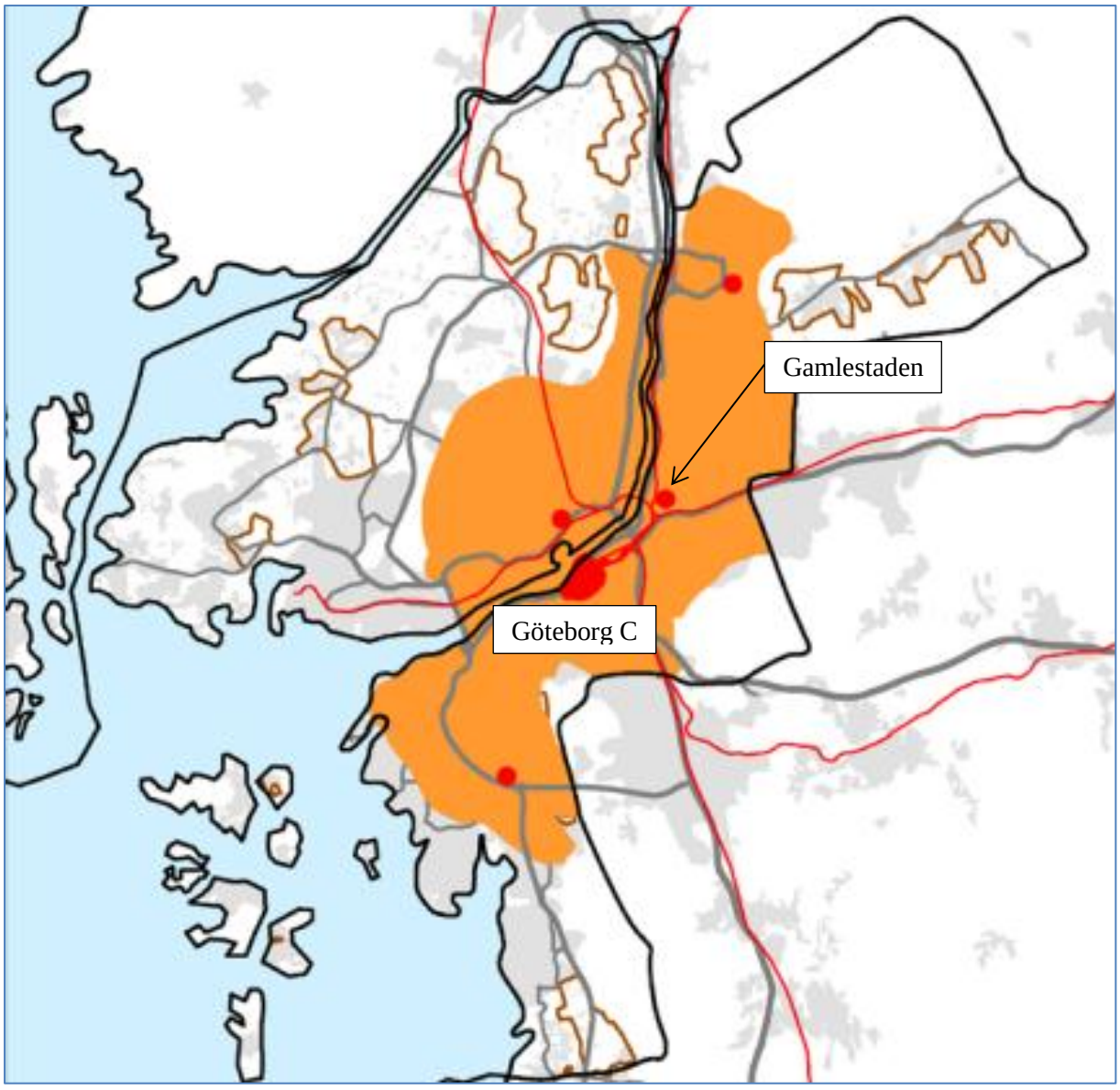
Ytterligare en mängd tillgängliga rapporter, facklitteratur, haveriutredningar, internt utredningsmaterial med mera har använts som underlagsmaterial vid arbetet, och det refereras till löpande i texten.

1.5 Kvalitetssäkring

Rapporten är utförd av Fredrik Larsson (Brandingenjör och Civilingenjör Riskhantering). I enlighet med WSP:s miljö- och 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 Johan Lundin (teknologie doktor).

2 Områdesbeskrivning

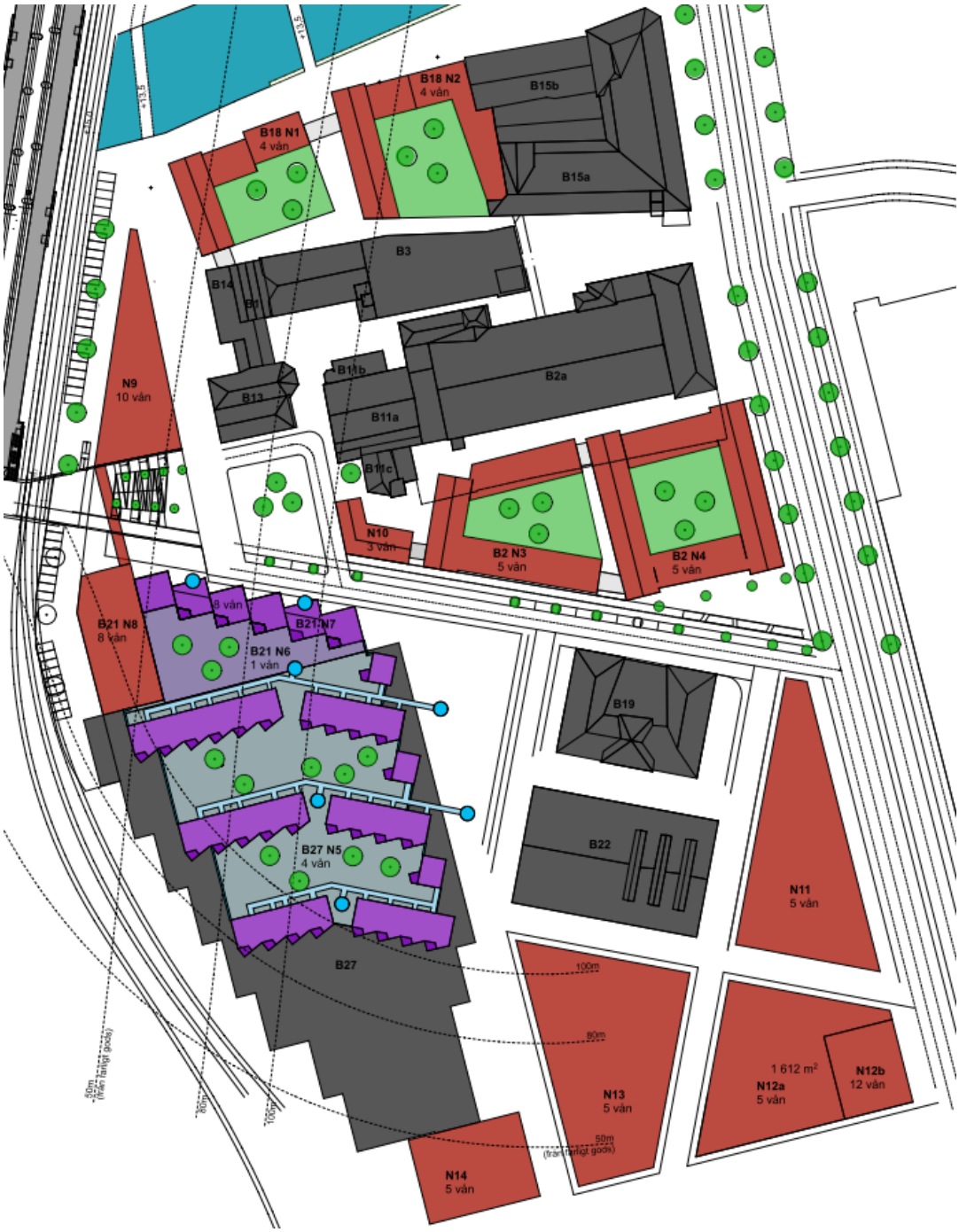
Planområdet ligger i stadsdelen Gamlestaden nordost om centrala Göteborg. Stadens ambition är att bygga i stationsnära lägen, särskilt kring fem utpekade knutpunkter varav Gamlestaden är en. Kring dessa knutpunkter är det angeläget att bygga blandstad för att skapa trygga och attraktiva områden dygnet runt.



Figur 3. Kartbild över Göteborg där Gamlestadens viktiga läge som knutpunkt med en röd ring [4].

2.1 Planområdet

Befintlig detaljplan medger industriverksamhet, men området innefattar i dagsläget även kontor, vårdcentral, bowlinghall, restauranger etc. Fastighetsägaren har låtit ta fram en situationsplan gällande önskad förtätning av planområdet, innefattande såväl ovan nämnda verksamheter som också hotell och bostäder. Situationsplanen enligt förslaget återges i Figur 4 [5]. En förklaring kring nya och gamla byggnader, ytor (BTA), användning (bostäder eller verksamheter) och personantal ges i Tabell 1.



Figur 4. Planområdet enligt fastighetsägarens visioner kring förtätning (utredningsalternativet).

Tabell 1. Förklaring av respektive byggnad i Figur 4 avseende nya och gamla byggnader, ytor (BTA m^2), användning (bostäder eller verksamheter) samt överslagsberäknade personantal [5].

Byggnad	BTA normalpl.	Vån.	Entres./VV	Yta tot	Varav bostäder	Varav lokaler	Antal boende	Antal arbetande
Befintliga								
B1	633	3	380	2279		2279		91
B2a	2465	4		9860		9860		394
B2b	1869	1		1869		1869		75
B3	757	4		3028		3028		121
B11a	572	1		572		572		23
B11b	111	2		222		222		9
B11c	119	2		238		238		10
B13	530	2		1060		1060		42
B14	150	1		150		150		6
B15a	1749	5	1049	9794		9794		392
B15b	968	3		2904		2904		116
B19	1204	5		6020		6020		241
B21	1458	1		1458		1458		58
B22	1839	3		5517		5517		221
B27	9496	2	4486	23478		23478		235
Totalt bef				68449		68449		2034
Nya								
B18 N1	589	4		2356	1767	589	40	24
B18 N2	930	4		3720	2790	930	64	37
B2 N3	999	5		4995	3996	999	91	40
B2 N4	1519	5		7595	6076	1519	139	61
B27 N5	1928	4		7712	7712		176	
B21 N6	1506	1		1506		1506		60
B21 N7	554	7		3878	3878		89	
B21 N8	722	8		5776		5776		231
Hotell N9	800	10		8000		8000	200	20
N10	238	3		714		714		29
N11	1913	5		9565		9565		383
N12a	1612	5		8060		8060		322
N12b	500	12		6000		6000		240
N13	2284	5		11420		11420		457
N14	826	5		4130		4130		165
Totalt nytt				85427		59208	800	2068
Totalt				153876	26219	127657	800	4102

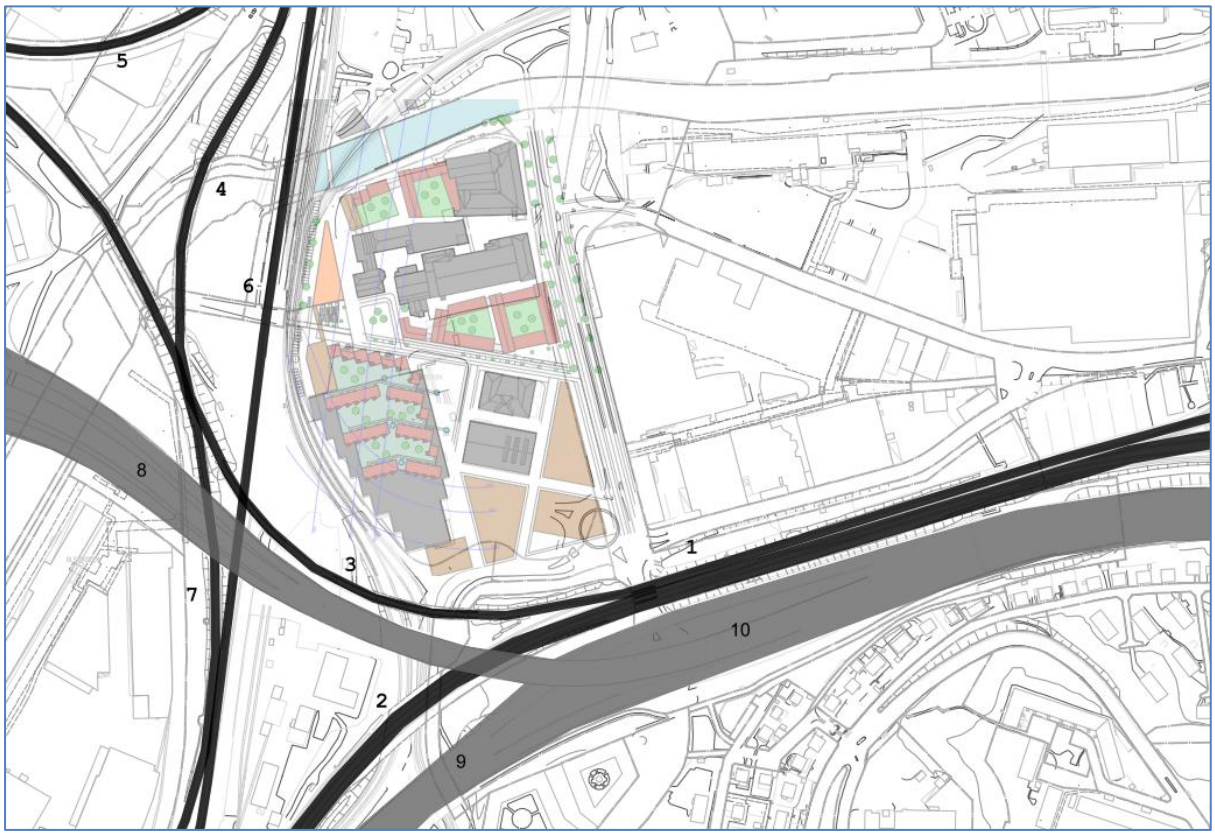
Överslagsmässigt personantal avseende antal boende (tabellens näst sista kolumn) har beräknats utifrån fastighetsägarens ambition att bygga 300 nya bostäder inom planområdet samt ett hotell med ca 200 rum. I varje bostad har antagits att 2 personer bor och i hotellet är antalet gäster uppskattningsvis maximalt 200 personer. Detta ger sammanlagt ca 800 boende (inkl. hotellgäster) enligt förslaget.

För övriga verksamheter (kontor/arbetsplatser) görs ett antagande att ca 10% av byggnadens yta (BTA inkluderar även ytterväggar, innerväggar etc) avgår som ej brukbar yta. Vidare antas att ytterligare ca 50% av ytorna avgår till teknikutrymmen, korridorer, pausutrymmen etc. Kvarvarande yta antas befolkas av ca 0,1 personer/m^2 enligt *Utrymningsdimensionering* [6]. Denna överslagsberäkning ger att ca 4100 arbetande förväntas kunna vistas inom planområdet enligt planförslaget (sista kolumnen i tabellen).

Med dessa förutsättningar ges en persontäthet inom planområdet på drygt 800 personer/ha. För att bedöma rimligheten i dessa överslagsberäknade personantal kan en jämförelse med FÖP [3] göras. I det typområde som ansätts längs transportleder enligt FÖP uppgår persontätheten till 690 personer/ha. Planområdet har därmed ca 18% högre persontäthet än typområdet enligt FÖP vilket förefaller rimligt med hänsyn till förtätningens art.

2.2 Infrastruktur

Planområdet gränsar i väster och söder till ett antal större transportleder för farligt gods. Dessa sammanställs och illustreras i Figur 5 nedan. Svarta linjer utgör järnvägsspår och gråa linjer utgör vägar. E20 och Västra Stambanan har delats upp i avsnitt, vilka getts separata nummer på grund av att de delar sig strax söder om planområdet. I Tabell 2 anges namn för de olika transportlederna tillsammans med kortaste avstånd till planområdet (mätt till planområdets gräns). Avseende trafikprognoser och transportslag för respektive transportled hänvisas till Bilaga A (järnväg) respektive Bilaga C (väg).



Figur 5. Transportleder för farligt gods på järnväg (svarta linjer) och väg (gråa linjer).

Tabell 2. Transportleder för farligt gods med namn och närmsta avstånd till planområde.

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

3 Omfattning av riskhantering

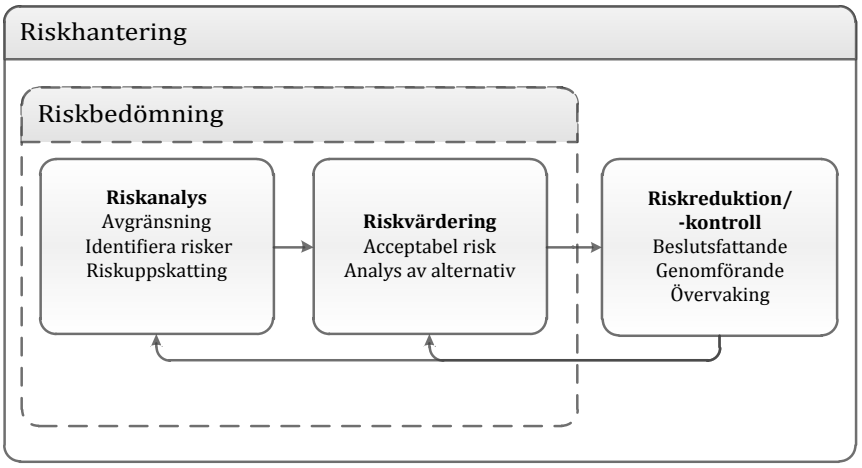
Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering i projektet samt de metoder som används i rapporten.

3.1 Begrepp och definitioner

I samband med hantering av risker används olika begrepp. Nedan beskrivs de begrepp som används i denna riskbedömning, samt vilken innebörd begreppen tillskrivits.

Med *risk* avses kombinationen av sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser.

Riskanalys omfattar, i enlighet med internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system [7,8], dels *riskidentifiering* och dels *riskuppskattning*. Riskidentifieringen är en inventering av händelseförlopp (scenarier) som kan medföra oönskade konsekvenser, medan riskuppskattningen omfattar en kvalitativ eller kvantitativ uppskattning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario.



Figur 6. Riskhanteringsprocessen samt omfattning av riskhantering i projektet (punktstreckad linje).

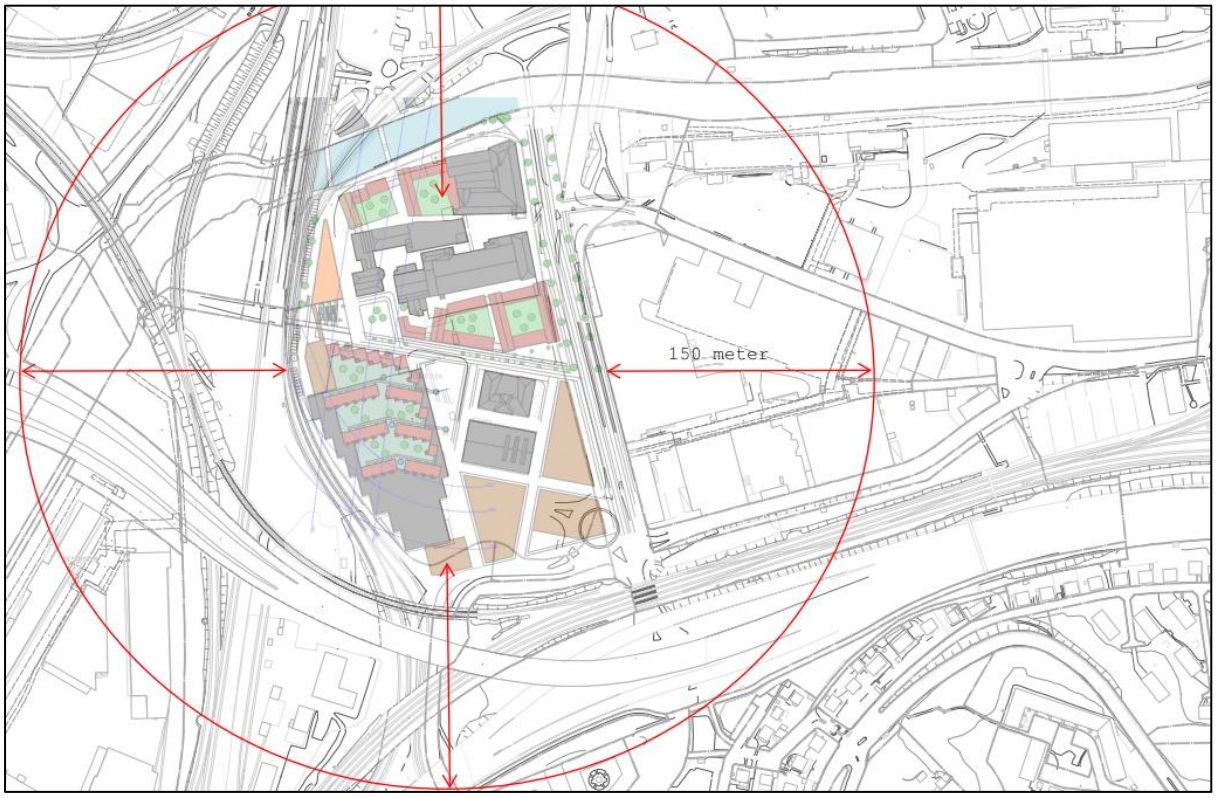
Sannolikhet och *frekvens* används ofta synonymt, trots att det finns en skillnad mellan begreppen. Frekvensen uttrycker hur ofta något inträffar under en viss tidsperiod, t.ex. antalet bränder per år, och kan därigenom anta värden som är både större och mindre är 1. Sannolikheten anger istället hur troligt det är att en viss händelse kommer att inträffa och anges som ett värde mellan 0 och 1.

Kopplingen mellan frekvens och sannolikhet utgörs av att den senare kan beräknas om den första är kändI en kvalitativ riskanalys uppskattas risker med skalor av typen liten - stor eller låg - hög. I en kvantitativ analys uppskattas sannolikhet i stället med frekvenser i form av händelser per år, och konsekvens med exempelvis antal omkomna. Kvaliteten på de olika analyserna kan vara densamma, men resultatet presenteras på olika sätt.

Efter att riskerna analyserats görs en *riskvärdering* för att avgöra om riskerna kan accepteras eller ej. Som en del av riskvärderingen kan även ingå förslag till riskreducerande åtgärder och verifiering av olika alternativ. Det sista steget i en systematisk hantering av riskerna kallas *riskreduktion/kontroll*. Här fattas beslut mot bakgrund av den värdering som har gjorts av vilka riskreducerande åtgärder som ska vidtas. I bästa fall kan riskerna elimineras helt, men oftast är det endast möjligt att reducera dem. En viktig del i riskreduktion/kontroll är att se till att föreslagna riskreducerande åtgärder genomförs och följs upp. Uppföljningen ska göras för att kontrollera om de genomförda åtgärderna reducerar riskbilden tillräckligt. *Riskhantering* avser hela den process som innehåller analys, värdering och reduktion/kontroll, se Figur 6, medan *riskbedömning* normalt enbart avser analys och värdering av riskerna.

3.2 Metod för riskinventering

Riskinventeringen har avgränsats till det geografiska område som redovisas i Figur 7.



Figur 7. Geografisk avgränsning avseende riskkällor som beaktas i riskbedömningen.

Samtliga riskkällor inom ca 150 meter, räknat från planområdets gräns, har inventerats enligt länsstyrelsens rekommendationer [1]. Riskkällorna utgörs av transportleder för farligt gods (både järnväg och väg) och avseende dessa har trafikprognoser för horisontåret 2030 samt förekommande transportslag legat till grund för vilka riskscenarier som behöver beaktas vidare avseende påverkan på planområdet.

Inga farliga verksamheter eller Sevesoverksamheter har identifierats i området.

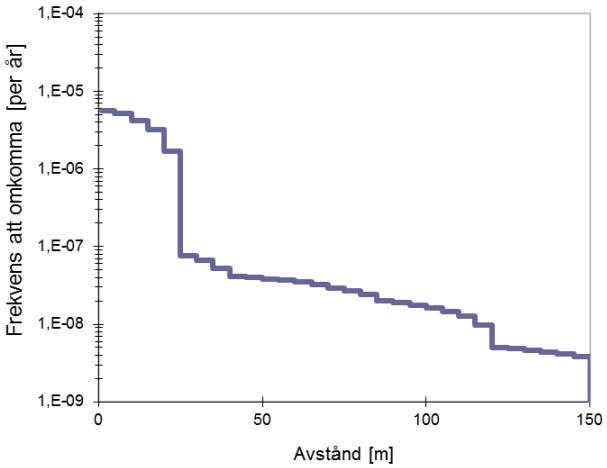
3.3 Metod för riskuppskattning

I denna detaljerade riskbedömning har riskmåtten *individrisk* och *samhällsrisk* (grupprisk) använts för att presentera risknivån med avseende på identifierade risker förknippade med farligt godstransporter. I dessa riskmått görs en sammanvägning av uppskatta sannolikhet och frekvens för identifierade skadehändelser.

3.3.1 Individrisk

Med *individrisk* avses sannolikheten (frekvensen) att enskilda individer ska omkomma inom eller i närheten av en riskkälla, d.v.s. 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 riskmåttet är att se till 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 riskkonturer, som visar den förväntade frekvensen för en händelse som orsakar en viss skada i ett specifikt område, eller i form av en individriskprofil, som visar individrisken som funktion av avståndet från riskkällan, se Figur 8.

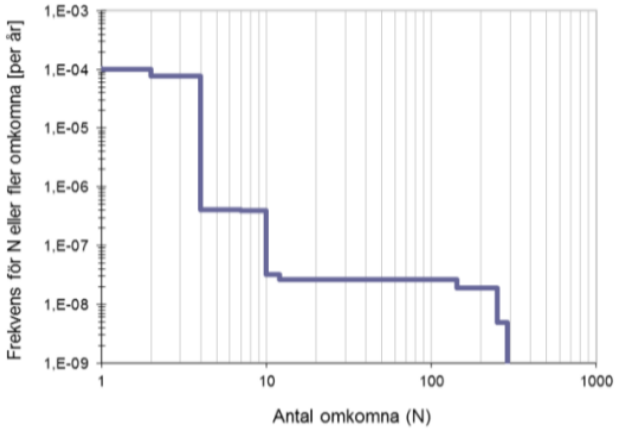


Figur 8. Exempel på individriskprofil.

3.3.2 Samhällsrisk (grupprisk)

Vid användande av riskmåttet *samhällsrisk* beaktas även hur stora konsekvenserna kan bli, till följd av skadescenarier, med avseende på antalet personer som påverkas. När ett mindre område studeras, som i denna analys, kallas ofta samhällsrisken istället för *grupprisk*. Då beaktas befolkningssituationen inom det aktuella området, i form av befolkningsmängd och persontäthet. Till skillnad från vid beräkning av individrisk tas även hänsyn till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året.

Grupprisk redovisas ofta med en F/N-kurva, se Figur 9, som visar den ackumulerade frekvensen för ett visst utfall, t.ex. antal omkomna till följd av en eller flera olyckor.



Figur 9. Exempel på F/N-kurva för beskrivning av samhällsrisk/grupprisk.

Fördelen med att använda sig av både individrisk och grupprisk vid uppskattning av risknivån i ett område är att risknivån för den enskilde individen tas i beaktande, samtidigt som det tas hänsyn till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som påverkas. Att använda samhällsrisk för ett område som är i ett tidigt skede av planeringsstadiet kan medföra omfattande osäkerheter i bedömningen av konsekvenser (d.v.s. antal omkomna eller svårt skadade) till följd av respektive skadescenario, då det oftast enbart är möjligt att utföra en grov uppskattning av befolkningssituationen. I denna handling görs dock en uppskattning av grupprisk, eftersom relativt detaljerad information om bebyggelse och verksamheter på området finns tillgängliga.

För såväl individ- som samhällsriskberäkningarna görs först en uppdelning av riskberäkningarna för respektive riskkälla. Sedan görs en sammanvägning av samtliga identifierade riskkällor för att ta hänsyn till additionseffekten som uppstår när flera riskkällor påverkar ett planområde samtidigt.

3.3.3 Riskuppskattning järnväg

Med hjälp av Banverkets (nuvarande Trafikverket) rapport [9] beräknas frekvensen för att en järnvägsolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på något av närliggande järnvägsspår. För beräkning av frekvenser/sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys. Frekvensberäkningarna för järnvägsolyckor redovisas i Bilaga A.

Konsekvenserna av olika skadescenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar. Konsekvensuppskattningar för järnvägsolyckor redovisas i Bilaga B.

3.3.4 Riskuppskattning väg

För uppskattning av risknivån kring vägnätet har årsmedeldygnstrafik (ÅDT), vägkvalitet, hastighetsbegränsning etc. för aktuella vägavsnitt använts som indata. Med hjälp av Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) skrift Farligt gods – riskbedömning vid transport [10] beräknas frekvensen för att en trafikolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på aktuellt vägavsnitt. För beräkning av frekvenser/sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys, se Bilaga C.

Konsekvenserna av olika skadescenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar. Konsekvensuppskattningar för vägolyckor redovisas i Bilaga D.

3.4 Metod för riskvärdering

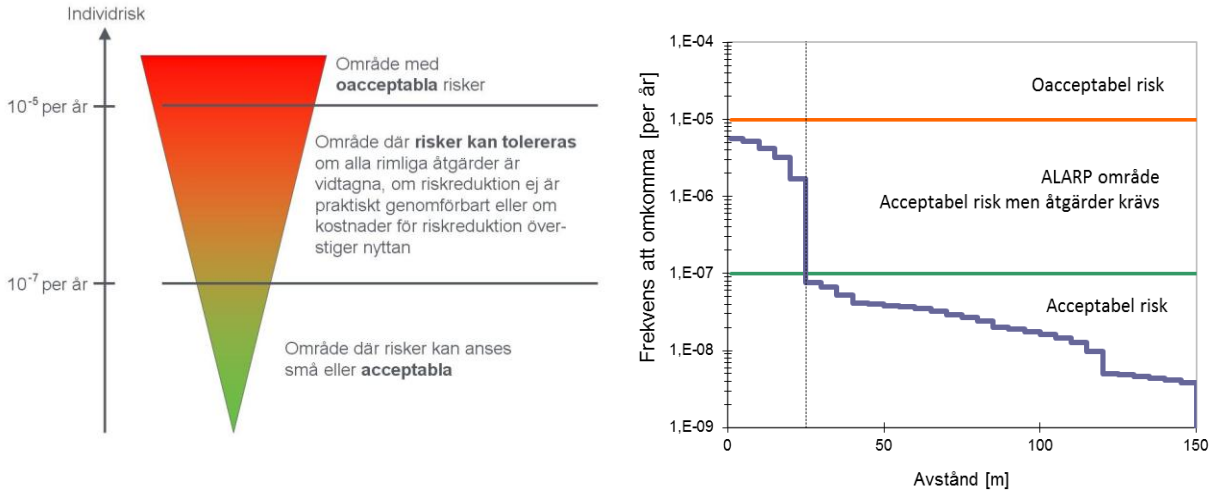
I Sverige finns inget nationellt beslut om vilka kriterier eller vilken bedömningsgrund som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. I denna utredning används både de som är framtagna av Det Norske Veritas (DNV) på uppdrag av Räddningsverket [11], samt de aversionskurvor (för grupprisk) som är framtagna i samband med Översiktsplan för Göteborg, fördjupad för sektorn Transporter av farligt gods [3]. Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med given konsekvens ska inträffa. De beskrivs utförligare i följande avsnitt.

Vilka värderingskriterier och bedömningsgrunder som skall gälla för planen bör fastställas i samråd enligt miljöbedömningsprocessen.

3.4.1 DNV:s föreslagna kriterier

Det Norske Veritas (DNV) tog, på uppdrag av Räddningsverket, fram förslag på riskkriterier [11] gällande individ- och samhällsrisk, som kan användas vid riskvärdering. Riskkriterierna berör liv, och

uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med given konsekvens ska inträffa. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; acceptabla, tolerabla med restriktioner eller oacceptabla, se Figur 10.



Figur 10. Princip för värdering av individrisk enligt DNV (t.v.) och med exempel för individriskprofil (t.h.)

Följande förslag till tolkning rekommenderas [11]:

- Risker som klassificeras som oacceptabla värderas som oacceptabelt stora och tolereras ej. För dessa risker behöver mer detaljerade analyser genomföras och/eller riskreducerande åtgärder vidtas.
- De risker som bedöms tillhöra den andra kategorin värderas som tolerabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risker i denna kategori ska behandlas med ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). 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 kategoriseras som små kan värderas som acceptabla. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas. Riskreducerande åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

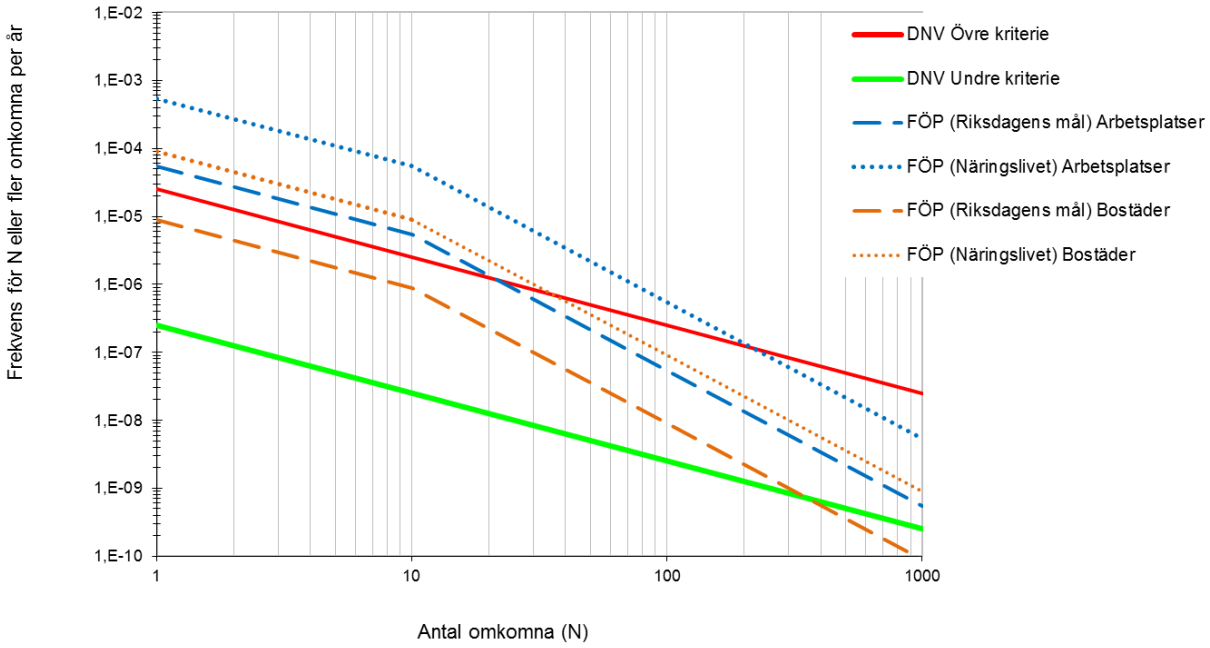
För individrisk föreslog DNV [11] följande kriterier (se Figur 10):

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

För samhällsrisk föreslog DNV [11] en uppsättning kriterier som baseras på att risken utmed en sträcka om 1 kilometer studeras. I denna riskutredning studeras dock en kortare sträcka på 500 meter, varför acceptanskriterierna måste justeras (sänkas). Resultatet visas i Figur 11.

3.4.2 Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs föreslagna aversionskurvor

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg [3] har föreslagit aversionskurvor för samhällsrisk som kan jämföras med de riskkriterier som DNV föreslagit ovan. Aversionskurvorna i FÖP finns dock i olika versioner för tillämpning på arbetsplatser respektive på bostäder och gäller tät typbebyggelse på var sida om en 2 km lång riskkälla/transportled. På samma sätt som DNV-kriterierna anpassats till planområdets längd, justeras även aversionskurvorna från FÖP. Justering med avseende på att enbart riskpåverkan på ena sidan av riskkällan görs också. Resultatet visas i Figur 11.



Figur 11. Föreslagna riskkriterier/aversionskurvor anpassade för planområdet.

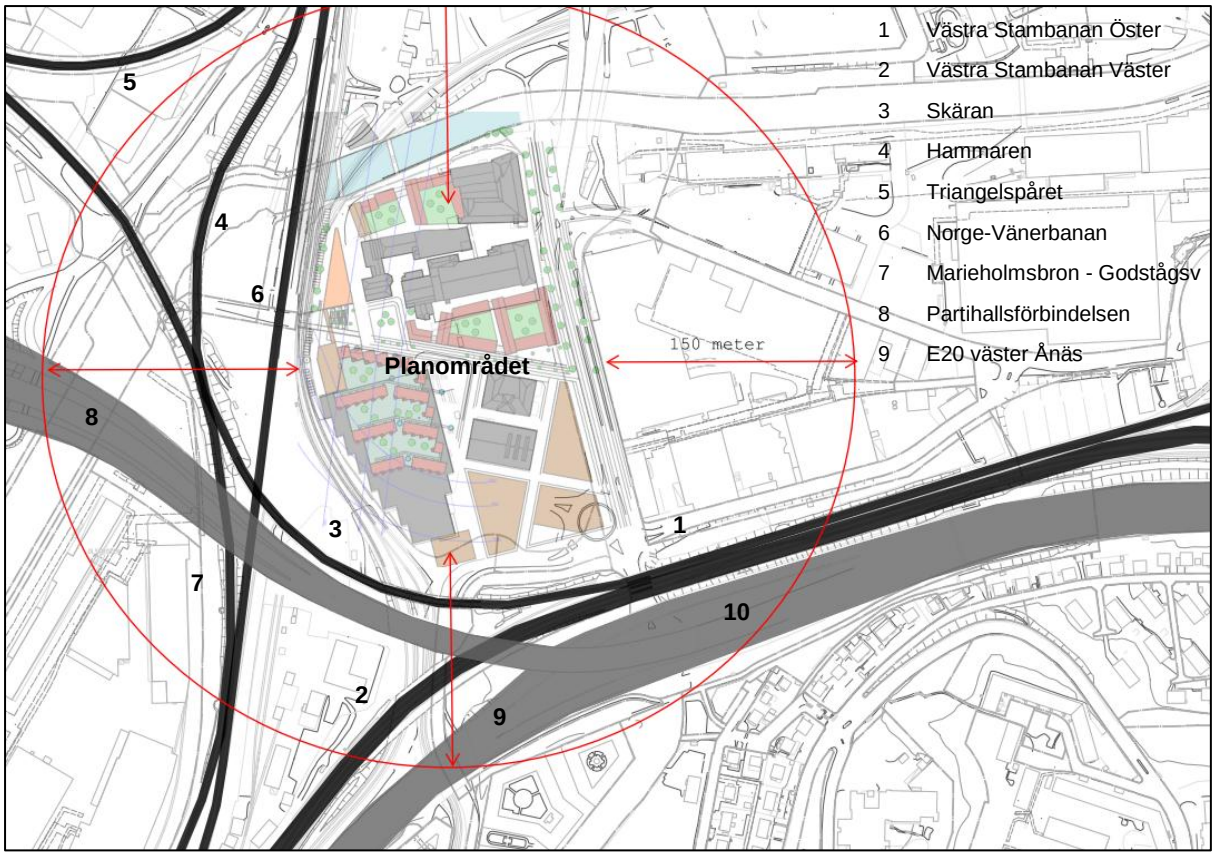
Samtliga ovanstående kriterier återfinns i riskvärderingen, vid jämförelse med resultatet av riskanalysen för planområdet, för bedömning av huruvida risknivån är tolerabel eller inte.

3.5 Metod för identifiering av möjliga riskreducerande åtgärder

Om risknivån överstiger acceptabel nivå, ska riskreducerande åtgärder identifieras och föreslås. Riskreducerande åtgärder identifieras vid behov utifrån Boverkets och Räddningsverkets rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [12]. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som ger störst bidrag till risknivån.

4 Riskidentifiering

De risker som studeras är förknippade med farligt gods-trafiken på tio identifierade farligt gods-leder (eller i vissa fall delar av leder) i och kring Gamlestaden, se Figur 12 nedan. På dessa transportleder, där flera utgör riksintressen, transporteras alla förekommande typer farligt gods i relativt stora mängder.



Figur 12. Identifierade riskkällor inom ett avstånd av 150 meter från planområdets gräns.

Om olyckor med transporter av farligt gods sker på dessa riskkällor kommer detta att påverka planområdet i olika omfattning beroende på vilken typ av farligt gods som är inblandat, vilket beskrivs i följande avsnitt.

4.1 Mekanisk skada vid urspårning

Urspårande vagnar bedöms inte kunna nå fram till planområdet och orsaka mekanisk skada på människor eller byggnader. Avståndet för en urspårande vagn uppgår vanligen till någon enstaka meter. De skyddsavstånd som föreligger anses tillfyllest ur denna aspekt. Det kortaste avståndet mellan spår och byggnad uppmäts i planområdets norra del där 30 meter föreligger. I denna del finns både urspårningsräler och perronger mellan de aktuella spåren och planområdet.

4.2 Transporter av farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter som har sådana farliga egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods, om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar (ADR-S, RID-S) [13], [14] som tagits fram i internationell samverkan. Det finns således regler för vem som får transportera farligt gods, hur transporterna ska ske, var dessa transporter får färdas, hur godset ska vara emballerat och vilka krav som ställs på vagnar för transport av farligt gods. Alla dessa regler syftar till att minimera risker vid transport av farligt gods, d.v.s. för att transport av farligt gods inte ska innebära farlig transport. Farligt gods delas in i nio olika klasser [13],[14] som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. I Tabell 3 redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 3. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning [3,15].

Klass	Kategori ämnen	Beskrivning	Konsekvensbeskrivning, liv
1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc.	Tryckpåverkan och brännskador. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med uppemot 200 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma båda inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner ge skadeområden med uppemot 700 m radie [16].
2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, brinnande gasmoln eller BLEVE. Konsekvensområden för giftig gas över 800 m. Omkomna både inomhus och utomhus.
3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar rymmandes upp till 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, strålningseffekt eller giftig rök. Konsekvensområden vanligtvis inte större än 40 m för brännskador. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på underlagsmaterial och diken etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver) karbid och vit fosfor.	Brand, strålning, giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartade brandförlopp om väteperoxidslösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 70 m.
6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet.
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligen som bulk.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet [17] (LC50). Personskador kan uppkomma på längre avstånd (IDLH).
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenser begränsade till närområdet.

4.3 Studerade olycksscenarier

En övergripande bedömning visar att enligt Tabell 3 är de klasser av farligt gods som kommer att kunna ge stora konsekvenser med akut påverkan utanför det omedelbara närområdet begränsade till klass 1, 2, 3 och 5. Klassindelningen är densamma på väg- och järnväg och samtliga klasser förväntas förekomma inom samtliga identifierade riskkällor. Utifrån detta behandlas följande scenarier vidare för respektive riskkälla:

- Farligt gods-olycka explosiva ämnen och föremål (klass 1)
- Farligt gods-olycka med brandfarligt gasutsläpp (klass 2.1)
- Farligt gods-olycka med giftigt gasutsläpp (klass 2.3)
- Farligt gods-olycka med brandfarlig vätska (klass 3)
- Farligt gods-olycka med oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5)

5 Förutsättningar för riskuppskattning

5.1 Utredningsalternativ – grundberäkning

Fastighetsägaren önskar förtäta planområdet i enlighet med det utredningsalternativ som presenterats i avsnitt 2.1 och Figur 4. Utredningsalternativet har i denna riskbedömning varit föremål för en s.k. grundberäkning, där förtätning av ytan utreds tillsammans med ökade trafikmängder på transportlederna enligt framtidsprognoser från Trafikverket för horisontåret 2030. I grundberäkningen har antagits att inga riskreducerande åtgärder genomförs.

5.2 Nollalternativ

Som ytterligare ett underlag för diskussioner kring risksituationen i området har ett nollalternativ studerats för planområdet. Nollalternativet definieras som att ingen förtätning sker, se Figur 13. Dagens verksamheter och personantal bibehålls, men trafikutveckling enligt framtidsprognoserna sker.

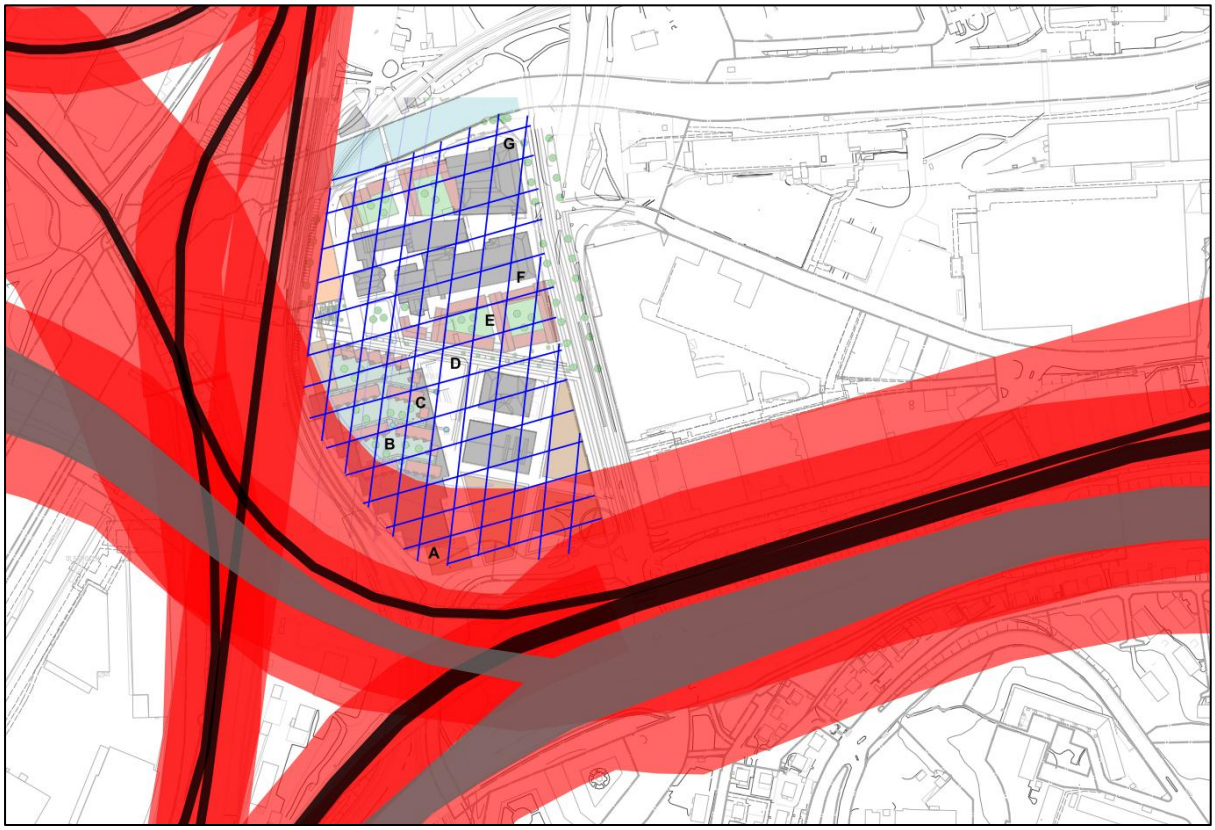
Figur 13. Planområdet enligt nollalternativet. Observera att nollalternativet saknar bostäder i området.

6 Riskuppskattning och riskvärdering

I detta avsnitt redovisas och diskuteras resultat från riskuppskattningarna tillsammans med valda kriterier för riskvärdering.

6.1 Riskuppskattning och riskvärdering – utredningsalternativet

Individrisken är oberoende av hur planområdet befolkas. Individriskberäkningen är därmed gällande för både utredningsalternativet och nollalternativet. Det är endast riskkällorna och deras bidrag till risksituationen som studeras. Individrisken i form av frekvensen för en enskild individ att omkomma har beräknats för respektive identifierad riskkälla, se vidare Figur 14.



Figur 14. Individriskkonturer (ALARP-områdets gräns 1*10^{-7}) för respektive riskkälla markerade med röd färg. Sammanräkning av riskbidrag från samtliga källor görs dessutom i punkterna A-G. Se vidare Tabell 4.

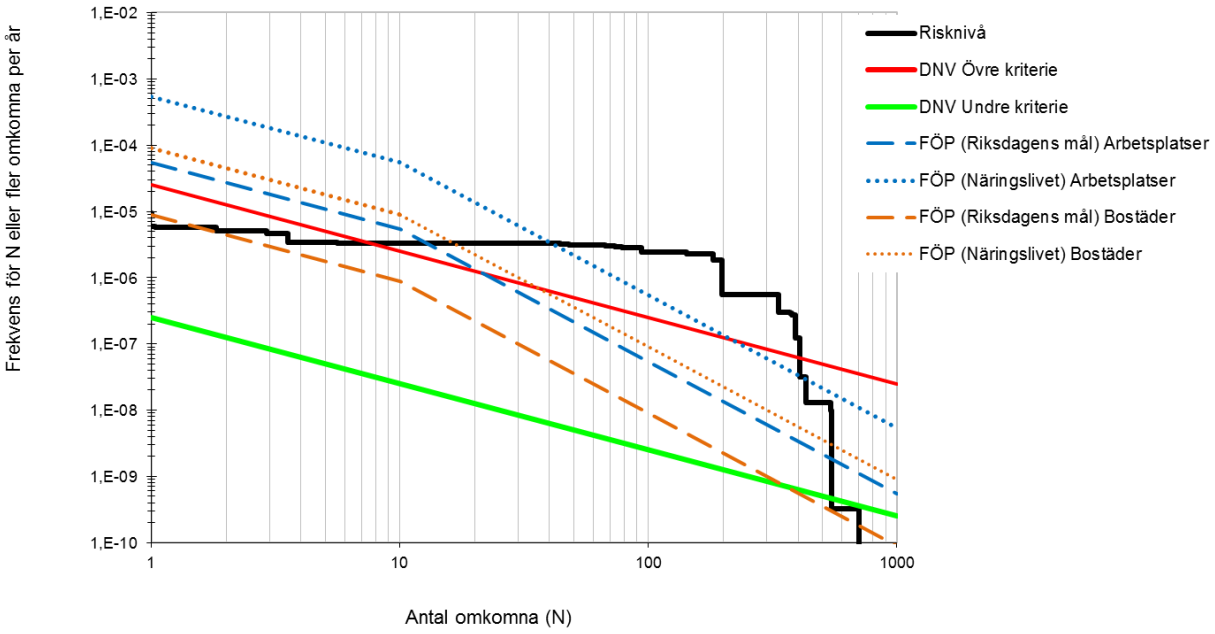
Tabell 4. Individrisknivå i punkterna A-G.

Punkt	Frekvens
A	5,41E-07
B	2,65E-07
C	2,50E-07
D	2,46E-07
E	2,38E-07
F	2,36E-07
G	2,26E-07

I Tabell 4 kan utläsas att individrisknivån ligger inom ALARP-området (>1*10^{-7}) inom hela planområdet. I punkten A närmst riskkällorna ligger individrisknivån i mellersta delen av ALARP-området och i punkterna B-G i nedre delen av ALARP-området. Ingen del av planområdet utsätts för en individrisknivå som är att betrakta som direkt oacceptabel (>1*10^{-5}).

ALARP-området innebär, enligt värderingskriterierna, att risker där kan tolereras om alla rimliga åtgärder är vidtagna, om riskreduktion ej är praktiskt genomförbart eller om kostnader för riskreduktion överstiger nyttan. Alltså måste riskreducerande åtgärder övervägas för detta område om människor ska kunna vistas där mer än tillfälligt.

Detta riskmått tar dock inte hänsyn till persontäthet inom området. Därför är det nödvändigt att även studera gruppriskivån i området.

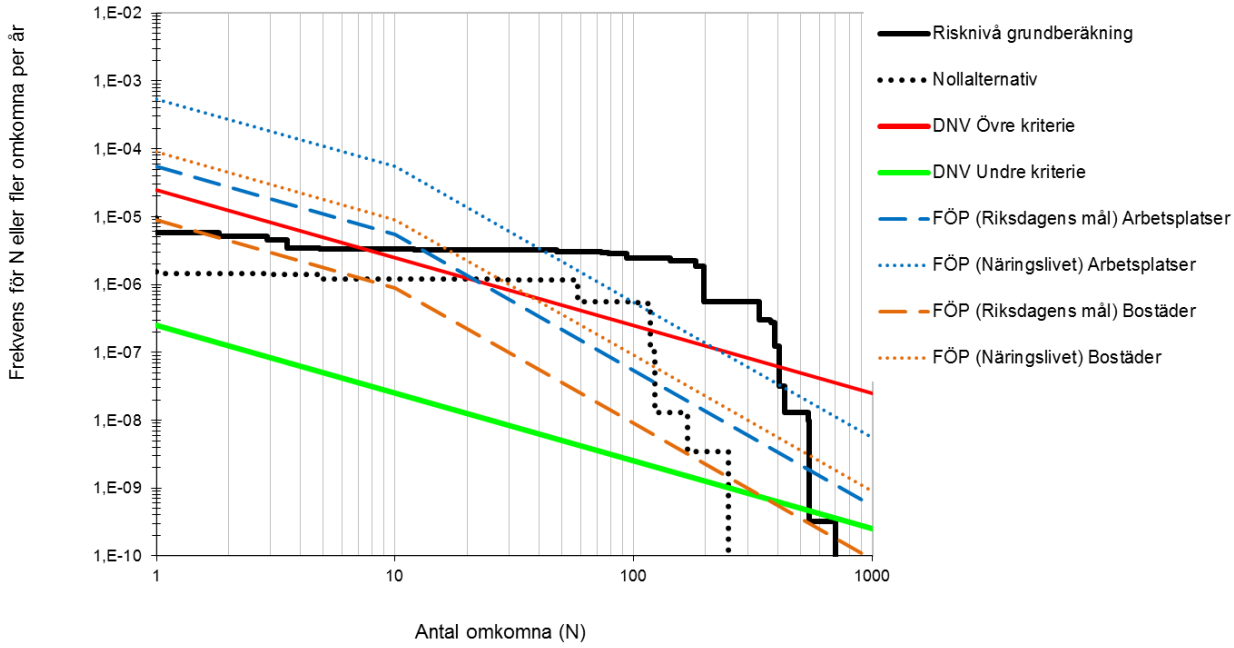


Figur 15. Gruppriskivå för planområdet om förtätning enligt utredningsalternativt genomförs.

Enligt Figur 15 ligger gruppriskivån för planområdet, om förtätning enligt utredningsalternativet genomförs, på en nivå som är att betrakta som oacceptabelt hög enligt samtliga tillämpade värderingskriterier. Innebörden av detta är att riskreducerande åtgärder krävs om förtätning skall kunna genomföras.

6.2 Riskuppskattning och riskvärdering – nollalternativet

Som ytterligare ett underlag för diskussioner kring risksituationen i området har ett nollalternativ studerats. Givet en trafikutveckling enligt de prognoser som erhållits av Trafikverket och bibehållande av dagens verksamheter och personantal inom planområdet fås en gruppriskнivå enligt Figur 16.



Figur 16. Gruppriskнivå för planområdet för nollalternativet i jämförelse med förtätning enligt utredningsalternativt (grundberäkning) .

Enligt Figur 16 ligger gruppriskнivån för planområdet även enligt nollalternativet på nivåer som är att betrakta som oacceptabelt höga enligt DNV:s kriterier och tangerar det övre av FÖP:s kriterier för arbetsplatser. FÖP:s kriterier för bostäder är ovidkommande för nollalternativet då bostäder saknas på ytan enligt nollalternativet.

Detta innebär att även om ingen förtätning av planområdet sker kommer gruppriskнivån att vara oacceptabelt hög i området vid horisontåret 2030 givet den trafikutveckling som Trafikverket förutspår.

7 Osäkerheter

Riskbedömningar är alltid förknippade med osäkerheter, i större eller mindre utsträckning. Kunskapsosäkerheter, förknippade med bl.a. underlagsmaterial och beräkningsmodeller som analysens resultat är baserat på kan reduceras med t.ex. tillgång till mer detaljerad data. De antaganden och förutsättningar som främst är belagda med osäkerheter är:

- Information om flödet av farligt gods på järnvägen
- Framtida förändringar av farligt gods-trafiken i området
- Konsekvensområden för farligt gods-klasser
- Uppskattningar av antalet omkomna vid de olika scenarierna

Det har gjorts ett antal antaganden p.g.a. avsaknad av data. De antaganden som gjorts har därför konsekvent varit konservativa, för att säkerställa att riskerna inte underskattas. Till de konservativa skattningar som bör nämnas hör:

- Trafikprognosen för järnvägen bedöms som väl tilltagen och speglar snarare vilken kapacitet trafiksystemen byggs för snarare än en verklig prognos för framtida trafikutveckling.
- För vägtrafiken saknas prognoser för horisontåret. En uppräkning av tillgängliga siffror har därför gjorts med index enligt senare års trafikökningar. Noteras bör dock att tillgängliga siffror samt trafikökningsindex inte har räknat in effekter av de trängselavgifter som införts i januari 2013. Effekterna av trängselavgifterna är för tidiga att analysera i detta skede, men en dämpning av trafikökningen kan troligen väntas. I denna rapport använda trafikprognoser bör därmed kunna betraktas som konservativa för horisontåret 2030 då schablonmässig trafikökning trots allt ansatts i beräkningarna.
- Personantal uppskattat enligt teorier för utrymningsdimensionering bedöms i många fall ge högre personantal än vad som blir fallet efter byggnation.
- Olyckor på respektive riskkälla placeras mitt för planområdet, men frekvensen baseras på 500 meter sträcka för att ta höjd för olyckor som inträffar före och efter planområdet.
- För den mest frekventa farligt gods-klassen på både väg och järnväg (ADR/RID-klass 3) har antagits att all transporterad brandfarlig vätska utgörs av bensin vilket bedöms vara ett konservativt antagande då bensin är mer lättantändligt och har andra brandegenskaper än t.ex. eldningsolja etc, vilket alltjämt utgör en betydande del av transporterad mängd inom klassen.

På grund av att de antaganden som gjorts är konservativa bedöms osäkerheterna i analysen åtminstone inte påverka värderingen av riskerna så att de undervärderas. Grundberäkningen visar på förhöjd risknivå för utredningsalternativet och slutsatsen är att riskreducerande åtgärder krävs. Därmed torde behovet av ytterligare variationer i indata vara underordnat för grundberäkningen. En känslighetsanalys genomförs dock för att kontrollera om de i grundberäkningen beräknade risknivåerna snarare är att betrakta som överskattade, vilket skulle innebära orimliga krav på riskreduktion för planområdet.

Förslag på riskreducerande åtgärder ges i rapporten på grund av den konstaterat höga risknivån. En inledande och övergripande bedömning ges även avseende de föreslagna åtgärdernas riskreducerande effekt. Känslighetsanalyser genomförs specifikt för åtgärdernas bedömda effekt på så sätt att risknivån efter vidtagna åtgärder anges som ett uppskattat intervall, se vidare avsnitt 9.3.

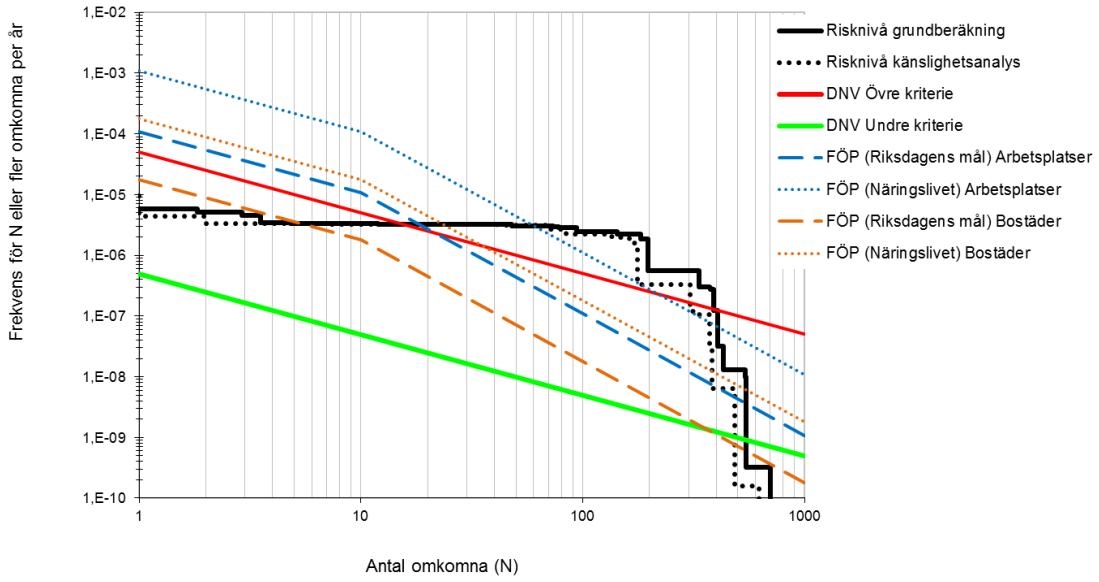
Med tanke på den stora mängd data av olika kvalitet, antaganden, bedömningar och förenklingar som behövs för att ta fram en riskbedömning, likt denna, kan relevansen och resultaten självklart ifrågasättas. I det sammanhanget bör det övervägas hur beslutsunderlag skulle kunna tas fram istället. Ett systematiskt och strukturerat arbetssätt, där befintlig kunskap i form av indata, antaganden och bedömningar presenteras på ett transparent sätt, ger möjlighet för ifrågasättande och oberoende analys samt minskar risken för onödiga missförstånd mellan inblandade parter [18].

8 Känslighetsanalys

Antagandena i grundberäkningen är generellt konservativa och risknivån har sammantaget bedömts som hög för utredningsalternativet. Att ytterligare höja indata till än mer konservativa nivåer bedöms därmed ej nödvändigt eller relevant. För att avgöra om beräkningarna varit för konservativa och om den risknivå som beräknats är för högt skattad har kontroller utförts i en känslighetsanalys. Ett antal indata i beräkningarna har diskuterats i projektgruppen och frågor har ställts huruvida för konservativa bedömningar gjorts. Därför testas ett antal variationer av indata i känslighetsanalysen enligt nedan:

- I grundberäkningen antas, baserat på förutsättningar för typområdet enligt FÖP [3], att 12% av de boende och 2% av de arbetande förväntas vistas utomhus hela dagen. I känslighetsanalysen testas vilken skillnad som skulle erhållas om samtliga personer på ytan vistas inomhus.
- I grundberäkningen har dagfallet (med hög närvarograd på arbetsplatserna) konservativt antagits gälla under 2/3 av dygnet och nattfallet i resterande 1/3 av dygnet. I känslighetsanalysen testas en omvänd fördelning där dag utgör 1/3 av dygnet och natt utgör resterande 2/3.
- I grundberäkningen har en viss skyddsgrad tillskrivits de byggnader och människor som vistas i skydd bakom ”första radens byggnader” (de byggnader som ligger närmst riskkällorna i väster och söder). För detta redogörs i Bilaga B.4. I känslighetsanalysen testas vilket genomlag 10% ytterligare skyddsgrad skulle innebära gentemot vad som ursprungligen antagits.
- Ytterligare en parameter som diskuterats är den omskalning av riskkriterierna som görs som anpassning utifrån planområdets storlek. Området väster och söder om planområdet och riskkällorna är inte befolkat och kan rimligen inte heller befolkas framgent. I känslighetsanalysen testas därför ett angreppssätt där motsatt sida riskkällan inte är befolkad, vilket för DNV innebär att aversionskurvan multipliceras med 0,5 istället för 0,25 och motsvarande för FÖP. Riskkriterierna mildras därmed något.

I Figur 17 kan en minskning av gruppriskenutläsas. Risknivån förblir dock oacceptabelt hög, trots att kriteriegränserna har förskjutits uppåt enligt resonemang ovan. Slutsatsen är att risknivån bedöms vara rimligt uppskattad i grundberäkningen och att även tämligen drastiska minskningar för vissa antaganden inte ger upphov till annan riskvärdering än tidigare. Risknivån är oacceptabelt hög för studerat förtätningsscenario och åtgärder krävs.



Figur 17. Känslighetsanalys av grundberäkningen avseende gruppriskför planområdet.

9 Riskreducerande åtgärder

Riskreducerande åtgärder identifieras utifrån det specifika planförslaget samt Boverkets och Räddningsverkets rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [12]. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som ger störst bidrag till risknivån.

9.1 Behov av riskreducerande åtgärder

Resultaten av riskberäkningarna visar att med hänsyn till den beräknade individrisknivån måste riskreducerande åtgärder övervägas för hela planområdet eftersom individrisken ligger inom det s.k. ALARP-områdets nedre del baserat på DNV:s värderingskriterier [11]. Den beräknade gruppriskivån har efter grundberäkning och känslighetsanalys för utredningsalternativet konstaterats vara oacceptabelt hög enligt både DNV:s och FÖP:s [3] värderingskriterier. Detta innebär att riskreducerande åtgärder krävs om förtätning inom planområdet skall kunna möjliggöras.

9.2 Förslag till riskreducerande åtgärder

Det finns ett antal riskreducerande åtgärder att vidta för att minska riskpåverkan på planområdet. Eftersom den beräknade gruppriskivån för utredningsalternativet är att betrakta som oacceptabelt hög ställs höga krav på riskreduktion för att förtätning skall möjliggöras. Det är svårt att reducera frekvenserna med tanke på att riskkällorna inte kan påverkas i detta detaljplanesammanhang och därför ges primärt förslag på konsekvensbegränsande åtgärder. De åtgärder som presenteras nedan är omfattande och innebär stora inskränkningar på gestaltningsförslaget enligt utredningsalternativet. WSP bedömer dock föreslagna åtgärder som rimliga att kräva med hänsyn till risksituationen. Det bör poängteras att åtgärdsförslagen är just förslag i detta skede. I Figur 18 ges en sammanfattande illustration av åtgärdsförslagen.

9.2.1 Zonindelning närmst riskkällorna

En zon om minst 30 meter, mätt från närmsta riskkälla, lämnas enligt förslaget bebyggelsefritt i planområdets västra och södra delar. Denna mark bör i planen anges som olämplig för stadigvarande vistelse. Verksamheter i byggnader inom 80 meter från riskkällorna i söder och väster föreslås begränsas till lager, småindustri, p-hus eller liknande med låg persontäthet (uppskattningsvis ca till 5-10 personer/byggnad). Inga bostäder föreslås medges inom denna zon. Detta görs i ett försök att efterlikna Länsstyrelsens [1] och FÖP:s [3] intentioner gällande placering av verksamheter med låga personantal närmst riskkällan (t.ex. p-hus, småindustri, lager etc). Med 80 meter menas i detta avseende generellt ”första radens byggnader”, alltså de byggnader som ligger närmst riskkällorna i väster och söder. Det planerade hotellet (Byggnad N9) har undantagits avseende personantalssänkning med hänsyn till att det för denna byggnad finns långt gångna planer på att utforma den nya byggnaden med korridorer och teknikutrymmen etc. innanför en tät robust vägg i väster. Detta bildar en buffertzon inom byggnaden och avgränsar gästrummen i byggnadens östra del. Högre personantal bedöms därmed kunna medges om dessa planerade åtgärder utförs på ett tillfredsställande sätt.

9.2.2 Skärm/buffert

Samtidigt som ”första radens byggnader” befolkas glest har antagits att de kan utformas som en skärm/buffert mot bakomliggande bebyggelse. Vilka funktionskrav som behöver ställas på dessa byggnader eller om det är tekniskt möjligt för aktuella olycksscenarier i en kombination av ny och gammal bebyggelse har ej studerats i detta tidiga skede. I antagandet har dock ”första radens byggna-

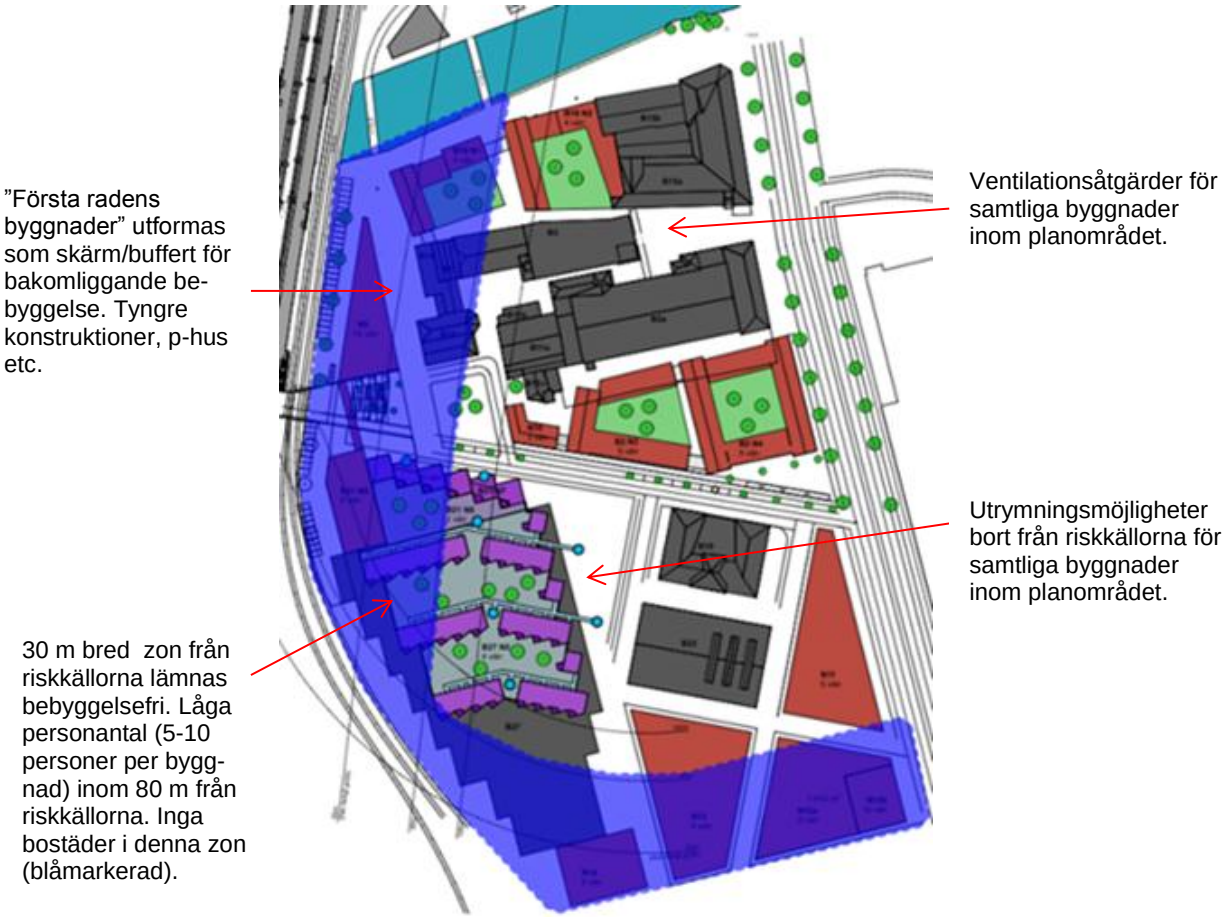
der" tillskrivits en riskreducerande effekt för bakomliggande bebyggelse. De antas kunna utföras i obrännbara material, med tunga, delvis explosionsdämpande konstruktioner samt med tillräcklig höjd och bredd för skydd av bakomliggande bebyggelse.

9.2.3 Ventilationsåtgärder

Samtliga byggnader inom planområdet har vidare antagits kunna förses med nödavstängningsmöjlighet på ventilationen i kombination med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida av respektive byggnad. Huruvida detta är möjligt i en blandning av ny och gammal bebyggelse har inte heller studerats i detta skede.

9.2.4 Placering av utrymningsvägar

Det rekommenderas vidare att samtliga byggnader ges utrymningsmöjligheter bort från riskkällorna oavsett om olycka sker på väg eller järnväg. Detta innebär utrymningsmöjligheter i norr och öster. Entréer etc. bör i möjligaste mån också förläggas i norr eller öster. Detta möjliggör att en utrymning, vid skadehändelser på väg eller järnväg, kan ske på ett säkert sätt bort från skadeplatsen och åtgärden kan även underlätta räddningstjänstens insatsmöjligheter i området.

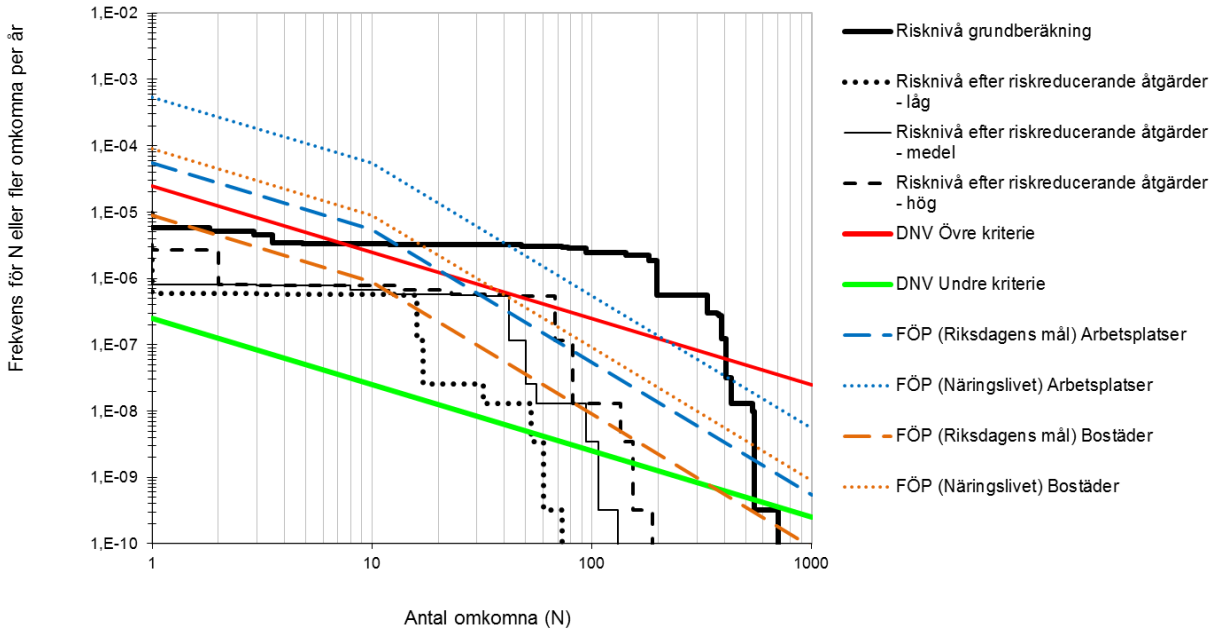


Figur 18. Förslag på konsekvensbegränsande riskreducerande åtgärder för utredningsalternativet.

9.3 Risknivå efter vidtagna åtgärder

För att kunna göra en inledande bedömning av den riskreducerande effekten av de föreslagna åtgärderna har antaganden enligt nedan gjorts. Detaljstudier kommer att behöva utföras i kommande skeden, men det bedöms ändå viktigt att i ett tidigt skede uppskatta vilken effekt föreslaget åtgärdspaket kan komma att medföra för risksituationen. I flera fall anges intervaller, vilka bedöms rimliga att anta i sammanhanget. Intervallerna blir en form av känslighetsanalys för gjorda antaganden.

- Med glesbefolkad, tung och avskärmande bebyggelse närmst riskkällorna antas grovt att andelen omkomna inomhus kan ändras från ursprungligt ansatta 33% till 5-15% vid explosioner. Detta behöver utredas mer i detalj i kommande skeden. I tidigare studier för liknande situationer [19] har effekten av överdimensionerad stomme med förtätad pelarplacering och mellanliggande och eftergivliga sandwichelement av betong och isolering påvisats. En sådan konstruktion ger inte upphov till fortskridande ras (mindre än 10% av byggnaden påverkas) för explosioner med upp till 2 ton ADR/RID-klass 1.1. För att motstå stora explosioner (16-25 ton) bedöms dock än kraftigare konstruktioner nödvändiga. Dock bör tilläggas att frekvensbidraget är mycket litet avseende de stora explosionerna, varvid riskreduktionen i relation till kostnaden för än kraftigare konstruktioner kan ifrågasättas.
- Med ventilationsåtgärder för samtliga byggnader inom planområdet bedöms andelen omkomna inomhus kunna korrigeras från grundberäkningens 10% till 0-3% för olyckor med giftig gas. Detta antagande baseras på resultat av spridningsberäkningar redovisade i Bilaga E.
- Med glesbefolkad, tung och avskärmande bebyggelse närmst riskkällorna bedöms andelen omkomna inomhus kunna korrigeras från 2% till 1% för scenarier som leder till BLEVE.
- För övriga scenarier (brandscenarier) antas inga personer omkomma inomhus.
- Personer utomhus bedöms på samma sätt som i grundberäkningarna.



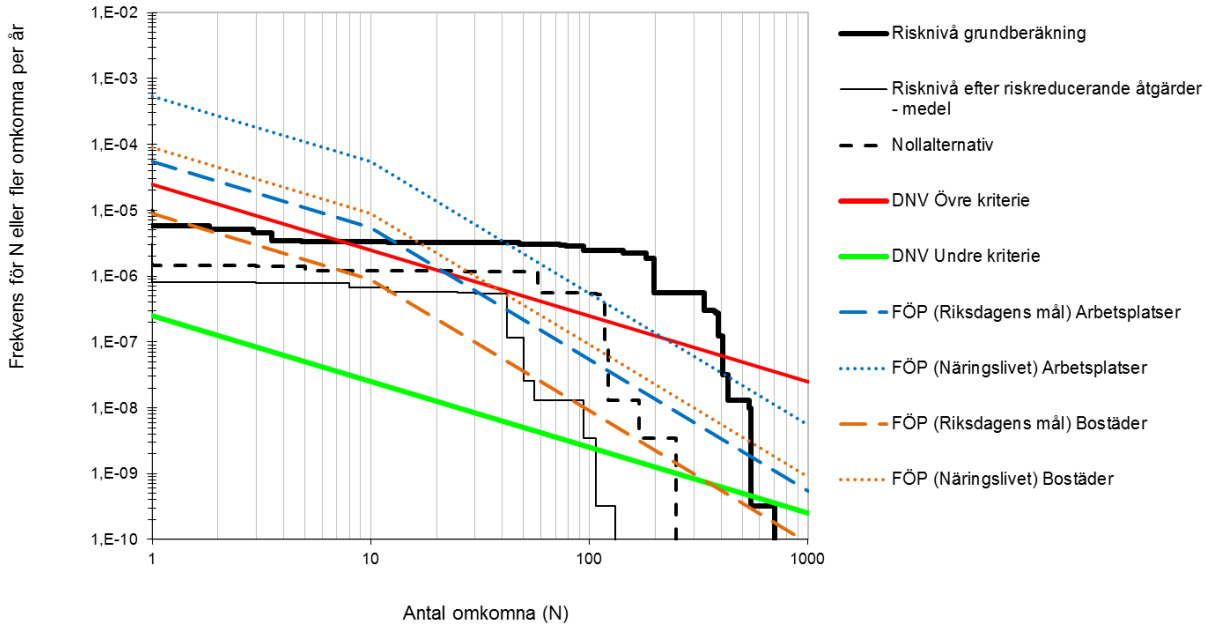
Figur 19. Bedömd risknivå efter vidtagna åtgärder ligger i intervallet mellan prickad och streckad svart kurva.

Med samtliga ovan nämnda åtgärder vidtagna och med riskreduktion i nivå med ovan nämnda antaganden, skulle risknivån i enlighet med Figur 19, till största del klara båda FÖP:s riskkriterier avse-

ende arbetsplatser samt till stor del ligga inom det s.k. ALARP-området enligt DNV:s kriterier (medelvärdet ligger i sin helhet inom ALARP). Givet att alla rimliga åtgärder anses ha vidtagits bör därmed risknivån, avseende arbetsplatser, vara tillfyllest enligt definitionen för ALARP.

Avseende bostäder klaras sannolikt den högre angivna nivån enligt FÖP (medelvärdet), men den nedre nivån överstigs. En kontrollberäkning med halverat bostadsantal utanför 80 meterszonen har utförts men det ger inte tillräckligt stor effekt för att även nedre FÖP-kriteriet skall klaras. Slutsatsen som kan dras av detta är att bostäder förefaller vara svårt att uppföra inom planområdet i det fall båda FÖP:s föreslagna riskkriterier skall uppfyllas.

Som ytterligare en grund för bedömning visas i Figur 20 en jämförelse av den bedömda risknivån efter vidtagna åtgärder i relation till såväl utredningsalternativet som nollalternativet. I figuren kan utläsas att grupprisknivån för utredningsalternativet, efter vidtagna åtgärder, är lägre än för nollalternativet.



Figur 20. Bedömd risknivå efter vidtagna åtgärder (medelvärdet) i relation till grundberäkningen för utredningsalternativet samt nollalternativet.

10 Slutsatser

Resultaten av riskberäkningarna visar att med hänsyn till den beräknade individrisknivån måste riskreducerande åtgärder övervägas för hela planområdet eftersom individrisken ligger inom det s.k. ALARP-områdets enligt DNV:s värderingskriterier.

Den beräknade gruppriskнivån har efter grundberäkning och känslighetsanalys för utredningsalternativet (förtätning med bostäder och arbetsplatser) konstaterats vara oacceptabelt hög enligt både DNV:s och FÖP:s värderingskriterier. Detta innebär att riskreducerande åtgärder krävs om förtätning inom planområdet skall kunna möjliggöras.

Även gruppriskнivån för nollalternativet (ingen förtätning) på nivåer som är att betrakta som oacceptabelt höga enligt DNV:s kriterier och tangerar det övre av FÖP:s kriterier för arbetsplatser. FÖP:s kriterier för bostäder är inte tillämpbara för nollalternativet då bostäder saknas på ytan enligt nollalternativet.

Gällande utredningsalternativet finns det ett antal riskreducerande åtgärder att vidta för att minska riskpåverkan på planområdet. Eftersom den beräknade gruppriskнivån för utredningsalternativet är att betrakta som oacceptabelt hög ställs höga krav på riskreduktion för att förtätning skall möjliggöras. Det är svårt att reducera frekvenserna med tanke på att riskkällorna inte kan påverkas i detta detaljplanesammanhang och därför har ett antal konsekvensbegränsande åtgärder föreslagits och diskuterats. Åtgärderna är omfattande och innebär stora inskränkningar på gestaltningsförslaget enligt utredningsalternativet. WSP bedömer dock föreslagna åtgärder som rimliga att kräva med hänsyn till risksituationen. Det bör poängteras att åtgärdsförslagen är just förslag i detta skede och att fortsatta utredningar kring funktionskrav, dimensionering och placering av åtgärderna krävs för att kunna bedöma om den riskreducerande effekten är tillräcklig.

De föreslagna åtgärderna är:

- En zon om minst 30 meter lämnas enligt förslaget bebyggelsefritt i planområdets västra och södra delar. Verksamheter i byggnader inom 80 meter från riskkällorna i söder och väster föreslås begränsas till lager, småindustri, p-hus eller liknande med låg persontäthet (uppskattningsvis ca till 5-10 personer/byggnad). Inga bostäder föreslås medges inom denna zon.
- Samtidigt som”första radens byggnader” planeras för låga personantal, har antagits att de kan utformas som en skärm/buffert för bakomliggande bebyggelse. De antas kunna utföras i obrännbara material, med tunga, delvis explosionsdämpande konstruktioner samt med tillräcklig höjd och bredd för att kunna fungera som ett skydd för bakomliggande bebyggelse.
- Samtliga byggnader inom planområdet, såväl nya som gamla, har vidare antagits kunna förses med nödavstängningsmöjlighet på ventilationen i kombination med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida av respektive byggnad.
- Samtliga byggnader inom planområdet ges utrymningsmöjligheter i norr och öster.

Givet de förutsättningar som finns i detta skede bedöms de föreslagna riskreducerande åtgärderna kunna sänka gruppriskен för planområdet från oacceptabla nivåer till en nivå inom den övre delen av det s.k. ALARP-området enligt DNV:s värderingskriterier. Givet att alla rimliga åtgärder vidtas, samt att nyttan med exploateringen anses mycket stor, bör därmed risknivån vara tolerabel enligt definitionen för ALARP-området. DNV:s kriterier särskiljer inte bostäder och arbetsplatser. Motsvarande tolkningssätt avseende FÖP:s värderingskriterier saknas, men det bedöms att de övre kriterierna för såväl arbetsplatser som bostäder klaras, medan de nedre kriterierna sannolikt överskrids även efter vidtagna åtgärder. Vilka värderingskriterier och bedömningsgrunder som skall gälla för planen bör fastställas i samråd enligt miljöbedömningsprocessen.

Referenser

[1] Riskhantering i detaljplaneprocessen, länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län, 2006.

[2] Riktlinjer för riskbedömningar, Räddningstjänsten i Storgöteborg, 2004.

[3] Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS, Stadsbyggnadskontoret, 1997.

[4] Översiktsplan för Göteborg. http://goteborg.se/wps/wcm/connect/ad2f96e6-6582-4cbd-8ade-92cabfff7f2c/Sammanfattning.pdf?MOD=AJPERES.

[5] Situationsplan över planområdet inkl. önskad förtätning, 2012-11-26, GAJD arkitekter.

[6] Utrymningsdimensionering, Boverket, 2006.

[7] International Electrotechnical Commission (IEC). International Standard 60300-3-9, Dependendability management – Part 3: Application guide – Section 9: Risk analysis of technological systems, Genéve, 1995.

[8] International Organization for Standardization (ISO). Risk management – Vocabulary – Guidelines for use in standards. Guide 73, Geneva, 2002.

[9] Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket Borlänge, 2001.

[10] Farligt gods: Riskbedömning vid transport, Räddningsverket, 1996.

[11] Värdering av risk, Räddningsverket, 1997.

[12] Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner, Boverket och Räddningsverket, 2006.

[13] ADR-S Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter (MSBFS 2009:2) om transport av farligt gods på väg och i terräng.

[14] RID-S, Statens räddningsverks föreskrifter (SRVFS 2004:15) om transport av farligt gods på järnväg, Räddningsverket, 2004.

[15] Handbok för riskanalys, Räddningsverket, 2003.

[16] Förvaring av explosiva varor (handbok), Räddningsverket, 2006.

[17] Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.

[18] Riskanalysmetod för transporter av farligt gods på väg och järnväg - projektsammanfattning, Erik Lindberg och Bertil Morén, VTI rapport nr. 387:1, VTI 1994.

[19] WSP Brand & Risk. Riskanalys Partille Arena – Explosion av transport med ADR-S klass 1. 2011-08-15.

Bilaga A – Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar – järnväg

För att kunna kvantifiera risknivån i området behövs ett mått på frekvensen för de skadescenarier som identifierats kunna inträffa på den planerade järnvägssträckningen i höjd med studerat område. Denna frekvens beräknas enligt Banverkets *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [1]. Därefter används händelseträdsmetodik för att bedöma frekvenserna för de scenarier som kan få konsekvensen att minst en person skadas allvarligt eller omkommer. Det bör påpekas att det är frekvensen för järnvägsolycka (antal olyckor per år) och inte sannolikheten som skattas med denna modell.

A.1 Statistiskt underlag och prognoser – järnväg

Som ingångsvärden i frekvensberäkningarna används framtidsprognoser för järnvägstrafiken i området för horisontåret 2030 [2], se vidare Tabell 5. Trafikverket förutspår en kraftig ökning, i många fall en fördubbling gentemot dagens trafik. Mycket av denna ökning tillskrivs den nya Hamnbanan och de följdeffekter denna tillskapar. Numrering av riskkällorna sker enligt Figur 5 i huvudrapporten.

Tabell 5. Framtidsprognos för tågtrafiken i och kring Gamlestan för horisontår 2030 [2].

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

Avseende fördelningen av olika farligt gods-klasser har en fördelning av mätvärden för åren 2009 och 2011 på sträckan Sävenäs-Olskroken [3] ansatts som gällande för samtliga spår. Antagandet bedöms vara konservativt i den bemärkelsen att farligt gods-flödet är högt på sträckan, att samtliga RID-klasser är representerade och dessutom högre än det nationella snittet, se vidare Tabell 6. Andelarna är baserade på antal försändelser och förväntas inte ändras till horisontåret 2030 [3].

Tabell 6. Fördelning av farligt gods-klasser på järnväg som använts i beräkningarna [3].

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

A.2 Sannolikhet för urspårning

De indata som krävs för att kunna skatta frekvensen för järnvägsolycka är:

- Den studerade sträckans längd (km) som bestäms av den sträcka på vilken en olycka kan påverka planområdet. Studerad sträcka är i detta fall 0,5 km.
- Totalt antal tåg som passerar den studerade sträckan på de tre spåren under den tidsperiod som skattningen avser (tåg/år). Baseras på Tabell 5 för de olika sträckorna.
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (vagnar/år). Baseras på Tabell 5 för de olika sträckorna tillsammans med antagandet att ett godståg innehåller i genomsnitt 20 vagnar och ett persontåg 9 vagnar (baserat på aktuella tåglängder).
- Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st.

A.2.1 Urspårning

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspårning av tåg redovisas i Tabell 7 [1]:

Tabell 7. Ingående parametrar vid beräkning av sannolikhet för urspårning.

Identifierade olyckstyper för urspårning	Frekvens (per år)	Enhet
Rälsbrott	$5{,}00 \cdot 10^{-11}$	vagnaxelkm
Solkurvor	$1{,}00 \cdot 10^{-5}$	spårkm
Spårlägesfel	$4{,}00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm
Växel sliten, trasig	$5{,}00 \cdot 10^{-9}$	antal tågpassager
Växel ur kontroll	$7{,}00 \cdot 10^{-8}$	antal tågpassager
Vagnfel		
Persontåg	$5{,}00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm
Godståg	$3{,}10 \cdot 10^{-9}$	vagnaxelkm
Lastförskjutning	$4{,}00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (godståg, annat)
Annan orsak	$5{,}70 \cdot 10^{-8}$	tågkm
Okänd orsak	$1{,}40 \cdot 10^{-7}$	tågkm

A.2.2 Sammanstötningar

I denna grupp innefattas sammanstötningar mellan rälsburna fordon, som t.ex. sammanstötning mellan två tåg, mellan tåg och arbetsfordon etc. Sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje antas vara så låg att den inte är signifikant [1] och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

A.2.3 Plankorsningsolyckor

I höjd med planområdet finns inga plankorsningar.

A.2.4 Växling och rangering

I höjd med planområdet sker inget växlingsarbete eller rangering.

A.2.5 Resultat

Frekvensen för en olycka med godståg beräknas med formeln:

$$Urspårningsfrekvens\,(per\ år)\frac{Godståg\ (st)}{Totalt\ \ antal\ tåg\ \ (st)} = Frekvens, godstågsolycka\ (per\ år)$$

A.2.6 Avstånd från spår för urspårande vagnar

Urspårande vagnar bedöms inte kunna nå fram till planområdet och orsaka mekanisk skada på människor eller byggnader. Avståndet för en urspårande vagn uppgår vanligen till någon enstaka meter. De skyddsavstånd som föreligger anses tillfyllest ur denna aspekt. Det kortaste avståndet mellan spår och byggnad uppmäts i planområdets norra del där 30 meter föreligger. I denna del finns både urspårningsräler och perronger mellan de aktuella spåren och planområdet.

A.3 Järnvägsolycka med transport av farligt gods

Frekvensen för en olycka med godståg beräknas enligt avsnitt A.2.5. År 2009 utgjorde farligt gods ca 2,7% av antalet godsvagnar på sträckan Sävenäs-Olskroken [3]. Det nationella snittet år 2011 uppgick dock till ca 5% [4], varvid farligt gods-vagnar konservativt antas utgöra 5% av det totala antalet godsvagnar. I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar [5]. Sannolikheten att en eller flera av de inblandade godsvagnarna i en urspårning innehåller farligt gods är då:

$1-(1-0{,}05)^{3{,}5}$

I Tabell 8 redovisas frekvensen för olycka med farligt gods inblandad på respektive riskkälla.

Tabell 8. Frekvensen för olycka med farligt gods inblandad på respektive riskkälla.

Nr	Riskkälla	Frekvens farligt gods-olycka
1	Västra Stambanan Öster	1,44E-03
2	Västra Stambanan Väster	3,88E-04
3	Skäran	1,35E-03
4	Hammaren	1,91E-04
5	Triangelspåret	3,79E-04
6	Norge-Vänerbanan	1,09E-04
7	Marieholmsbron - Godstågsviadukten	3,64E-04

A.4 Olycksscenarier – händelseträdsmetodik

I denna del av bilagan redovisas frekvensberäkningar som genomförts med hjälp av händelseträdsmetodik.

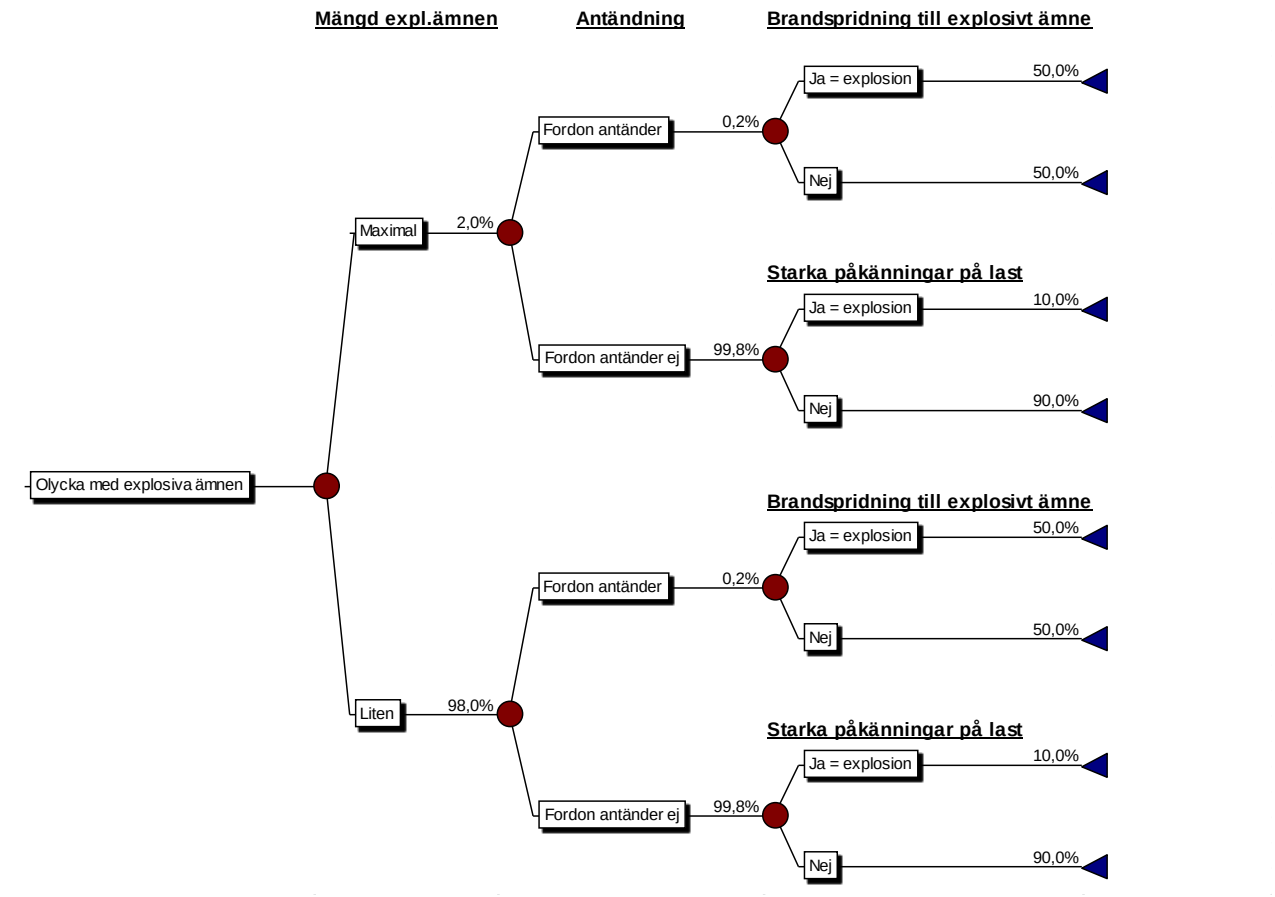
A.4.1 RID-klass 1 – Explosiva ämnen

Inom EU är den maximalt tillåtna mängden som får transporteras på väg 16 ton, och små mängder begränsas till 50-100 kg). Dock tillåts större mängder på järnväg, varför 25 ton antagits som maximal transportmängd. En grov uppskattning är att 25 tons-laster utgör ca 2 % av antalet transporter med RID-klass 1, och övriga 98 % antas förenklat utgöra mindre laster om 100-150 kg.

Transport av RID-S klass 1 på järnväg är väldigt sparsam. Åren 2006-2010 transporterades så lite klass 1 att siffran som anges avrundats ner till 0 (tusen ton /år). Summan under tidsperioden för klass 1 utgör endast 0,015 % av det totala mängden farligt gods (alla klasser 13 300 ton [6]). Denna siffra gäller för Sverige i helhet och en nedbrytning till transporter på en specifik sträcka går inte göra på något enkelt sätt. Det finns flera olika transportörer och de flesta hänvisar till sekretess, dels företagsmässigt och dels säkerhetsmässigt.

Vad gäller representativa mängder eller fördelningar mellan sådana ges inget stöd i tillgänglig statistik eller i FÖP [10]. Istället har kontakt tagits med Green Cargo [7], vilket är en av de största transportutövarna avseende godstrafik i Sverige. År 2011 hade detta företag endast tre transporter med klass 1 och ingen av dessa tre var på mer än 500 kg, där emballage och annat räknas in i transportvikten. Därmed bedöms den ansatta fördelningen 2% respektive 98% gällande stor (25 ton) respektive liten (150 kg) explosion som rimlig i sammanhanget avseende järnvägstransporter.

En explosion antas kunna inträffa dels om olyckan leder till brand i vagn, dels om de mekaniska påkänningarna på vagnen blir tillräckligt stora. Eftersom det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport görs bedömningen att det är liten sannolikhet för att olycka vid transport av explosiva ämnen leder till omfattande skador på det transporterade godset på grund av påkänningar. Sannolikheten för att tillräckligt stora påkänningar uppstår vid olyckan sätts till 0,2 % av fallen. Sannolikheten för att en vagn inblandat i en olycka ska börja brinna uppskattas till 0,2 % och därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 %. I Figur 21 redovisas möjliga scenarion.



Figur 21. Händelseträd med sannolikhet för olycka med explosiva ämnen.

A.4.2 RID-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmätts 2006 [8], antas 87 % av transporterna inom RID-klass 2 utgöras av brandfarliga gaser. 13 % antas utgöras av giftiga gaser.

Sannolikheten för att en olycka leder till läckage av farligt gods antas variera beroende på om det rör sig om en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheten för stort respektive litet läckage (punktering) som följd av en olycka är för tjockväggiga vagnar 0,01 i båda fallen [1]. Sannolikheten för inget läckage är följaktligen 0,98.

För *brännbara gaser* bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typ av antändning. Om den trycksatta gasen antänds omedelbart vid läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids med hjälp av vinden och kan antändas senare. Det tredje scenariot är mycket ovanligt och kan endast inträffa om vagnen saknar säkerhetsventil och tanken utsätts för omfattande brand. En BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) kan då uppkomma, men detta inträffar inte förrän tanken utsatts för kraftig brandpåverkan under en längre tid.

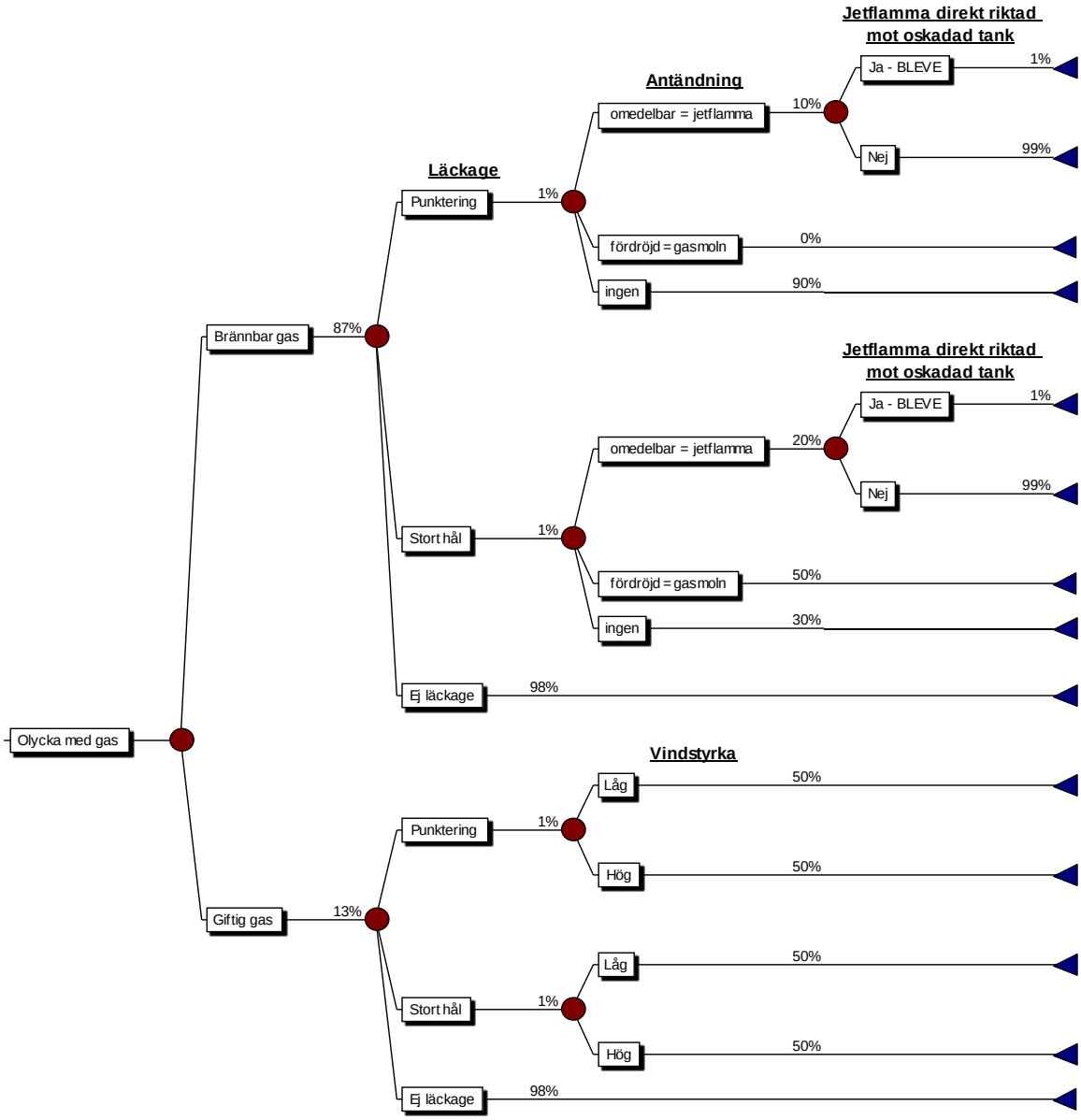
För ett litet utsläpp brännbar gas (punktering av vagn) ansätts följande sannolikheter [9] för:

- omedelbar antändning (jetflamma): 0,1

- fördröjd antändning (brinnande gasmoln): 0
- ingen antändning: 0,90

För ett stort utsläpp (stort hål) är motsvarande siffror 0,2, 0,5 och 0,3 [9]. En BLEVE antas enbart kunna uppstå i intilliggande tank om eventuell jetflamma är riktad direkt mot tanken under en lång tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att en BLEVE ska uppstå till följd av jetflamma är mycket liten, konservativt ansätts 0,01.

För olycka med *giftiga gaser* påverkar dessutom vindstyrkan utsläppets konsekvenser på omgivningen. Vindstyrkan antas vara antingen hög (8 m/s) eller låg (3 m/s). I Figur 22 redovisas olika scenarion för en olycka med gas.

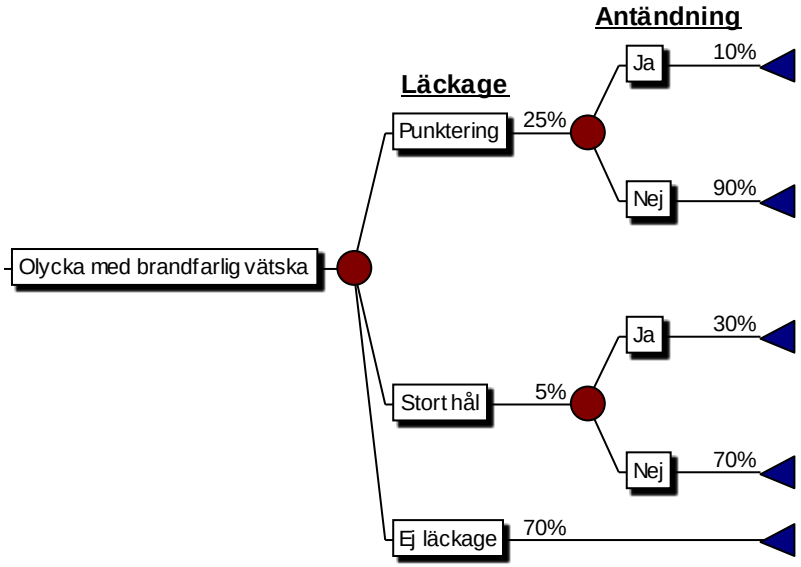


Figur 22. Händelseträd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

A.4.3 RID-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Brandfarliga vätskor antas oftast transporteras i tunnväggiga tankar, och sannolikheten för ett litet läckage (punktering) respektive stort läckage vid urspårning är 25 % och 5 % [1]. I 70 % av fallen förekommer inget läckage.

Sannolikheten för att ett litet respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg skall antändas antas vara 10 % respektive 30 % [1]. I Figur 23 redovisas olika scenarier för en olycka med brandfarlig vätska. Scenariot stor pölbrand bedöms som mycket konservativt då underlaget vid järnvägsbanken består av makadam som är ett lättgenomsläppligt material vilket försvårar bildandet av pölar vid utsläpp.



Figur 23. Händelseträd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

A.4.4 RID-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

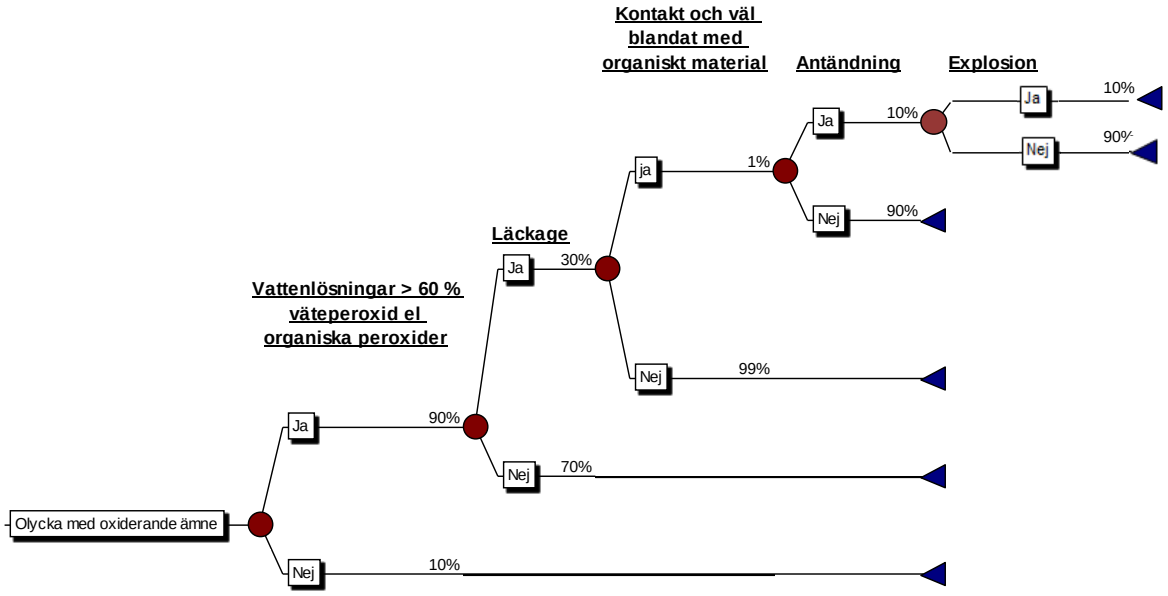
Oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t ex bensin, motorolja etc.). Blandningen kan då leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända. Vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid bedöms kunna leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp och detsamma gäller för organiska peroxider. Vattenlösningar av väteperoxider med mindre än 60 % väteperoxid bedöms däremot inte kunna leda till explosion.

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera brand eller understödja brand i andra ämnen, t.ex. brand i vegetation kring banvallen. Explosion kan inträffa i vissa fall.

Vissa organiska peroxider är så känsliga att de endast får transporteras under temperaturkontrollerade förhållanden. Dessa ämnen får ej transporteras på järnväg enligt RID.

Transportstatistik [8] anger att 93 % av transporterna i RID-klass 5 utgörs av oxiderande ämnen, och 7 % av organiska peroxider. En huvuddel av de oxiderande ämnen som transporteras i Sverige bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Utifrån detta antas 90 % av transporterna med klass 5 kunna leda till explosionsartade förlopp.

Oxiderande ämnen antas bli transporterade i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är då 0,3 (se ovan i avsnitt A.3.3 avseende litet respektive stort läckage). Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska komma i kontakt med väl blandat och organiskt material har i aktuellt fall antagits till 1% (0,05% antas i FÖP för transporter av farligt gods i Göteborg [10]). Givet att blandning skett, antas en antändning uppstå med sannolikheten 10 %. 10 % av fallen då blandningen antänt antas gå till detonation, medan resterande 90 % antas utvecklas till en kraftig brand. Sannolikheten för explosion uppskattas därefter till 10%. I Figur 24 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



Figur 24. Händelseträd för farligt gods-olycka med oxiderande ämnen i lasten.

A.5 Ackumulerad olyckspåverkan

För individriskberäkningarna görs en frekvensreducering med avseende på att vissa scenarier har konsekvensavstånd som inte sträcker sig över hela den studerade sträckan. En specifik plats drabbas bara av olyckans konsekvenser, om den inträffar på en viss sträcka i närheten. Längden på denna sträcka antas vara det uppskattade konsekvensavståndet multiplicerat med en faktor 2. Detta värde dividerat med den totala studerade sträckan (500 meter) ger därmed en frekvensreduktionsfaktor.

Även för gruppriskberäkningarna tillämpas en typ av frekvensanpassning. Konsekvenserna i antal döda uppskattas utifrån att olyckan inträffar så att konsekvenserna riktas mot planområdet (exempelvis att jetflamman eller utsläppet är riktat mot planområdet). Därför kan frekvensen i gruppriskberäkningen halveras då jetflammor (med flera) som är riktade bort från planområdet inte ska bidra till grupprisken för planområdet. Förfarandet bedöms vara konservativt, då vissa scenarier har ett spridningsområde (andel av cirkulärt område) som är mindre än 50 % - vilket de i praktiken nu får. För olycksscenarier med cirkulärt konsekvensområde (ex. explosioner) görs ingen sådan reducering.

Referenser Bilaga A

[1] Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001.

[2] Alexander Hellervik, Långsiktig planerare/Trafikanalytiker, Trafikverket, information per e-post 2012-11-19.

[3] Anders Nilsson, Statistiker Statistikcenter, Trafikverket, information per e-post 2012-11-22.

[4] TRAFA, Bantrafik 2011, Statistik 2012:22.

[5] Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.

[6] Bantrafik 2010. Statistik 2011:24 : Trafik analys - TRAFA, 2011.

[7] Jan Pettersson. Säkerhetsansvarig, Green Cargo. Muntligt, 2012

[8] MSB (2011). Trafikflödet på järnväg – 2006. [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Farligt-gods/Flodesstatistik/Jarnvag/ (2011-01-31)

[9] Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993.

[10] Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS, Stadsbyggnadskontoret, 1997.

Bilaga B – Konsekvensuppskattningar – järnväg

De riskmått som används i denna riskbedömning är individrisk och samhällsrisk (anpassat till en form av grupprisk för planområdet). Indata till beräkningar är bl.a. avståndet inom vilket personer antas omkomma, med avseende på respektive skadescenario.

Alla konsekvensavstånd för olyckor med farligt gods har beräknats/uppskattats utifrån att olyckan inträffar på närmsta förekommande spår, varifrån läckaget/branden/explosionen utgår. För individriskberäkningarna uppskattas ett avstånd till vilket dödliga konsekvenser uppstår. För gruppriskberäkningarna uppskattas ett förväntat antal omkomna.

B.1 Befolkningsmängd inom planområdet

Förutsättningarna för förtätningen enligt utredningsalternativet har presenterats i huvudrapportens avsnitt 2.1. Där framgår att förtätningen förväntas medge plats för ca 800 boende (inkluderat 200 personer i ett hotell) samt ca 4100 arbetande. Detta ger en folktäthet på ytan om drygt 800 pers/ha, vilket är ca 18% mer än det typområdet som presenteras i FÖP [4].

Det gör stor skillnad om personer förväntas vistas inomhus eller utomhus då en olycka sker. Personer inomhus erhåller en viss skyddsgrad relativt personer utomhus. Baserat på tillvägagångssätt i FÖP [4] görs en fördelning av personerna inom planområdet enligt Tabell 9 nedan som förutsättning för beräkningarna.

Tabell 9. Fördelning av personer inom planområdet.

Fördelning av personer	Andel (%)
Boende hemma dagtid	33
Boende hemma dagtid inne	88
Boende hemma dagtid ute	12
Boende hemma natt	99
Boende hemma natt inne	99
Boende hemma natt ute	1
Arbetande på arbetet dagtid	96
Arbetande på arbetet dagtid inne	98
Arbetande på arbetet dagtid ute	2
Arbetande på arbetet natt	4
Arbetande på arbetet natt inne	99
Arbetande på arbetet natt ute	1

Förhållandena gällande befolkningsmängd för dagtid antas gälla under 2/3 av dygnet, medan nattetid antas råda 1/3 av dygnet.

B.2 Mekanisk skada vid urspårning

Enligt resonemang i Bilaga A bedöms urspårande tåg inte kunna nå fram till planområdet. Därför antas inga människor på planområdet träffas av tåget och omkomma i samband med urspårningar.

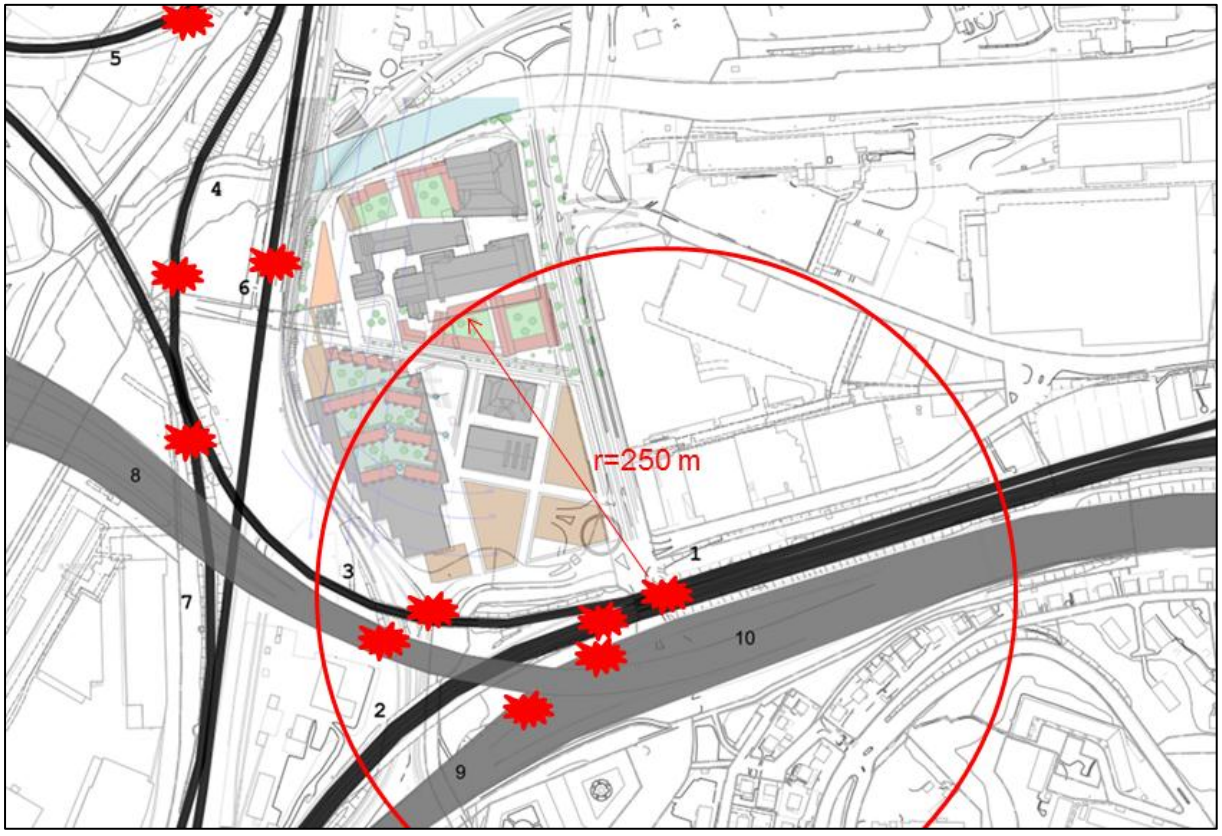
B.3 Uppskattade konsekvenser för olyckor med farligt gods

Eftersom egenskaperna hos ämnena i de olika farligt gods-klasserna skiljer sig mycket från varandra har olika metoder använts för att uppskatta konsekvenserna för de scenarier som beskrivs i bilaga A. Litteraturstudier, simuleringsprogram och handberäkningar är exempel på olika metoder som har använts.

Gruppriskberäkningarna har baserats på ett angreppssätt där 500 meter av respektive riskkälla studeras avseende frekvens för olycka. I konsekvensberäkningarna har dock det konservativa antagandet gjorts att olycka förväntas inträffa mitt för planområdet på respektive riskkälla, se vidare Figur 25.

För varje riskscenario beräknas konsekvensområde för dödliga konsekvenser i följande avsnitt. För bedömning av antal omkomna i respektive riskscenario och för respektive riskkälla görs sedan en studie av vilka byggnader som omfattas, vilket exemplifieras för scenariot stora explosioner (konsekvensavstånd 250 meter) på riskkälla 1 (Västra Stambanan) i Figur 25.

En sammanställning över riskbidraget från respektive farligt gods-klass på järnväg ges i avsnitt B.4



Figur 25. Placering av olycka för respektive riskkälla samt exempel på omfattat skadeområde för scenariot stor explosion på Västra Stambanan.

B.3.1 RID-klass 1 – Explosiva ämnen

Detonationer och de konsekvenser som dessa orsakar är komplexa och kräver beaktande av många faktorer. Konsekvenserna beror bland annat på mängden explosiv vara, omgivningens utformning (tillgång till skydd i form av bebyggelse eller liknande) samt hur personer befinner sig i förhållande till explosionen.

Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära)[1].

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splitterverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splitterverkan vara försumbart. Vad gäller trycknivåer och de direkta skador som de ger upphov till, går gränsen för lungskador vid omkring 70 kPa och direkt dödliga skador kan uppkomma vid 180 kPa [2]. Detta värde kan dock vara missvisande då det gäller direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador (då männi-

skor kastas iväg av explosionen) bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Dödliga förhållanden för personer utomhus antas i denna riskbedömning uppstå redan vid 70 kPa (gräns för lungskador) då även sekundära effekter inkluderas. Enligt FÖP Göteborg blir konsekvensavståndet då cirka 120 m för en 25 ton laddning. För en 150 kg laddning blir motsvarande avstånd omkring 30 meter [3].

Byggnader har normalt en relativ låg trycktålighet och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa (40 kPa för moderna byggnader). Stadsbyggnadskontoret i Göteborg [4] anger att väggar kan förväntas raseras i moderna byggnader på upp till 250 meter från en 25 tons explosion, vilket innebär att samtliga byggnader på planområdet ka förväntas skadas allvarligt vid en sådan. Grovt antas en tredjedel av människorna i byggnaderna omkomma vid en sådan explosion (detta antagande baseras erfarenheter från andel omkomna vid raserade hus vid jordbävningar). Hälften av personerna utomhus antas omkomma.

Vid en 150 kg explosion uppkommer 40 kPa på omkring 25 meter, vilket understiger avståndet mellan järnväg och planområdet, varvid inga bedöms omkomma.

B.3.2 RID-klass 2 – Gaser

Gaser indelas i brännbara och giftiga.

Brännbar gas

Konservativt antas att det är tryckkondenserad gasol i samtliga vagnar, eftersom gasol har en låg brännbarhetsgräns, vilket antas medföra att antändning kommer att kunna inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen. Mängden gas i en järnvägsvagn antas till ca 40 ton [5].

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) [6]. För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* [7], dels eventuell jetflammas längd vid omedelbar antändning, dels det brännbara gasmolnets volym samt området som påverkas vid en BLEVE. För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, direkt alternativt fördröjd antändning samt vindhastighet. Beroende på om läckage inträffar i tanken i gasfas, i gasfas nära vätskefas eller i vätskefas kan utsläppets storlek och konsekvensområde variera. De värsta konsekvenserna bedöms uppstå om utsläppet sker nära vätskeytan och därför antas det konservativt att detta är fallet.

För värmestrålning antas en rimlig kritisk nivå där människor förväntas omkomma vara 15 kW/m^2 (vilket orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering).

De indata som använts i Gasol för att simulera konsekvensområden för jetflamma och gasmoln presenteras nedan:

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck
- Utströmmingskoefficient (Cd): 0,83 (Rektangulärt hål med kanterna fläkta utåt)
- Tankdiameter: 2,5 m (jvg)
- Tanklängd: 19 m (jvg)
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Tankens vikt tom: 50 000 kg
- Designtryck: 15 bar övertryck
- Bristningstryck: 4*designtrycket
- Lufttryck: 760 mmHg
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Relativ fuktighet: 50 %

- Molnighet: Dag och klart
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

I Tabell 10 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. För brinnande gasmoln antas det att gasmolnet antänds då det fortfarande befinner sig vid tanken och inte har hunnit spädas ut ytterligare. Det brännbara molnets volym bedöms där vara som störst. Det skadedrabbade området, med avseende på brinnande gasmoln, uppskattas vara molnets storlek plus avståndet där tredje gradens brännskada kan uppnås från gasmolnsfronten.

Tabell 10. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier med brännbara gaser.

Scenario	Läckagestorlek	Antändning	Konsekvensavstånd (m)
BLEVE			Cirkulärt 200 m radie
Hål i tank nära vätskeyta	Punktering (2,4 kg/s)	Jetflamma Gasmoln	18 18
	Stort hål (60 kg/s)	Jetflamma Gasmoln	91 21

Personer inomhus erhåller ett gott skydd mot strålningspåverkan.

Vid en BLEVE antas några enstaka procent av människorna i byggnaderna omkomma. Gällande personer utomhus, antas hälften omkomma. En BLEVE förväntas inträffa först efter en lång fördröjning (uppskattningsvis minst 20 minuter), varför en evakuering av områden kan antas ha påbörjats. Dock bedöms det vara stor risk att det finns en skara åskådare eller nyfikna som inte hunnit flytta sig från området.

Den mindre jetflamman har konsekvensavstånd som understiger aktuellt avstånd mellan järnväg och planområdet och bedöms därmed ej ge upphov till omkomna inom planområdet. Vid den större jetflamman antas maximalt hälften av planområdet omfattas baserat på konsekvensavståndet. Grovt antas att en tredjedel av personerna utomhus kan omkomma. Även inomhus antas några enstaka människor omkomma till följd av den momentana påverkan mot en utsatt fasad som kan uppstå.

Gällande gasmolnsexplosioner kan de ovan beräknade konsekvensavstånden kompletteras med ett antagande om att massan kan förflytta sig in på planområdet vid ogynnsamma vindförhållanden. Någon tryckuppbyggnad vid en gasmolnsexplosion bedöms vara osannolik. Den beaktansvärda påverkan bedöms istället utgöras av den flamfront som rör sig genom gasmolnet och orsakar brännskador. Med gasförflyttning in på området bedöms halva planområdet omfattas inom vilken en tredjedel av människorna utomhus omkommer. Inomhus antas några enstaka människor omkomma av flamfronten.

Giftig gas

Den icke brännbara men giftiga gasen antas vara klor, som är en av de giftigaste gaserna som transporteras på järnväg i Sverige. Att använda klor som representativ ämne bedöms vara konservativt, jämfört med exempelvis ammoniak eller svaveldioxid. Med simuleringsprogrammet *Spridning luft* [8] beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig (inomhus och utomhus) Använt gränsvärde för dödliga skador (LC_{50}[1]) för klor är 250 ppm.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton [8]. Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) [8].

[1] Värden för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

Gasens spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. *Spridning luft* visar spridningskurvor och uppskattningar av hur stor andel av befolkningen inom området som förväntas omkomma. Denna andel avtar med avståndet både i längd med och vinkelrätt mot gasmolnets riktning, se Tabell 11.

De indata som använts i *Spridning luft* för att simulera konsekvensområden för utsläpp av giftig gas presenteras nedan. Vindstyrkan kommer att varieras från 3-8 m/s och simuleringar kommer att göras med olika stora utsläppsmängder, men i övrigt hålls faktorerna konstanta:

- Kemikalie: Klor
- Emballage: Järnvägsvagn (65 000 kg)
- Bebyggelse: Bebyggt
- Lagringstemperatur: 15°C
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Molnighet: vår, dag och klart

Tabell 11. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt gods-olycka med giftig gas i lasten.

Scenario	Vindstyrka (m/s)	Konsekvensavstånd utomhus (m)
Punktering (0,45 kg/s)	3	38
	8	34
Stort hål (112 kg/s)	3	755
	8	880

Gällande personer som befinner sig inomhus kommer konsekvenserna att bli lindrigare än för de som befinner sig utomhus. Detta på grund av att koncentrationerna av giftig gas ofta inte når upp till lika höga nivåer inomhus. Utomhusluften strömmar in i en byggnad genom ventilationssystemet relativt långsamt då gasmolnet passerar byggnaden. Det anges att skyddsfaktorn som uppstår då man befinner sig inomhus kan vara mellan en faktor 2 och 10 [9], jämfört med utomhus. För det aktuella planområdet antas att byggnaderna uppförs i modern form, med moderna krav på inomhusklimat, energieffektivitet, akustik med mera. Dessa krav är ofta gynnsamma även ur ett skyddsperspektiv vid gasutsläpp, då en modern byggnad ofta har ett tätare skal. Med anledning av detta antas att 1/10 av personerna inomhus omkommer då byggnaden utsätts för giftig gas. Utomhus bedöms 1/3 av de utsatta omkomma. Antagandet baseras på att personer antingen bor eller arbetar i området. Därmed förväntas de vara förtrogna med miljöerna och i hög grad ha tillgång till inrymningsmöjlighet i byggnad (bostad eller arbetsplats) innan dödliga förhållanden erhålls utomhus. Olycksscenariot är vidare inte momentant. Det krävs en viss tidsåtgång innan dödliga förhållanden uppstår inom planområdet.

B.3.3 RID-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt som följd av brandspridning till byggnader, antas vara fram till där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m^2, vilket är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [6].

Vid beräkning av konsekvensen av en farligt gods-olycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensin. Uppskattningsvis rymmer en järnvägsstank ca 45 ton bensin. Vanligtvis är tankar dock uppdelade 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.

De pölstorlekar som antas kunna bildas vid läckage av brandfarlig vätska har antagits till 50 respektive 400 m^2.

Strålningsberäkningar har genomförts med hjälp av handberäkningar. De formler som använts är baserade på den forskning inom brandområdet som bedrivits under lång tid. Använda formler och samband är etablerade och har använts under många år vid bedömning av olika typer av brandförlopp [10].

I Tabell 12 redovisas skadeområden inom vilka personer kan omkomma vid olika pölareor. Eftersom strålningsberäkningarna utgår från pölens kant är det viktigt att även räkna med pölradien för att få det aktuella avståndet med utgångspunkt från olycksplatsen eftersom den brandfarliga vätskan kan spridas över ett relativt stort område beroende på topografi med eventuella diken osv.

Vid beräkningarna har i detta fall antagits att pölen breder ut sig cirkulärt med centrum i respektive olycksplats. Spridning av pöl mot planområdet är inte sannolikt då järnvägen går i skärning.

Tabell 12. Skadedrabbat område, inom vilket personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godsolycka med brandfarlig vätska i lasten.

Scenario	Infallande strålning > 15 kW/m^2 från pölkant	Maximalt skadeområde (cirkulär pöl)
Liten pölbrand bensin (50 m^2)	12 m	16 m
Stor pölbrand bensin (400 m^2)	30 m	41 m

Inomhus förväntas personer vara i relativt gott skydd för värmestrålning från pölbränder. Inga personer förväntas omkomma inomhus till följd av olycka med RID-klass 3 på järnvägen. Utomhus förväntas någon enstaka procent omkomma.

B.3.4 RID-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Vid olycka med oxiderande ämne antas endast personer inom planområdet omkomma, om det oxiderande ämnet kommer i kontakt med organiskt material och ger upphov till detonation.

Vid järnvägstransport kan en vagn med 25 ton gods av RID-klass 5 vid urspårning kollidera med en vagn innehållande någon form av brännbart ämne som t.ex. bensin. Den blandning som då bildas kan motsvara 25 ton massexplosiv vara och leda till samma typ av konsekvenser som vid olycka med massexplosiva varor [4], se vidare avsnitt B.3.1.

I likhet med resonemanget för explosioner med RID-klass 1, antas en tredjedel av personerna omkomma inomhus och hälften utomhus.

B.4 Sammanställning av riskbidrag från olyckor på järnvägen

I Tabell 13 nedan ges en sammanställning över de konsekvensområden som bedöms som dödliga för de olika identifierade riskscenarierna på järnvägen. I tabellen kan även de bedömningar som gjorts avseende andelen omkomna inomhus respektive utomhus inom planområdet utläsas.

Planområdet kommer enligt utredningsalternativet att förtätas i hög utsträckning, se vidare Figur 4 i huvudrapportens avsnitt 2.1. Ett flertal nya och höga byggnader planeras enligt förslaget. Detta innebär att den första radens byggnader, byggnader i söder och väster, kommer att exponeras i störst grad för riskkällorna. Bakomvarande bebyggelse kommer att befinna sig i visst skydd för flera av riskscenarierna. Förenklat kan sägas att första radens byggnader exponeras mest för en olycka och den sista raden utsätts minst. En överslagsmässig bedömning av skyddsverkan från framförliggande byggnader har gjorts och sammanställs i den sista kolumnen i Tabell 13. Skyddsgraden har bedömts enligt följande:

- Vid en *explosion* orsakas skada dels av tryckuppbyggnad och dels av splitter, kaststycken etc. Splitter och kaststycken från explosion på järnvägen bedöms till stor del reduceras av första radens byggnader och bakomliggande byggnader erhåller ur denna aspekt relativt gott skydd. Tryckuppbyggnaden sker dock halvsfäriskt och s.k. side-on-tryck påverkar även fasader som vetter från olycksplatsen. Dock kan visst skydd tillskrivas barriärer avseende tryckvågens utbredning [11]. Ett grovt antagande görs att genomsnittlig skyddsgrad för planområdet uppgår till 50% tack vare att första radens (och andra och tredje osv) byggnader ger skydd för explosioner.
- För *brandpåverkan* kan ett liknande resonemang som ovan föras, dock tillskrivs framförliggande byggnader större skyddsgrad. Uppskattningsvis är genomsnittlig skyddsgrad 75%.
- *Spridning av giftig gas* kan ske runt om och bakom byggnader beroende på vindriktning, vindhastighet etc. Dock skapas turbulens vid passage av hinder och därmed späds gasmoln ut. 25% skyddsgrad tillskrivs framförliggande byggnader.

Tabell 13. Sammanställning av beräknade konsekvensavstånd samt antaganden kring andelar omkomna.

Skadescenario	Konsekvens-område (m)	Andel om-komna inne	Andel om-komna ute	Reduktion pga skydd från framförliggande byggnader
Explosiva ämnen, 25 ton	250	33%	50%	50%
Explosiva ämnen, 150 kg	25	1%	5%	50%
BLEVE	200	2%	10%	75%
Jetflamma, punktering	18	1%	10%	75%
Gasmoln, punktering	50	1%	33%	75%
Jetflamma, stort hål	92	2%	10%	75%
Gasmoln, stort hål	50	2%	33%	75%
Punktering giftig gas, svag vind	38	10%	33%	25%
Punktering giftig gas, stark vind	34	10%	33%	25%
Stort hål giftig gas, svag vind	755	10%	33%	25%
Stort hål giftig gas, stark vind	880	10%	33%	25%
Liten pölbrand	17	0%	1%	75%
Stor pölbrand	23	0%	1%	75%
Explosion oxiderande, 25 ton	250	33%	50%	50%

I Tabell 14 ges en sammanställning av samtliga beräknade frekvenser och antal omkomna för respektive järnvägssträcka och riskscenario enligt grundberäkningen för utredningsalternativet. Dessa siffror adderas med de som gäller för vägsträckornas riskbidrag, se vidare bilaga C och D, och sammanställs till individ- och grupprisk i huvudrapportens kapitel 6.

Tabell 14. Sammanställning av riskbidrag från respektive järnvägssträcka. Numrering enligt Figur 5.

			1		2		3		4		5		6		7	
RID-klass	Scenario	Konsekvens-avstånd (m)	Frekvens	Omkomna	Frekvens	Omkomna	Frekvens	Omkomna	Frekvens	Omkomna	Frekvens	Omkomna	Frekvens	Omkomna	Frekvens	Omkomna
1	Explosiva ämnen, 25 ton, dag	250	4,44E-09	376	1,19E-09	376	4,14E-09	545	1,54E-10	539	3,06E-10	91	8,79E-11	703	1,12E-09	539
1	Explosiva ämnen, 25 ton, natt	250	2,22E-09	81	5,97E-10	81	2,07E-09	135	7,70E-11	152	1,53E-10	53	4,40E-11	158	5,60E-10	152
1	Explosiva ämnen, 150 kg, dag	25	2,18E-07	0	5,85E-08	0	2,03E-07	0	7,54E-09	0	1,50E-08	0	4,31E-09	0	5,49E-08	0
1	Explosiva ämnen, 150 kg, natt	25	1,09E-07	0	2,93E-08	0	1,02E-07	0	3,77E-09	0	7,50E-09	0	2,15E-09	0	2,74E-08	0
2.1	BLEVE, dag	200	6,54E-09	11	1,76E-09	11	6,11E-09	17	2,13E-10	5	4,23E-10	1	1,22E-10	18	1,65E-09	5
2.1	BLEVE, natt	200	3,27E-09	1	8,81E-10	1	3,05E-09	8	1,06E-10	3	2,12E-10	1	6,08E-11	5	8,26E-10	3
2.1	Jetflamma, punktering, dag	18	1,08E-07	0	2,91E-08	0	1,01E-07	0	3,51E-09	0	6,98E-09	0	2,01E-09	0	2,72E-08	0
2.1	Jetflamma, punktering, natt	18	5,40E-08	0	1,45E-08	0	5,04E-08	0	1,76E-09	0	3,49E-09	0	1,00E-09	0	1,36E-08	0
2.1	Gasmoln, punktering, dag	50	0,00E+00	2	0,00E+00	2	0,00E+00	2	0,00E+00	0	0,00E+00	0	0,00E+00	1	0,00E+00	0
2.1	Gasmoln, punktering, natt	50	0,00E+00	0	0,00E+00	0	0,00E+00	0	0,00E+00	0	0,00E+00	0	0,00E+00	1	0,00E+00	0
2.1	Jetflamma, stort hål, dag	92	2,16E-07	3	5,81E-08	3	2,02E-07	3	7,02E-09	1	1,40E-08	0	4,01E-09	3	5,45E-08	1
2.1	Jetflamma, stort hål, natt	92	1,08E-07	0	2,91E-08	0	1,01E-07	0	3,51E-09	1	6,98E-09	0	2,01E-09	2	2,72E-08	1
2.1	Gasmoln, stort hål, dag	50	5,45E-07	4	1,47E-07	4	5,09E-07	4	1,77E-08	0	3,53E-08	0	1,01E-08	1	1,38E-07	0
2.1	Gasmoln, stort hål, natt	50	2,73E-07	0	7,34E-08	0	2,55E-07	0	8,87E-09	0	1,76E-08	0	5,07E-09	1	6,88E-08	0
2.3	Punktering gift gas, svag vind, dag	38	8,15E-08	0	2,19E-08	0	7,61E-08	48	2,65E-09	0	5,27E-09	0	1,51E-09	12	2,06E-08	0
2.3	Punktering gift gas, svag vind, natt	38	4,07E-08	0	1,10E-08	0	3,80E-08	2	1,33E-09	0	2,64E-09	0	7,57E-10	16	1,03E-08	0
2.3	Punktering gift gas, stark vind, dag	34	8,15E-08	0	2,19E-08	0	7,61E-08	48	2,65E-09	0	5,27E-09	0	1,51E-09	12	2,06E-08	0
2.3	Punktering gift gas, stark vind, natt	34	4,07E-08	0	1,10E-08	0	3,80E-08	2	1,33E-09	0	2,64E-09	0	7,57E-10	16	1,03E-08	0
2.3	Stort hål gift gas, svag vind, dag	755	8,15E-08	334	2,19E-08	334	7,61E-08	390	2,65E-09	334	5,27E-09	334	1,51E-09	390	2,06E-08	334
2.3	Stort hål gift gas, svag vind, natt	755	4,07E-08	73	1,10E-08	73	3,80E-08	78	1,33E-09	73	2,64E-09	73	7,57E-10	78	1,03E-08	73
2.3	Stort hål gift gas, stark vind, dag	880	8,15E-08	334	2,19E-08	334	7,61E-08	390	2,65E-09	334	5,27E-09	334	1,51E-09	390	2,06E-08	334
2.3	Stort hål gift gas, stark vind, natt	880	4,07E-08	73	1,10E-08	73	3,80E-08	78	1,33E-09	73	2,64E-09	73	7,57E-10	78	1,03E-08	73
3	Liten pölbrand, dag	17	6,32E-06	0	1,70E-06	0	5,90E-06	0	2,07E-06	0	4,11E-06	0	1,18E-06	0	1,59E-06	0
3	Liten pölbrand, natt	17	3,16E-06	0	8,50E-07	0	2,95E-06	0	1,03E-06	0	2,05E-06	0	5,90E-07	0	7,97E-07	0
3	Stor pölbrand, dag	23	3,79E-06	0	1,02E-06	0	3,54E-06	0	1,24E-06	0	2,46E-06	0	7,08E-07	0	9,56E-07	0
3	Stor pölbrand, natt	23	1,90E-06	0	5,10E-07	0	1,77E-06	0	6,20E-07	0	1,23E-06	0	3,54E-07	0	4,78E-07	0
5	Explosion oxiderande, 25 ton, dag	250	5,65E-09	376	1,52E-09	376	5,28E-09	545	4,12E-10	539	8,18E-10	91	2,35E-10	703	1,43E-09	539
5	Explosion oxiderande, 25 ton, natt	250	2,83E-09	81	7,61E-10	81	2,64E-09	135	2,06E-10	152	4,09E-10	53	1,18E-10	158	7,13E-10	152

Referenser Bilaga B

[1] Verkan av explosioner i det fria. Stefan Lamnevik AB, 2010.

[2] Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – Metoder för bedömning av risker. Tumba: Försvarets forskningsanstalt, Avdelningen för vapen och skydd: Fischer m.fl., 1997.

[3] Konsekvensanalys explosioner. Stefan Lamnevik AB: Stjärnhov, 2006.

[4] Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS, Stadsbyggnadskontoret, 1997.

[5] Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter, Svenska gasföreningen, 2004.

[6] Konsekvensanalys av olika olycksscenarior vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.

[7] Datorprogrammet Gasol, LTH Brandteknik.

[8] Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank, RIB, Statens räddningsverk.

[9] Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – Metoder för bedömning av risker. Tumba: Försvarets forskningsanstalt, Avdelningen för vapen och skydd: Fischer m.fl., 1997.

[10] Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005.

[11] Boverket, Räddningsverket. Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner, Vägledningsrapport 2006.

Bilaga C – Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar – väg

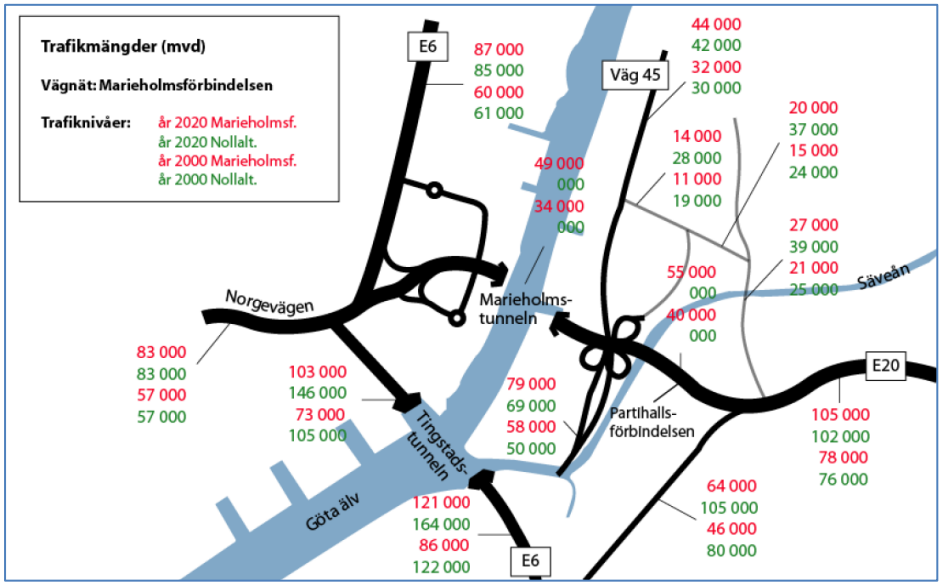
I Räddningsverkets (nuvarande MSB) rapport *Farligt gods – riskbedömning vid transport* [1] presenteras metoder för beräkning av frekvens för trafikolycka samt trafikolycka med farligt gods-transport på väg. Rapporten är en sammanfattning av Väg och- transportforskningsinstitutets rapport [2] och den beskrivna metoden benämns VTI-modellen. VTI-modellen analyserar och kvantifierar sannolikheter för olycksscenarier med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farligt gods-olycka på en specifik vägsträcka kan två olika metoder användas. Antingen kan en olyckskvot uppskattas utifrån specifik olycksstatistik för sträckan, eller utifrån nationell statistik över liknande vägsträckor. I denna riskanalys används det senare av dessa alternativ. Olyckskvotens storlek beror på ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning.

C.1 Statistiskt underlag och prognoser – väg

Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används prognoser för trafikflödet år 2020, vilka räknats upp till horisontåret 2030.

C.1.1 Trafikprognoser

I samband med arbetsplanen för den nya Marieholmsförbindelsen har WSP Samhällsbyggnad upprättat trafikprognoser avseende vägtrafikens utveckling till år 2020 [3], se Figur 26. Enligt uppgift saknas prognoser för horisontåret 2030. Det är dock möjligt att räkna upp trafiksiffrorna med en schablonmässig tillväxtkoefficient som sannolikt ligger mellan 1-1,5% för området [4].



Figur 26. Trafikprognoser för vägnätet i och kring Gamlestaden för år 2020 [3].

C.1.2 Andel tung trafik

I Trafikverkets trafikflödeskartor kan statistik från olika trafikmätningar utläsas [5]. För E20 finns tre stycken mätningar från åren 2002, 2004 och 2011 att tillgå där såväl tung som total trafik studerats på sträckan. Andelen tung trafik uppgick till 8,0%, 7,3% respektive 8,1% för de tre mätningarna. I dessa mätningar ingår även bussar i begreppet tung trafik, vilka bedöms utgöra en betydande andel.

Den mängd gods som årligen transporteras inom Sverige har varit relativt konstant under åren 2000-2011 [6]. Vad gäller utvecklingen av godstrafiken på väg är samhällets ambition i stort och även reg-

ionens, med tanke på ny Hamnbana etc., att öka andelen godstrafik på järnväg samtidigt som godstrafiken på väg kan minskas.

Sammantaget bedöms det som konservativt att ansätta andelen tung trafik till 8% i de fortsatta beräkningarna för horisontåret 2030.

C.1.3 Andel farligt gods

Svenska lastbilar transporterade 331 miljoner ton gods både inom och utom Sverige under år 2011. Av denna mängd utgjordes 8,6 miljoner ton av farligt gods. Andelen farligt gods av totalt transporterat gods uppgick därmed till ca 2,5% år 2011 [6].

Lastbilsbranschen arbetar aktivt med att minska volymerna av farligt gods på de svenska vägarna. År 2000 transporterades 15,3 miljoner ton farligt gods på landets vägar. År 2011 var siffran 8,6 miljoner ton. Under 2000-talets första decennium har även transportarbetet av farligt gods minskat, från 2 miljarder tonkilometer till 1,5 miljarder tonkilometer år 2011 [6].

Sedan år 2002 har transporter med farligt gods minskat stadigt i Sverige. Under år 2011 var den transporterade mängden av farligt gods inom Sverige den lägsta hittills under den uppmätta perioden. Även transportarbetet med farligt gods har minskat sedan år 2000, med 27 procent [6].

Givet att den tunga trafiken varit och förväntas vara relativt konstant över åren samtigit som farligt gods-trafiken minskar, bör detta generellt innebära att andelen farligt gods av den tunga trafiken minskar.

Baserat på en mätning utförd av Räddningsverket under september år 2006 [7] var total mängd transporterat gods på E20 66000 ton strax öster om Göteborg. Omräknad med standardmängd per transportslag och omräknat till dygn ger detta ca 73 st farligt gods-transporter per dygn på E20 för mätperioden. Enligt TRAFA:s statistik ovan är trenden att farligt gods-transporterna minskar på vägnätet. Om de trots allt skulle följa övrig prognostiserad trafikökning (1-1,5% årligen till år 2030) skulle mätningen indikera 118 st farligt gods-transporter per dygn på E20.

118 st farligt gods-transporter på E20 år 2030 skulle innebära att farligt gods utgör en andel om ca 118/109620=0,001, dvs ca 1 promille av den totala trafiken. I de fortsatta beräkningarna ansätts dock konservativt 2 promille av den totala trafiken (8%*2,5%=2 promille, vilket ger ca 220 farligt gods-transporter per dygn för E20). Som jämförelse kan nämnas att VTI anger den genomsnittliga andelen 1,7 promille [1].

Tabell 15. Prognostiserat trafikflöde avseende total trafik och antal farligt godstransporter för vägnätet.

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

* Notera att eventuella omfördelningar pga trängselskatten inte finns med i denna prognos. Siffran är därmed troligen överskattad med tanke på införandet av trängselskatten som i Stockholm inneburit en generell minskning av trafiken på infartsleder som passerar tullar.

** 1-1,5% ökning per år mellan åren 2020 och 2030, där 1,5% ansatts i beräkningen [4].

C.1.4 Indata i beräkningsmodellen

I Tabell 16 anges de indata som använts i beräkningsmodellen för grundberäkningen av utredningsalternativet avseende vägtrafiken.

Tabell 16. Trafikflöde, indata i beräkningsmodellen samt antal olyckor involverande ADR-S klassad transport.

	Partihallsförbindelsen	E20 väster Ånäs	E20 öster Ånäs
ÅDT [fordon per dygn]	57420	66816	109620
Hastighetsgräns [km/h]	70	70	70
Antal fordon med FG	114,8	133,6	219,2
Olyckskvot	0,7	0,7	0,7
Andel singelolyckor	0,35	0,35	0,35
Antal olyckor involverande fordon med FG [per år]	0,05	0,06	0,09
Förväntat tidspann mellan FG olycka [år]	20,7	17,8	10,8

C.1.5 Fördelning mellan de olika ADR-S klasserna

Kunskapsmyndigheten för transportpolitik, Trafikanalys (tidigare SIKA) ansvarar för officiell statistik inom områdena transporter och kommunikationer, bland annat resvane- och varuflödesundersökningar. Från 2008 redovisas antal transporter samt transporterad mängd farligt gods inom ADR-S i den officiella statistiken.

Tabell 17 redovisar ett medelvärde för transporter över hela landet, år 2008-2011 [6], vilket anses konservativt för den undersökta vägsträckan då jämförelser med Räddningsverkets kartering från år 2006 generellt indikerar lägre andelar av de allvarligare ADR-klasserna [7].

Tabell 17. Antalet farligt godstransporter samt fördelning mellan ADR-S klasser.

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

C.1.6 Metodik för frekvensberäkningar

Frekvensberäkningarna går i korthet ut på att en grundfrekvens för olyckor med transporter av farligt gods på en aktuell vägsträcka beräknas med hjälp av VTI-modellen. Med hjälp av händelseträdsmetodik beräknas sedan frekvenser för respektive olycksscenario för de olika klasserna. Dessa händelseträd utvecklas i kommande avsnitt för varje ADR-S klass. Vid behov anpassas frekvenser till den geografiska avgränsning som analysen har.

C.2 ADR-S Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål [8]. Dessa inkluderar exempelvis sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier. Samtliga dessa varor kan genom kemisk reaktion alstra sådan temperatur och sådant tryck att de kan skada eller påverka omgivningen genom värme, ljus, ljud, gas, dimma eller rök. För att en sådan reaktion ska initieras krävs att tillräcklig energi tillförs ämnet. Vid ett olyckstillfälle kan en kraftig stöt eller en brand tillföra sådan energi till explosivämnet att det detonerar.

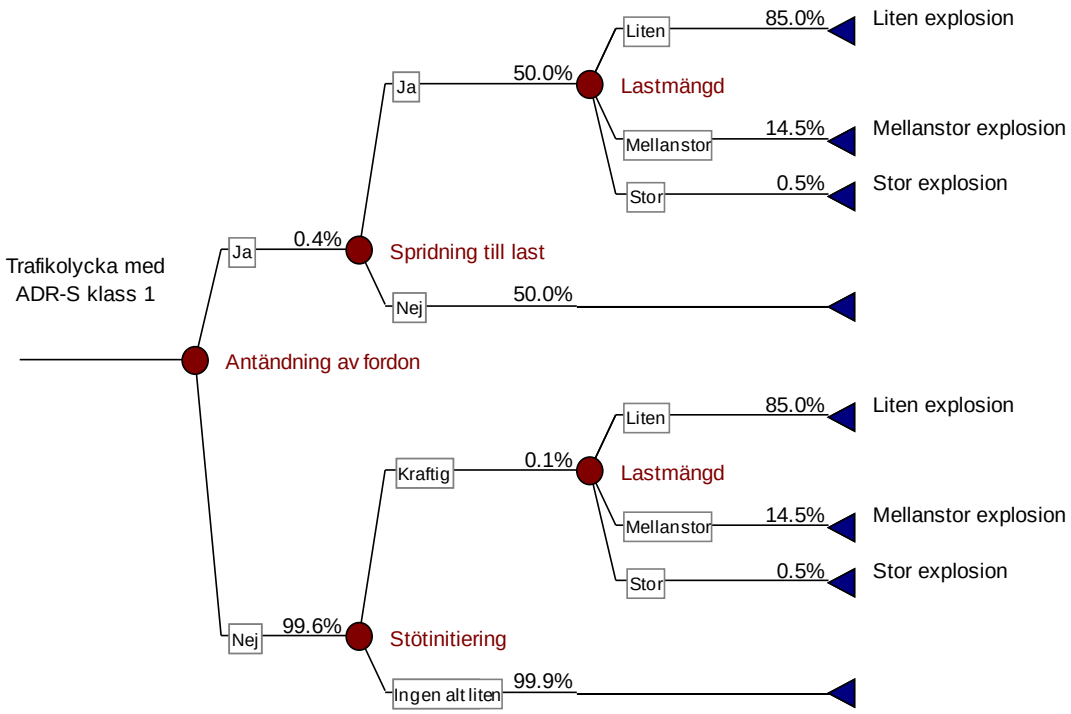
C.2.1 Transporterad mängd

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) [9] utgörs 80-90 % av de transporter som sker med explosiva ämnen av riskgrupp 1.1 (ämnen och föremål med risk för massexplosion), medan riskgrupp 1.3 (ämnen och föremål med risk för brand och mindre risk för tryckvåg, splitter och kaststycken men inte för massexplosion) och 1.4 (ämnen och föremål med endast obetydlig explosionsrisk) står för 5-10 % och 1.2, 1.5 och 1.6 i stort sett inte transporteras alls. Baserat på denna information används vidare riskgrupp 1.1 som representant för vidare utredning av ämnen i ADR-S klass 1. Detta bedöms vara ett konservativt antagande.

Avgörande för explosionsverkan är transporterad mängd av det explosiva ämnet. Maximal mängd massexplosiva varor som får transporteras på väg är 16 ton men det absoluta flertalet av transporterna innefattar endast små nettomängder av massexplosiva varor. Transporter av ADR-S klass 1.1 med större mängder utgörs huvudsakligen av genomfartstrafik, och trafik till centrallager placerade runt om i landet. De transporter som har mindre mängd utgör transporter från centrallagren till plats där sprängning ska genomföras.

C.2.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur 27 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett involverande ett fordon lastat med explosiva ämnen. Dessa sannolikheter ligger till grund för frekvensberäkningar och motiveras i texten.



Figur 27. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 1.

C.2.2.1 Antändning av fordon

Då brand kan leda till att ett explosivt förlopp initieras ges i detta avsnitt en övergripande beskrivning av möjliga brandscenarier som kan påverka farligt gods-transporter.

De brandscenarier som kan leda till påverkan på lasten bedöms i huvudsak kunna uppkomma om transporten är involverad i en olycka som föranleder brand eller till följd av fordonsfel som leder till brand, till exempel överhettade bromsar eller elektriska fel.

Det finns i dagsläget endast begränsad statistik över omfattningen av bränder inom transportsektorn. Utifrån tillgänglig statistik från olika länder (bland annat Japan och Tyskland) anges en olyckskvot på cirka 1 fordonsbrand per 10 miljoner fordonskilometer [10]. Denna siffra utgör en sammanlagd kvot för fordonsbrand oberoende av orsak (tekniska fel eller till följd av trafikolycka). Brandscenarier som uppkommer på grund av tekniskt fel antas dock ha ett långsammare händelseförlopp än de brandscenarier som uppkommer i samband med olyckor.

Svensk statistik visar på att sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna är cirka 0,4 % [11], [12].

C.2.2.2 Brandspridning till lasten

Sannolikheten för spridning till last och detonation beror i sin tur på vilken typ av ADR-S klass som involveras och vilket ämne samt brandens storlek, mängden transporterat ämne med mera.

Utifrån Göteborgs fördjupade översiktsplan [13] görs bedömningen att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

C.2.2.3 Stöt

Med stöt avses sådan stöt som har den intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s [14]. Till skillnad från brand så saknas kunskap om hur stort krockvåld som behövs för detonation i det fraktade godset. Som ett jämförelsevärde att förhålla sig till anger HMSO [15] att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %.

Moderna lastbilar är noggrant testade och utformas så att energin vid en kollision ska tas upp av olika energiabsorberande zoner. Detta för att skydda föraren och eventuell passagerare samt de som eventuellt krockar med en lastbil. Med hänsyn till den utveckling som skett inom fordonsutformning och trafiksäkerhet de senaste 20 åren, antas sannolikheten för en stötinitierad detonation vara lägre än de 0,2 % som HMSO anger. En viktig faktor att beakta är dock faran för att godset inte är förpackat, fastspänt eller på annat sätt inte transporteras på anvisat sätt.

Utifrån ovanstående bedöms sannolikheten för att en stöt initierar en detonation vara 0,1 %.

C.2.2.4 Fördelning mellan lastmängder

Genomfartstrafik respektive transporter till centrallager bedöms vanligen utgöras av maximalt lastade fordon, vilket motsvarar en last på 16 ton med fordon av EX/III-klass. Detta har framkommit i intervjuer med tillverkare och transportörer av explosiva ämnen [16], [17].

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) [18] anger att genomfartstrafik utgör omkring 0,5 % av alla transporter med farligt gods. Transporter med 16 ton antas därmed utgöra mindre än 0,5 % av samtliga transporter i klass 1. Detta överensstämmer med uppgifter från tre stora transportörer, som anger att andelen transporter med så stora lastmängder utgör mindre än 1 % av det totala antalet transporter med explosiva varor [19]. Övriga transporter utgörs av mindre mängder. Enligt Polisen [20], som tidigare var tillståndsmyndighet[2] för hantering av explosiva varor, utgörs transporter till målpunkter för sprängningsarbeten utav transporter med laster på 60 kg, 60-500 kg, 500-1000 kg. 1000 kg utgör maximalt tillåtna mängder för transport i så kallade EX/II-bilar då de fraktar riskgrupp 1.1. Därtill sker vissa transporter till lite större sprängningsarbeten där transporterna sker med EX/III fordon och då fraktas mellan 1000-5000 kg. Ett exempel på sprängningsarbeten av denna storlek är när dagbrott ska spränga fram nytt material till framställning av stenkross-produkter. Fördelningen mellan viktklasserna uppgår enligt Polisens tillståndsavdelning till 0,50; 0,35; 0,10 respektive 0,05. Utifrån dessa uppgifter antas fördelningen som anges i Tabell 18 nedan, för lastmängder av explosiva ämnen. Den representativa lastmängden är ett viktat medelvärde utifrån fördelningen av de ingående lastmängderna.

Tabell 18. Fördelning mellan lastmängder vid vägtransport av ADR-S klass 1.

Lastmängd	Inkluderat viktintervall	Andel	Representativ lastmängd för konsekvensberäkningar
Mycket stor	(16 000 kg)	0,5 %	16 000 kg
Mellanstor	(500-5000 kg)	14,5 %	1 500 kg
Liten	(<500 kg)	85 %	150 kg

[2] Efter införande av den nya lagen om brandfarliga och explosiva varor (2010:1011) vilar ansvaret för tillståndshanteringen nu på kommunerna.

C.3 ADR-S Klass 2 – Gaser

ADR-S klass 2 omfattar rena gaser, gasblandningar och blandningar av en eller flera gaser med ett eller flera andra ämnen samt föremål innehållande sådana ämnen.

Gaser tillhörande ADR-S klass 2 är indelade i olika riskgrupper beroende på dess farliga egenskaper; brandfarliga gaser (riskgrupp 2.1.), icke brandfarliga, icke giftiga gaser (riskgrupp 2.2) samt giftiga gaser (riskgrupp 2.3) [8]. Volymen per transport kan, beroende på fordon och ämne, uppgå till cirka 30 ton. Störst skadeverkan vid vådautsläpp orsakar kondenserade gaser (i flytande form vid förhöjt tryck), brännbara gaser eller giftiga gaser

C.3.1 ADR-S Riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

ADR-S Riskgrupp 2.1 omfattas av brandfarliga gaser, exempelvis väte, propan, butan och acetylen. Här utgör brand den huvudsakliga faran, gaserna är vanligtvis inte giftiga[3]. Den lägsta tändenergi för brandfarliga gaser och bränsleångor är väldigt låg, i många fall lägre än den energi en människa kan förnimma med fingerspetsen. Brandfarliga gaser är ofta luktfria [2]. Gasol är ett exempel på en kondenserad brandfarlig gas, som har den största transportvolymen på väg [21].

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 antänds omedelbart uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids med hjälp av vinden och kan antändas senare. Det tredje scenariot är en så kallad BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion).

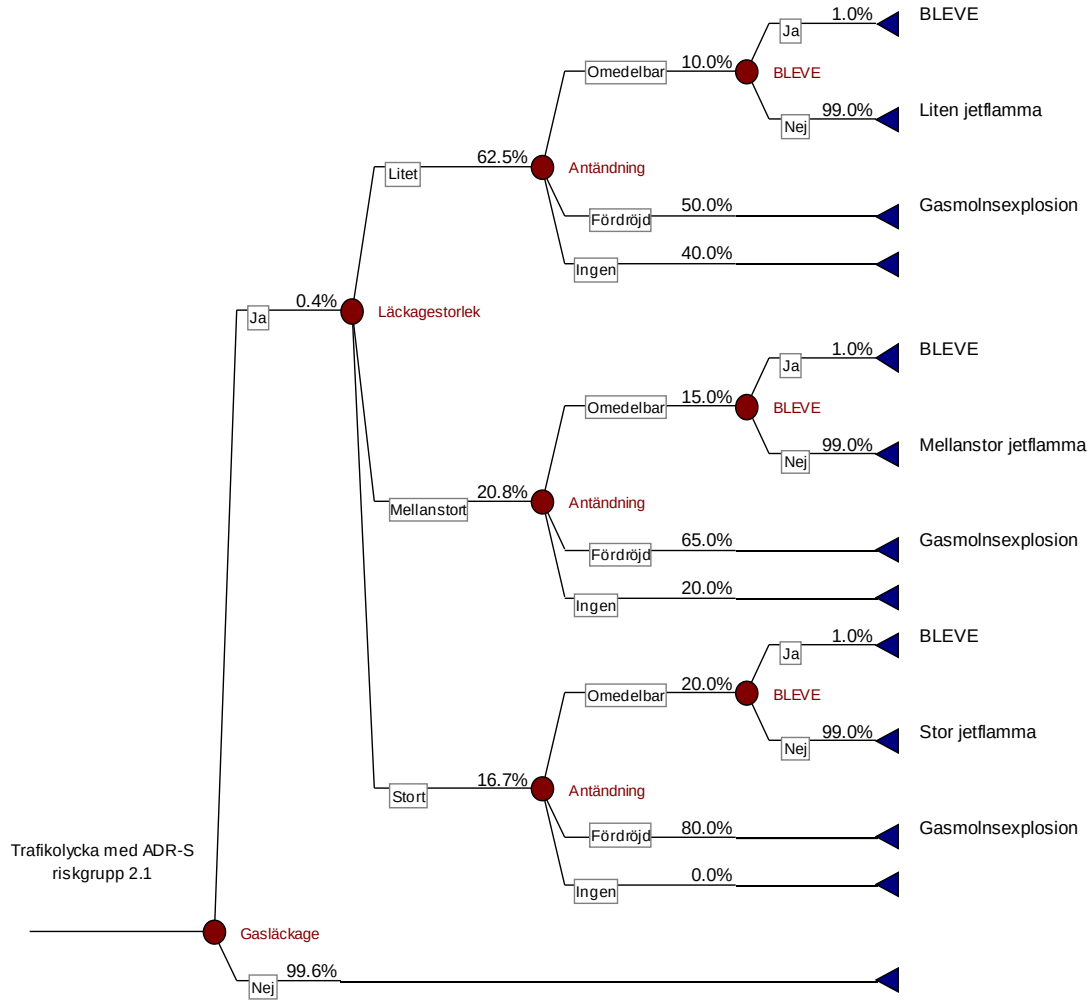
C.3.1.1 Representativt ämne

Gasol antas utgöra ett representativt ämne att basera beräkningarna på, då gasol på grund av dess låga brännbarhetsgräns och det faktum att den ofta transporteras tryckkondenserad gör den till ett konservativt val.

[3] Vissa giftiga gaser, som exempelvis ammoniak, är vid höga koncentrationer även brandfarliga. De beaktas i huvudsak med avseende på de giftiga egenskaperna, vilka ger upphov till längre konsekvensavstånd än de brandfarliga egenskaperna.

C.3.1.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur 28 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 28. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

C.3.1.3 Gasläckage

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet [22]. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för läckage av det transporterade godset då sänks till 1/30 av värdet för läckage i tankbil med ADR-S klass 3 [1], vilket ger en sannolikhet för läckage av gas på 0,18·1/30 = 0,006=0,6%.

C.3.1.4 Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av brandfarlig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där utsläppsstorlekarna är definierade i [1] utifrån massflöde: 0,09 kg/s (*litet*), 0,9 kg/s

(*medelstort*) respektive 17,9 kg/s (*stort*). Med gasol som gas har arean på läckaget beräknats till 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm^2. Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %, 20,8 % och 16,7 % [1].

C.3.1.5 Antändning

När ett läckage av brandfarlig gas, klass 2.1, har skett finns det en risk att gasen antänds. Antändningen kan inträffa direkt eller vara fördröjd. En direkt antändning antas leda till att en jetflamma uppstår, medan en fördröjd antändning kan innebära att en gasmolnsexplosion inträffar. För ett utsläpp som är mindre än 1500 kg anges sannolikheterna för direkt antändning, fördröjd antändning och ingen antändning vara 10 %, 50 % respektive 40 % [23], varför dessa värden kan antas gälla för *litet* läckage. För ett utsläpp som är större än 1500 kg anges motsvarande siffror vara 20 %, 80 % och 0 %. Dessa värden används för *stort* läckage. För *medelstort* läckage antas ett medeltal av ovanstående sannolikheter rimligt att använda, det vill säga 15 %, 65 % och 20 %.

C.3.1.6 BLEVE

En BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) kan inträffa om en tank med tryckkondenserad gas värms upp så snabbt att tryckökningen leder till att tanken rämnar. Detta resulterar i att den kokande vätskan (tryckkondenserad gas) momentant släpps ut och antänds. Detta resulterar i ett mycket stort eldklot. En BLEVE antas kunna uppstå i en oskadad tank, utan fungerande säkerhetsventil eller där säkerhetsventilen inte snabbt nog hinner avlasta tycket. Det krävs då att en direkt antändning har skett vid en intilliggande tank och orsakat jetflamma som är riktad direkt mot den oskadade tanken. Sannolikheten för att ovan givna förutsättningar skall infalla samtidigt och leda till en BLEVE bedöms vara liten, uppskattningsvis 1 %.

Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning, vilket medför att en BLEVE inte kan inträffa.

C.3.2 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

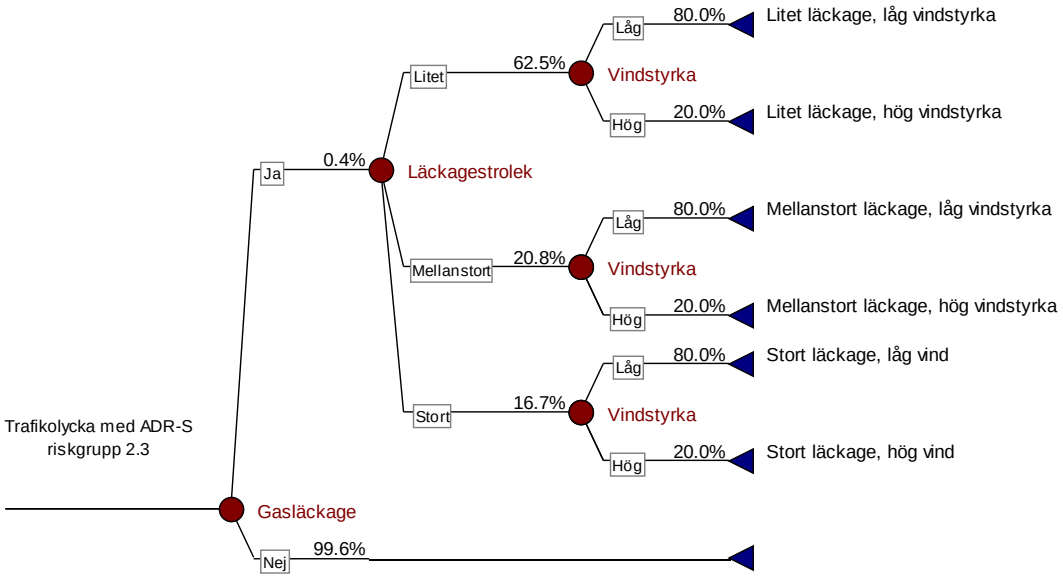
ADR-S riskgrupp 2.3 omfattar giftiga gaser, exempelvis ammoniak, fluorväte, kolmonoxid, klor, klorväte, svaveldioxid, svavelväte, cyanväte och kvävedioxid. Vissa giftiga gaser är också brandfarliga, som exempelvis ammoniak.

C.3.2.1 Representativt ämne

Valet av representativ giftig gas som beaktas vidare i analysen baseras på IDLH-värdet (Immediately Dangerous to Life and Health), vilket avser den koncentration som vid exponering innebär omedelbar fara för människors liv eller som ger upphov till irreversibla skador. Svaveldioxid är den mest toxiska gas som transporteras på väg, så fortsättningsvis beaktas konsekvenser av en olycka med svaveldioxid.

C.3.2.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur 29 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med giftig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 29. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.3.

C.3.2.3 Gasläckage

Sannolikheten att en olycka med farligt gods leder till läckage varierar beroende på bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp [1]. Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tålighet [22]. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset därför sänks till 1/30 [1], vilket ger en sannolikhet för läckage av gas på 0,18·1/30 = 0,006=0,6%. Mot planområdet reduceras sannolikheten till hälften, alltså 0,3%.

C.3.2.4 Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av giftig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där storlekarna är definierade utifrån utsläppets källstyrka. Storleken på läckaget är samma som för ADR-S klass 2.1 det vill säga 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm^2. Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %; 20,8 % och 16,7 % [1].

C.3.2.5 Vindstyrka

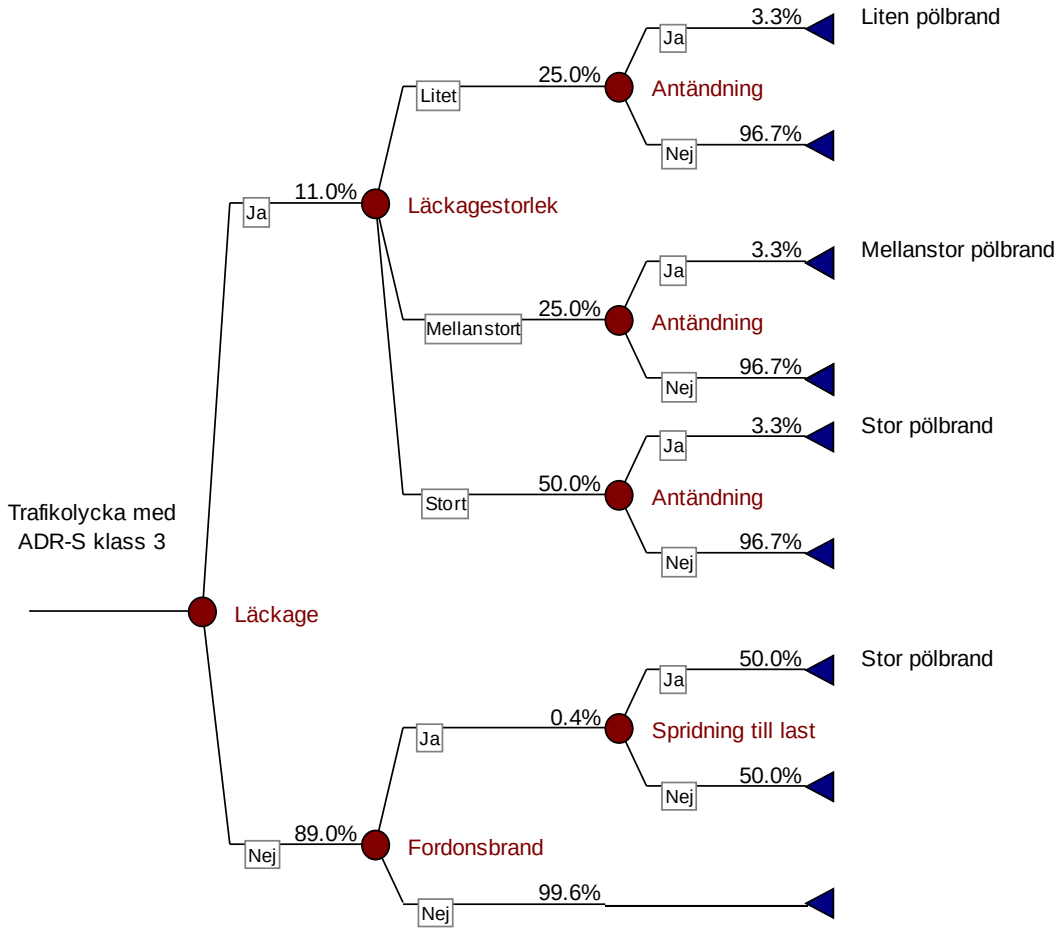
Vid högre vindhastigheter blandas utsläppta gaser ut snabbare med den omgivande luften än vid lägre vindhastigheter. Under åren 1961-2004 har vindhastigheten på 330 stationer runtom landet avlästs månad för månad. Insamlad data visar på en medelvindhastighet i Sverige som är 4 m/s [24]. Vindhastighet över 4 m/s betecknas i denna analys som hög och vindhastighet lägre än 4 m/s betecknas som låg. Utifrån detta antas sannolikheten för hög och låg vindhastighet vara 50% vardera.

C.4 ADR-S Klass 3 – Brandfarliga vätskor

ADR-S klass 3 omfattar brandfarliga vätskor, exempelvis bensin, E85, diesel- och eldningsoljor, lösningsmedel etc. De flesta transporter av farligt gods utgörs av brandfarliga vätskor.

C.4.1 Händelseträd med sannolikheter

Figur 30 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur 30. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 3.

C.4.2 Läckage

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage antas vara 0,18 [1].

C.4.3 Läckagestorlek

Storleken på läckaget varierar beroende på tankbilens storlek och typ. Enligt uppgifter från transportbolagen, när det gäller klass 3-produkter, är det vanligast att tankbilar med släp transporterar godset

[25], [26]. Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % [1]. De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m^2 (*litet*), 200 m^2 (*mellanstort*) samt 400 m^2 (*stort*).

C.4.4 Antändning

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 [27]. Sannolikheten för antändning av läckage med diesel på väg är mycket låg på grund av dess höga flampunkt, medan sannolikheten för antändning av ett bensinläckage är större. Förenklat (och konservativt) antas samtliga transporter av brandfarlig vätska vara bensin. Sannolikheten att antändning sker givet läckage av bensin, oberoende av om det är litet, mellanstort eller stort, är 3,3 % [15].

C.4.5 Fordonsbrand

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon är denna cirka 0,4 %. Fordonsbranden kan sprida sig till lasten, och denna sannolikhet uppskattas till 50 %.

C.5 ADR-S Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

ADR-S klass 5 är indelad i två riskgrupper; oxiderande ämnen (riskgrupp 5.1) och organiska peroxider (riskgrupp 5.2).

C.5.1 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.1

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera eller understödja brand i andra ämnen samt i vissa fall detonera. Ämnenas egenskaper är oförutsägbara och de kan reagera häftigt utan förvarning [8].

Ett vanligt förekommande ämne är ammoniumnitrat (AN) som ingår i många gödningsmedel och tillhör riskgrupp 5.1. Ammoniumnitrat kan i samband med vissa omständigheter sönderfalla explosivt genom detonation. Detta kan ske genom ett brandförlopp där ämnet är inneslutet och värms upp under tryckuppbyggnad, eller om det blandas med organiskt material [28]. Baserat på uppgifter från Yara i Köping [29] och FOI [30] kan en detonation uppstå om ammoniumnitrat blandas med ett flytande organiskt material såsom diesel, bensin, vegetabiliska oljor med flera, eller om ett annat explosivämne detonerar i eller i kontakt med ammoniumnitratmassan. För att en blandning mellan ammoniumnitrat och organiskt material ska detonera krävs en homogen blandning samt tillförsel av tillräckligt stor energi. Natriumklorat är ett annat ämne som ingår i ADR-S riskgrupp 5.1 och har snarlika egenskaper [31].

C.5.2 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.2

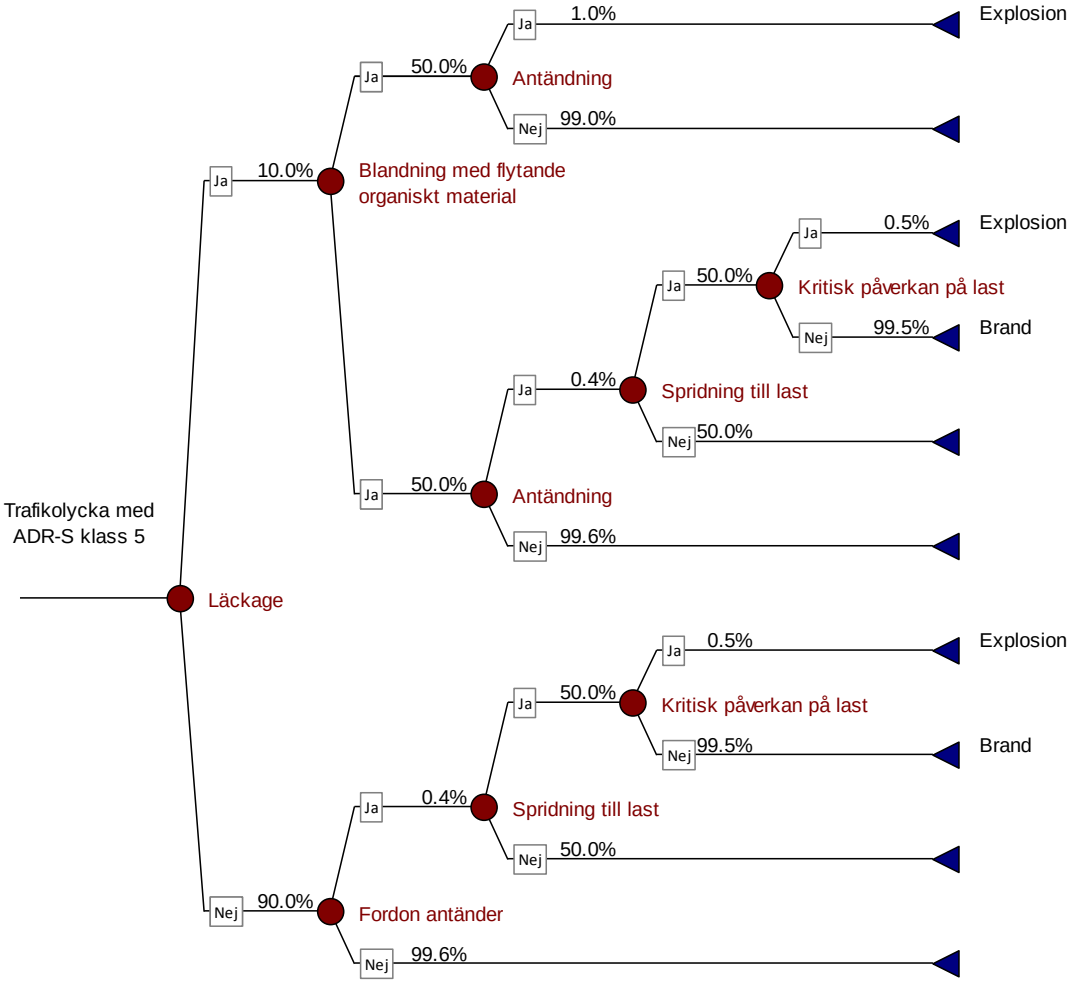
Organiska peroxider (ADR-S riskgrupp 5.2) karakteriseras av föreningar med instabila peroxidbindningar. Till följd av den kemiska strukturen är organiska peroxider mycket reaktiva och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras av så väl värme, friktion som kontakt med främmande ämne [21]. I de fall peroxiden är innesluten i behållare kan explosion med tryckvåg och splitter uppstå, men detta gäller endast för en av de sex typer av ämnen som finns i riskgruppen. De övriga fem typerna av ämnen bedöms inte kunna leda till ett explosionsartat förlopp.

C.5.3 Transporterade mängder och representativt ämne

I dagsläget saknas nyanserad statistik över föredelningen mellan underklasserna 5.1 och 5.2. Utifrån tillgängliga uppgifter [18] dras slutsatsen att en avgörande majoritet (uppskattningsvis 99 %) av ADR-S transporter för klass 5 utgörs av oxiderande ämnen (riskgrupp 5.1), medan omkring 1 % utgörs av organiska peroxider (riskgrupp 5.2). Ammoniumnitrat och natriumklorat utgör tillsammans omkring 80 % av all ADR-S klass 5 som hanteras i Sverige. Med vetskap om detta samt rekommendationer från Holländska myndigheter [32], bedöms ammoniumnitrat vara ett lämpligt representativt ämne för hela ADR-S klass 5. Det är ett av de oxiderande ämnen som har störst oxiderande effekt och som transporteras mest frekvent och i störst mängd.

C.5.4 Händelseträd med sannolikheter

Figur 31 redovisar ett händelseträd som utvecklar förloppet efter att ett fordon lastat med ammonium-nitrat varit inblandat i en trafikolycka. De sannolikheter som anges i figuren motiveras i efterföljande textavsnitt.



Figur 31. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 5.

C.5.5 Läckage

Sveriges enda producent av ammoniumnitrat utgörs i dagsläget av Yara AB i Köping. Ammoniumnitrat transporteras som prillade produkter (fasta korn), paketerade i säckar om 1000 kg. Transporterade mängder med bil omfattar ca 36 ton [29]. Säckarna utgörs av två lager, en tjock innersäck av plast samt en yttre av väv, vilka är sammansvetsade upp till. Då ett utsläpp endast bedöms kunna ske om säcken påverkas av ett vasst föremål eller av en stor tryckpåkänning antas sannolikheten för utsläpp uppgå till 10 %. Detta bedöms som en konservativt vald siffra, och styrks av att utsläpp av ammoniumnitrat i samband med transportolycka inte förekommit på Yara under de 12 år som verksamheten har bedrivits.

C.5.6 Blandning med flytande organiskt material

Antändning och sönderfall genom deflagration eller detonation kan ske i samband med en olycka som involverar ammoniumnitrat om det först blandas med ett organiskt flytande ämne såsom. Idealt för att ett explosivt förlopp ska inträffa är att ammoniumnitratet blandas med bränslet homogent eller att de blandas under längre tid så att bränslet kan absorberas av ammoniumnitraten. Till följd av begränsat statistiskt underlag ansätts kontaminering av utsläppt ammoniumnitrat ske i 50 % av de fall olycka leder till utsläpp.

C.5.7 Antändning av blandning

För att blandningen av ammoniumnitrat och bränsle ska explodera krävs att energi tillförs. I denna bedömning har explosion till följd av olyckan antagits ske med en sannolikhet av 1 %. Antagandet baseras på statistik avseende antändning av ett utsläpp med brandfarlig vätska och bedöms vara en konservativ uppskattning då brandfarlig vätska antas vara mer lättantändlig.

C.5.8 Antändning av oblandat gods

Sannolikheten för en antändning efter ett utsläpp av lasten, men utan att den blandats med organiskt material, bedöms utifrån ämnets egenskaper vara lika stor som sannolikheten att fordonet i sig fattar eld vid olyckan, det vill säga 0,4 %.

C.5.9 Antändning av fordon vid olycka

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon är denna cirka 0,4 %.

C.5.10 Brandspridning till lasten

För att ett explosivt förlopp ska ske i detta fall krävs tillförsel av energi i form av antingen en brand eller detonation i eller i kontakt med ammoniumnitratmassan. Sannolikheten för att fordonsbranden ska sprida sig till lastutrymmet beror bland mycket annat på fordonets utformning och hur lasten förvaras. Enligt tidigare resonemang antas sannolikheten för brandspridning till lasten vara 50 %.

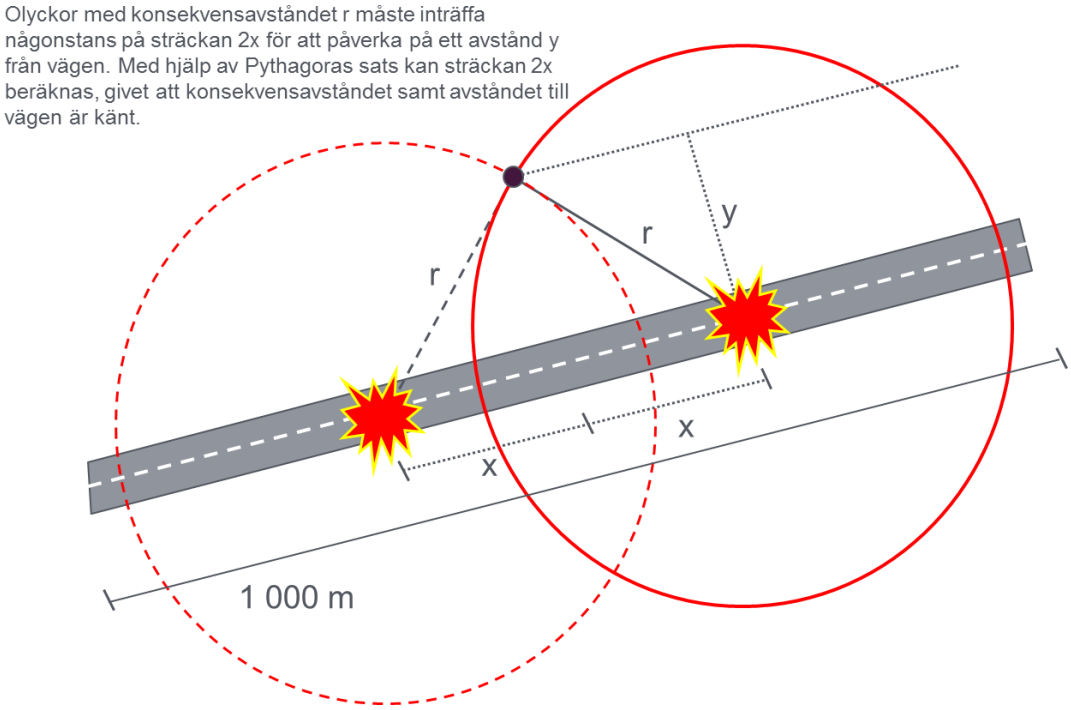
C.5.11 Kritisk påverkan på last

För att brand ska initiera ett explosivt förlopp krävs att temperaturen överstiger 190°C [33]. Antändning av ammoniumnitrat/bränsleblandning kan övergå till ett självunderhållande sönderfall (som behandlats ovan) medan ren ammoniumnitrat är så stabil att ett eventuellt sönderfall upphör då värme-

källan avlägsnas [28]. Baserat på detta bedöms explosiva förlopp initierade av brand vara relativt långsamma förlopp. Detta är något som även erhållen olycksstatistik kan styrka då det vid en majoritet av olyckorna anges brinntider på cirka 1-16 timmar innan detonation. Sannolikheten för att en brand som spridit sig till lasten påverkar denna så allvarligt att det leder till en explosion innan samtliga personer i omgivningen hunnit utrymma området bedöms vara lägre än vid antändning av blandning och ansätts till 0,5 %.

C.6 Ackumulerad olyckspåverkan

Grundfrekvensen för olyckorna har beräknats för 0,5 km vägsträcka, vilket får till följd att frekvensen måste justeras med hänsyn till hur stort konsekvensavstånd som varje olycksscenario ger upphov till (konsekvensavstånd redovisas i Figur 32).



Figur 32. Princip enligt vilken frekvenserna korrigeras för individrisken.

För varje punkt i omgivningen som studeras upprepas dessa beräkningar för samtliga olycksscenarier. Individriskberäkningarna genomförs med följande upplösning (värden på y):

0-200 meter från vägkant	Var 5:e meter
200-500 meter från vägkant	Var 50:e meter

Individriskberäkningarna utgår från den mest avlägsna punkten och ackumuleras in till olyckspunkten.

Referenser Bilaga C

[1] *Farligt gods: Riskbedömning vid transport.* u.o. : Statens räddningsverk, 1996.

[2] VTI. Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg. *VTI-rapport 387:4.* u.o. : Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.

[3] Vägverket Region Väst, PM - komplettering av trafik- och miljöeffekter - Arbetsplan E6 / Väg 45 / E20 Marieholmsförbindelsen, OBJ NR: 42 36 10, Januari 2010 WSP Samhällsbyggnad.

[4] Henki Refsnes, WSP Samhällsbyggnad, e-post, 2012-11-13.

[5] Trafikverket. http://gis.vv.se/tfk2/tfk/indextfk.aspx?config=tfk, 2012-11-13.

[6] TRAFA, *Lastbilstrafik 2011, Swedish national and international road goods transport 2011*, Statistik 2012:6.

[7] MSB. http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Farligt-gods/Flodesstatistik/Vag/, 2012-11-13.

[8] MSB. *ADR-S Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter (MSBFS 2009:2) om transport av farligt gods på väg och i terräng.* u.o. : Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.

[9] Gustavsson, Marlene. Muntligen 2008-01-10. u.o. : Räddningsverket, 2008.

[10] Ingasson, Haukur, o.a., o.a. *Räddningsinsatser i vägtunnlar.* u.o. : Statens Räddningsverk, 2005.

[11] SIKA. *Vägtrafikskador.* u.o. : Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.

[12] VTI. Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS). *Uppgifter erhållna från Arne Land.* u.o. : Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.

[13] Stadsbyggnadskontoret Göteborg. *Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods. Dnr 758/92.* u.o. : Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.

[14] Lamnevik, Stefan. Explosivämneskunskap. u.o. : Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.

[15] HMSO. *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances.* London : Advisory Commitee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.

[16] Daggård, Tomas. Muntligen 2010-01-11. u.o. : Orica Services Nora, 2008.

[17] Pålsson, Tord. Muntligen 2008-01-09. u.o. : Scanexplo EPC-Sverige. Torshälla, 2008.

[18] MSB. Trafikflöde på väg [Elektronisk]. Hämtad 2010-08-11. *http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Farligt-gods/Flodesstatistik/Vag/.* u.o. : Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.

[19] Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik. Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB. *Muntligen: 2007-01-30.* 2007.

[20] Jansson, Patrik. Muntligen 2008-01-16. *Polisens tillståndsenhet.* 2008.

[21] Halmemies, Sakari. *Räddningskemi - Farliga ämnen. Publikation 10/2000.* u.o. : Räddningsverket, 2000.

[22] Wahlqvist, Jan. Muntligen 2010-07-08. *LPG-ansvarig.* u.o. : Statoil, 2010.

[23] *Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail.* Purdy , G. 1993, Journal of Hazardous Materials, Vol. 3 (1993), ss. 229-259.

[24] Alexandersson, H. *Vindstatistik över Sverige 1961-2004 (nr 121).* Norrköping : Sveriges meteorologiska institut, SMHI, 2006.

[25] Lindström, Robert. Muntligen: 2010-07-08. *Tf Logistikchef.* u.o. : Statoil, 2010.

[26] Gammelgåård, Tonny. Muntligen: 2010-07-09. *Chef varuförsörjning.* u.o. : OKQ8, 2010.

[27] SPI. Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08. *https://www.spi.se/statistik.asp?art=99.* u.o. : Svenska Petroleum Institutet, 2010.

[28] *Safety and security issues relating to low capacity storage of AN-based fertilizers.* Marlair, G och Kordek, M-A. 2005, Journal of Hazardous Materials, ss. A123. pp 13-28.

[29] Havai, Jan. Muntligen 2008-04-18. *Transportavdelningen.* u.o. : Yara AB, Köping, 2008.

[30] Magnusson, Johan. Muntligen 2008-03-18. *Skydd och verkan.* u.o. : FOI, Tumba, 2008.

[31] Forsén, Rickard. *Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5, FOI MEMO 2774.* u.o. : FOI, 2009.

[32] VROM. *Guidelines for storage of organic peroxides. Publication series on Dangerous Substances (PGS 3).* u.o., Holland : Ministerier van VROM, 2005.

[33] Karlsson, Lars-Håkan. Muntligen: 2008-03-18. u.o. : Yara International ASA, Köping, 2008.

Bilaga D – Konsekvensuppskattningar – väg

Tabell 19 visar samtliga identifierade scenarier som kan ge upphov till konsekvenser i form av omkomna. Uppdelningar i två olika konsekvensindex för explosioner beror på att två olika konsekvensavstånd särskiljs. Kriterier och avstånd för respektive scenario presenteras i följande textavsnitt för respektive ADR-S klass.

Tabell 19. Samtliga scenarier som kan ge upphov till dödliga konsekvenser.

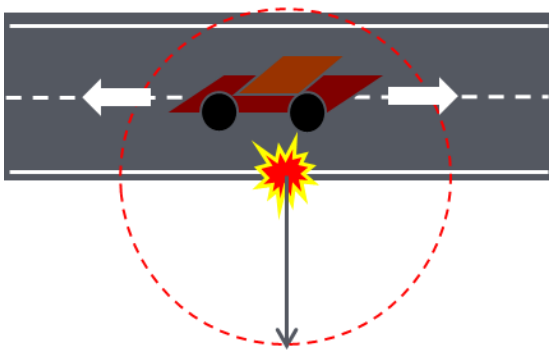
ADR-S Klass	Konsekven	Scenario
1	1a	Liten explosion
	1b	
	2a	Mellanstor explosion
	2b	
	3a	Stor explosion
	3b	
2.1	1	BLEVE
	2	Liten jetflamma
	3	Gasmolnsexplosion
	4	Mellanstor jetflamma
	5	Stor jetflamma
2.3	1	Litet läckage låg vindstyrka
	2	Litet läckage hög vindstyrka
	3	Mellanstort läckage låg vindstyrk
	4	Mellanstort läckage hög vindstyrk
	5	Stort läckage låg vindstyrka
	6	Stort läckage hög vindstyrka
3	1	Liten pölbrand
	2	Mellanstor pölbrand
	3	Stor pölbrand
5	1a	Explosion
	1b	
	2	Brand

D.1 Befolkningsmängd inom planområdet

För konsekvensuppskattningarna för väg görs samma bedömningar av persontäthet som redovisats i Bilaga B.1 för järnväg.

D.2 Antagande om olyckans placering

Konsekvenser som uppstår vid olycksscenerierna antas utgå från vägkant närmast området, enligt Figur 33.



Figur 33. Samtliga olyckor på vägbanan antas ske på vägkant närmast det aktuella området.

D.3 ADR-S klass 1 – Explosiva ämnen

Detonationer och de konsekvenser som dessa orsakar är komplexa och kräver beaktande av många faktorer. Konsekvenserna beror bland annat på mängden explosiv vara, omgivningens utformning (tillgång till skydd i form av bebyggelse eller liknande) samt hur personer befinner sig i förhållande till explosionen.

Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära) [1].

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splitterverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splitterverkan vara försumbart. Vad gäller trycknivåer och de direkta skador som de ger upphov till, går gränsen för lungskador vid omkring 70 kPa och direkt dödliga skador kan uppkomma vid 180 kPa [2]. Detta värde kan dock vara missvisande då det gäller direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador (då människor kastas iväg av explosionen) bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa.

Byggnader har normalt en relativ låg trycktålighet och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa. 20 kPa bedöms vara ett representativt medelvärde för när äldre byggnader skadas.

Sammantaget bedöms det lämpligt att dela upp konsekvensberäkningarna i två zoner, med hänsyn till de stora skillnaderna i trycknivåer som kan leda till dödlig påverkan, beroende på vilken effekt som studeras. Följande antaganden har gjorts vad gäller konsekvenserna:

- Inom det område där trycket överstiger 180 kPa antas 100 % av personerna omkomma.
- Inom det område där trycket hamnar i intervallet 20-180 kPa antas 20 % av personerna omkomma.

Skadeverkan vid varje explosionsscenario har därför delats upp i två delkonsekvenser, a och b, beroende på avstånd till trycknivåerna 180 respektive 20 kPa.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [3], har avstånd dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa tagits fram för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 20.

Det bör påpekas att denna analys inte beaktar egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 20. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av ADR-S klass 1. Explosionen antas ge full markreflexion, dvs halvsfärisk utbredning av luftstötvågen.

Konsekvens	Representativ mängd gods	Avstånd P ≥ 180 kPa	Avstånd P ≥ 20 kPa
Liten explosion	150 kg	13 m	41 m
Mellanstor explosion	1 500 kg	28 m	88 m
Stor explosion	16 000 kg	62 m	193 m

D.4 ADR-S klass 2 – Gaser

En viktig faktor för spridningen av en gas vid ett läckage är påverkan av vinden, både för scenarier med brännbara och giftiga gaser. De huvudsakliga konsekvenserna uppkommer i vindriktningen från utsläppet. Eftersom konsekvenserna drabbar ett mindre område reduceras frekvensen för respektive scenario med hänsyn till vilken ungefärlig spridningsvinkel som konsekvensområdet får.

Samtliga vindriktningar antas ha samma sannolikhet, vilket innebär att konsekvensområdets utbredning har samma sannolikhet i alla riktningar från läckaget.

D.4.1 ADR-S riskgrupp 2.1 – Brännbara gaser

Vid beräkning av konsekvenserna av en farligt gods-olycka med utsläpp av brännbar gas (gasol) uppskattas det grovt att samtliga transporter utgörs av tankbilar och att mängden gas i en tankbil är 25 ton.

Programvaran *Spridning Luft* [4] används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i [5], för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 21. Framräknad läckagestorlek för gasol.

Läckagestorlek	Massflöde, Q [kg/s]	Läckagestorlek, diameter [cm]	Läckagestorlek, area [cm^2]
Litet	17,9	0,32	0,08
Mellanstort	0,9	1,03	0,83
Stort	0,09	4,56	16,37

Vid beräkningarna har följande antaganden gjorts:

- Gasen antas vara propan (gasol).
- Hålet antas vara intryckt utifrån.
- En jetflamma antas vara horisontell.

D.4.1.1 BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [2]. Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

D.4.1.2 Jetflamma

En jetflamma kan uppstå om ett utsläpp av en brännbar gas antänds och förbränns direkt i anslutning till själva läckaget. En mycket kraftig stående flamma uppstår då när gasen trycks ut från kärlet.

Konsekvenserna av en jetflamma har beräknats utifrån exempel 11.3.3 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [2], där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [6] används sedan för att beräkna ett riskavstånd dit 50 % antas få dödliga skador av strålningen inom tiden t = 10 s. För frekvensreducering med hänsyn till att en jetflamma inte är cirkulär används en metod med en representativ del av en cirkel.

D.4.1.3 Gasmolnsexplosion

En gasmolnsexplosion kan uppstå vid en fördröjd antändning av en utsläppt gasmassa som hunnit sprida sig och inte längre befinner sig under tryck. Konsekvensområdet beror på hur gasen sprids i omgivningen, vilket i sin tur beror på en mängd faktorer som vind, stabilitetsförhållanden, hinder, utströmmande flöde och densitet, med mera.

Vid en antändning förbränns hela den gasvolym som befinner sig inom brännbarhetsområdet. I det fysiska område där detta sker blir konsekvenserna mycket allvarliga med dödliga förhållanden. Utanför detta område förväntas dock konsekvenserna bli lindriga, men strålningspåverkan kan uppkomma.

Programvaran *Spridning Luft* [4] används för spridningsberäkningarna där avståndet till halva den undre brännbarhetsgränsen beräknas. Anledningen till att avståndet till halva undre brännbarhetsgränsen beräknas är för att på ett konservativt sätt ta hänsyn till strålningspåverkan som kan ske även utanför den gasvolym som förbränns. Gasmolnsexplosionen beräknas utifrån ett *stort* läckage. Beräkningarna mynnar ut i ett konsekvensområde som approximeras med en cirkelsektor.

D.4.1.4 Konsekvensavstånd ADR-S riskgrupp 2.1

Nedan sammanställs de framräknade konsekvensavstånden för ADR-S klass 2.1.

Tabell 22. Beräknade konsekvensavstånd inom vilket personer antas omkomma.

Index	Scenario	Konsekvensavstånd [m]
1	BLEVE	170
2	Liten jetflamma	5
3	Gasmolnsexplosion	42
4	Mellanstor jetflamma	17
5	Stor jetflamma	73

D.4.2 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

Spridningsberäkningar har gjorts i programmet *Spridning Luft* [4]. Följande indata har använts: Tankbil med 24 ton svaveldioxid, omgivningstemperatur 15°C, packningsläckage eller hål på tank, tät skog/stad (ytråhet 1m), stabilitetsklass B.

För *låg* vindstyrka används vindhastigheten 2 m/s och för *hög* vindstyrka 6 m/s. Konsekvensområdet approximeras sedan med en cirkelsektor, och resultaten redovisas i Tabell 23.

Tabell 23. Konsekvens avstånd för plym med giftig gas.

Utsläpp	Vind [m/s]	Avstånd till <100 ppm [m]	Vinkel [grad]
Litet	2	27	55
	6	29	27,2
Mellanstort	2	88	59,2
	6	96	29,2
Stort	2	458	52,2
	6	461	25,6

D.5 ADR-S klass 3

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt till följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m^2. Det är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [7], [8].

De pölstorlekar som antas kunna bildas vid läckage av brandfarlig vätska har för olycka på väg antagits till 50 m^2 (*litet*), 200 m^2 (*mellanstort*) respektive 400 m^2 (*stort*). All brandfarlig vätska (bensin, diesel och E85) antas i beräkningarna utgöras av bensin, vilket bedöms vara konservativt.

Strålningsberäkningar har genomförts med hjälp av handberäkningar. Använda formler och samband är etablerade och har använts under många år vid bedömning av olika typer av brandförlopp [9]. I Tabell 24 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell 24. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m^2) för olika pölstorlekar.

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Infallande strålning > 15 kW/m^2 från pölkant
Litet utsläpp	50 m^2	12 m
Mellanstort utsläpp	200 m^2	22,5 m
Stort utsläpp	400 m^2	30 m

D.6 ADR-S klass 5

Två typer av olycksscenarier med påverkan på omgivningen har identifierats i samband med olyckor med oxiderande ämnen och organiska peroxider: explosion och brand.

D.6.1 Explosion

Konsekvenserna av en explosion i en last med ammoniumnitrat beror till stor del på mängden som deltar i explosionen. I de flesta fall kan man anta att det är tillgången på organiskt material (exempelvis fordonsbränsle) som är den begränsande faktorn. En normal lastbil antas medföra 400 liter diesel i tanken, vilket leder till att en ammoniumnitrat/dieselblandning kan bildas, som motsvarar upp till 4,1 ton trotyl [10]. Utifrån detta används sedan 4,1 ton trotyl som dimensionerande explosion för dessa scenarier, med samma beräkningsmetod som används för explosioner i klass 1.

Resultaten visar att personer i omgivningen omkommer inom drygt 30 meter, medan byggnader skadas inom drygt 120 meter.

D.6.2 Brand

En brand som inkluderar ämnen i ADR-S klass 5 är mycket intensiv, eftersom dessa ämnen är brandunderstödjande. Grovt antas en sådan brand motsvara en stor pölbrand så som den beaktas inom ADR-S klass 3 ovan. Konsekvensavståndet blir därmed 30 meter.

D.7 Sammanställning av riskbidrag från olyckor på vägnätet

D.7.1 Individriskbidrag från vägnätet

Tabell 25. Individriskbidrag från vägnätet.

ADR-S klass	Konsekvensindex	Partihallsförbindelsen Avstånd [m]	Partihallsförbindelsen Frekvens [per km och år]	E20 väster Ånäs Avstånd [m]	E20 väster Ånäs Frekvens [per km och år]	E20 öster Ånäs Avstånd [m]	E20 öster Ånäs Frekvens [per km och år]
1	1a	13		13		13	
	1b	41	1,13E-06	41	1,31E-06	41	2,15E-06
	2a	28		28		28	
	2b	88	1,92E-07	88	2,23E-07	88	3,67E-07
	3a	61		61		61	
	3b	193	6,62E-09	193	7,70E-09	193	1,26E-08
2.1	1	170	2,52E-08	170	2,93E-08	170	4,81E-08
	2	5	1,23E-06	5	1,43E-06	5	2,34E-06
	3	42	2,65E-06	42	3,08E-06	42	5,06E-06
	4	17	6,12E-07	17	7,13E-07	17	1,17E-06
	5	73	6,56E-07	73	7,63E-07	73	1,25E-06
2.3	1	27	6,57E-08	27	7,65E-08	27	1,25E-07
	2	29	1,64E-08	29	1,91E-08	29	3,14E-08
	3	88	2,19E-08	88	2,54E-08	88	4,17E-08
	4	96	5,47E-09	96	6,36E-09	96	1,04E-08
	5	458	1,76E-08	458	2,04E-08	458	3,35E-08
	6	461	4,39E-09	461	5,11E-09	461	8,38E-09
3	1	12	2,39E-05	12	2,79E-05	12	4,57E-05
	2	21	2,39E-05	21	2,79E-05	21	4,57E-05
	3	27	7,43E-05	27	8,65E-05	27	1,42E-04
5	1a	39		39		39	
	1b	123	4,17E-07	123	4,85E-07	123	7,95E-07
	2	27	1,55E-06	27	1,80E-06	27	2,95E-06

D.7.2 Gruppriskbidrag från vägnätet

Tabell 26. Gruppriskbidrag från vägnätet.

ADR-S klass	Konsekvensindex	Partihallsförbindelsen Antal omkomna	Partihallsförbindelsen Frekvens [per km och år]	E20 väster Ånäs Antal omkomna	E20 väster Ånäs Frekvens [per km och år]	E20 öster Ånäs Antal omkomna	E20 öster Ånäs Frekvens [per km och år]
1	1	0,0	1,13E-06	0,0	1,31E-06	0,0	2,15E-06
	2	142,8	1,92E-07	0,0	2,23E-07	93,7	3,67E-07
	3	430,5	6,62E-09	372,3	7,70E-09	430,5	1,26E-08
2.1	1	5,6	2,52E-08	4,8	2,93E-08	5,6	4,81E-08
	2	0,0	1,23E-06	0,0	1,43E-06	0,0	2,34E-06
	3	0,5	2,65E-06	0,0	3,08E-06	0,0	5,06E-06
	4	0,0	6,12E-07	0,0	7,13E-07	0,0	1,17E-06
	5	1,8	6,56E-07	0,0	7,63E-07	0,0	1,25E-06
2.3	1	0,0	6,57E-08	0,0	7,65E-08	0,0	1,25E-07
	2	0,0	1,64E-08	0,0	1,91E-08	0,0	3,14E-08
	3	67,2	2,19E-08	0,0	2,54E-08	44,1	4,17E-08
	4	67,2	5,47E-09	0,0	6,36E-09	44,1	1,04E-08
	5	407,5	1,76E-08	407,5	2,04E-08	407,5	3,35E-08
	6	407,5	4,39E-09	407,5	5,11E-09	407,5	8,38E-09
3	1	0,0	2,39E-05	0,0	2,79E-05	0,0	4,57E-05
	2	0,0	2,39E-05	0,0	2,79E-05	0,0	4,57E-05
	3	0,0	7,43E-05	0,0	8,65E-05	0,0	1,42E-04
5	1 (a+b)	181,9	4,17E-07	197,4	4,85E-07	197,4	7,95E-07
	2	0,0	1,55E-06	0,0	1,80E-06	0,0	2,95E-06

Referenser Bilaga D

[1] Forsén, Rickard och Lamnevik, Stefan. Verkan av explosioner i det fria. u.o. : Stefan Lamnevik AB, 2010.

[2] FOA. *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker, FOA - R-00490-990-SE.* u.o. : Försvarets forskningsanstalt, 1997.

[3] Lamnevik, Stefan. *Konsekvensanalys explosioner.* u.o. : Stefan Lamnevik AB, 2006.

[4] MSB. *Spridning Luft. RIB XM.* u.o. : Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.

[5] TRAFA. *Lastbilstrafik 2009 Swedish national and international road goods transport 2009. Statistik 2010:3.* u.o. : Trafikanalys, 2010.

[6] CCPS. *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, 2nd Edition. CPQRA.* u.o. : Center for Chemical Process Safety, 1999.

[7] Stadsbyggnadskontoret Göteborg. *Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods. Dnr 758/92.* u.o. : Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.

[8] BBR. *Boverkets byggregler, BFS 2006:12.* u.o., Karlskrona : Boverket, 2006.

[9] Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005.

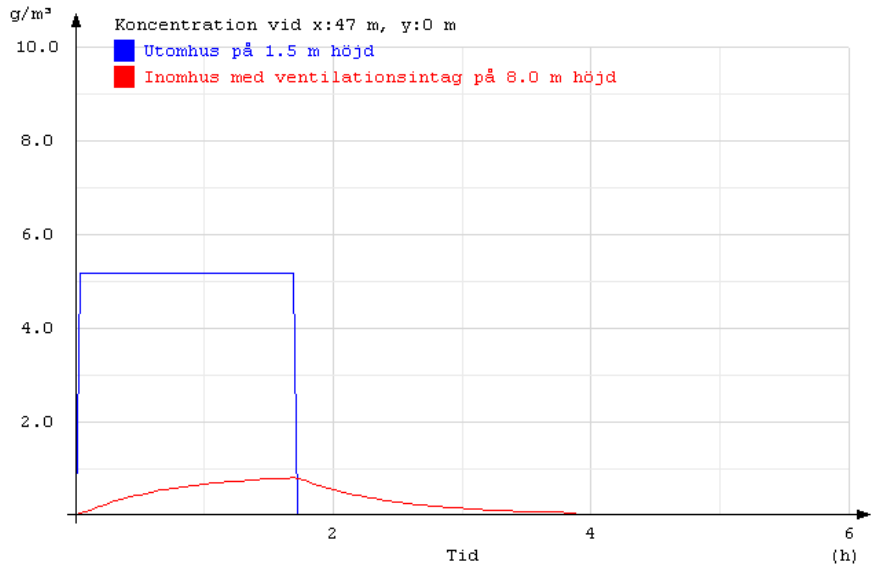
[10] Forsén, Rickard. *Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5, FOI MEMO 2774.* u.o. : FOI, 2009.

Bilaga E – Spridningsberäkningar – giftig gas

I denna bilaga redovisas spridningsberäkningar för de giftiga gaserna svaveldioxid, klor och ammoniak. Samtliga gaser transporteras på järnväg. På väg transporteras inte klor. Beräkningarna har gjorts med programvaran BfK [1]. Syftet är att påvisa koncentrationsförhållanden inomhus för ett antal spridningsscenarier och därmed ge underlag att avgöra vilken riskreducerande effekt som kan tillskrivas föreslagna ventilationsåtgärder för planområdet.

E.1 Svaveldioxid

Kemikalie:	Svaveldioxid, SO_2
Tank:	Lastbil, 24500 kg
Läckage:	Brott på anslutningsrör (11,3 cm^2, 4,0 kg/s)
Omgivning:	Bebyggt
Byggnad:	Höjd för ventilationsintag: 8 meter
	Luftväxlingar: 0,5/h (normal ventilation – ingen åtgärd)
Väder:	Höst, dag, klart väder
Vindstyrka:	5 m/s
Temperatur:	10 ^{0}C
Stabilitet:	D – neutral skiktning
Avstånd:	ca 50 meter från olycksplats till plats för ventilationsintag



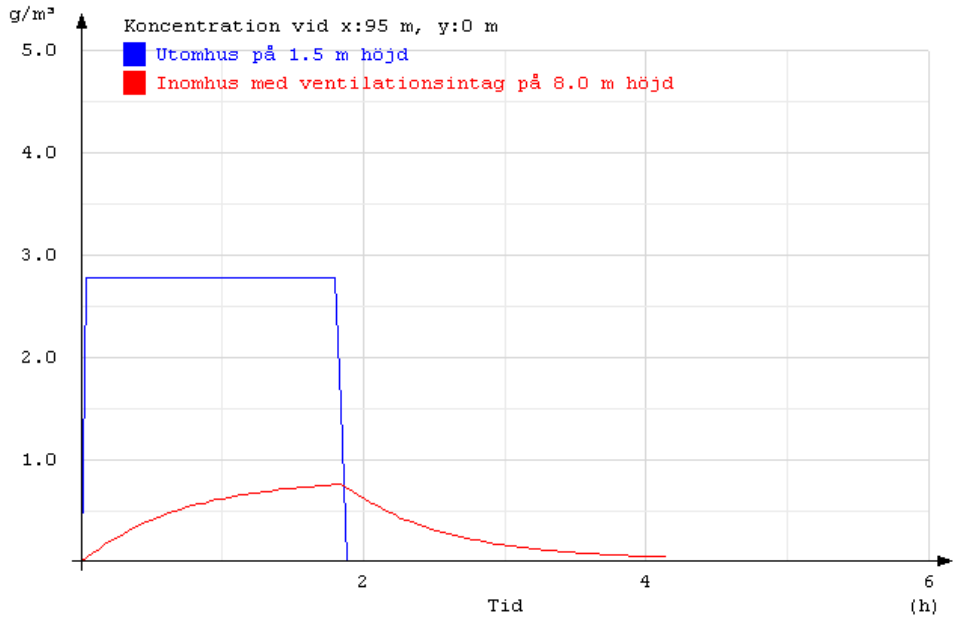
Figur 34. Koncentration utomhus och inomhus i förhållande till tiden efter olycka med SO_2.

Tabell 27. Skadeutfall efter 30 minuter på ett avstånd av ca 50 meter från väg vid olycka med SO_2.

Skadeutfall efter 30 minuter vid (x:47 m, y:0 m).		
	Utomhus på 1.5 m höjd	Inomhus ventilationsintag på 8.0 m höjd
Förnimmelse	Ja	Ja
Uttalad lukt	Ja	Ja
Irritation	0 %	0 %
Lindriga skador	0 %	93 %
Svåra skador	0 %	7 %
Dödliga skador	100 %	0 %

E.2 Klor

Kemikalie: Klor, Cl_2
Tank: Järnvägsvagn, 57000 kg (transporteras endast på järnväg)
Läckage: Brott på anslutningsrör (12,6 cm^2, 8,6 kg/s)
Omgivning: Bebyggt
Byggnad: Höjd för ventilationsintag: 8 meter
Luftväxlingar: 0,5/h (normal ventilation – ingen åtgärd)
Väder: Höst, dag, klart väder
Vindstyrka: 5 m/s
Temperatur: 10 ^{0}C
Stabilitet: D – neutral skiktning
Avstånd: ca 90 meter från olycksplats till plats för ventilationsintag (80 m glest befolkat)



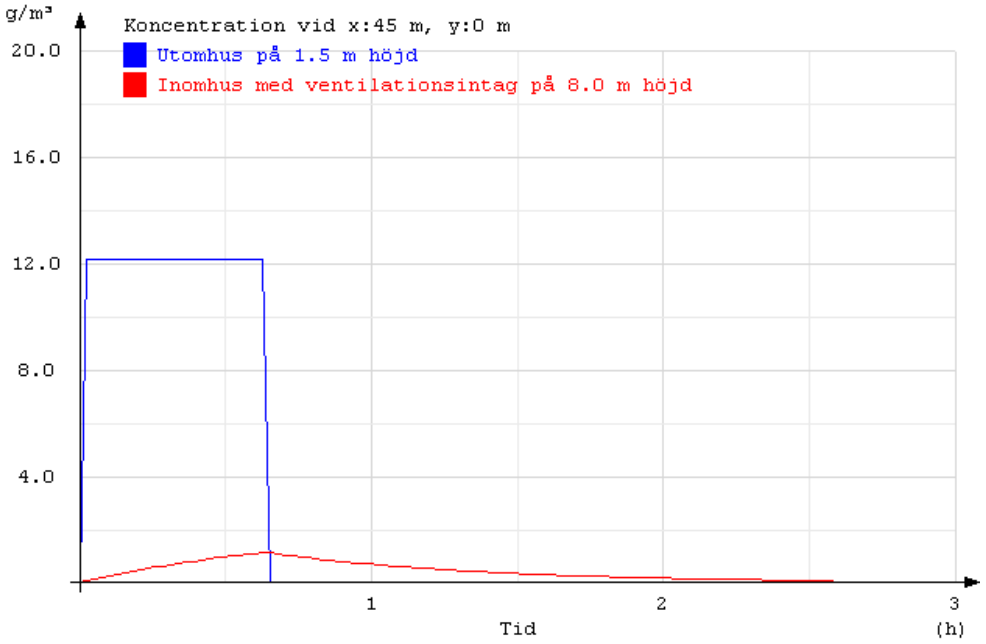
Figur 35. Koncentration utomhus och inomhus i förhållande till tiden efter olycka med Cl_2.

Tabell 28. Skadeutfall efter 30 minuter på ett avstånd av ca 90 meter från olycksplats vid olycka med Cl_2.

Skadeutfall efter 30 minuter vid (x:95 m, y:0 m).		
	Utomhus på 1.5 m höjd	Inomhus ventilationsintag på 8.0 m höjd
Förnimmelse	Ja	Ja
Uttalad lukt	Ja	Ja
Irritation	0 %	0 %
Lindriga skador	0 %	8 %
Svåra skador	2 %	86 %
Dödliga skador	98 %	6 %

E.3 Ammoniak

Kemikalie: Ammoniak, NH_4
Tank: Lastbil, 20000 kg
Läckage: Brott på anslutningsrör (19,6 cm^2, 8,8 kg/s)
Omgivning: Bebyggt
Byggnad: Höjd för ventilationsintag: 8 meter
Luftväxlingar: 0,5/h (normal ventilation – ingen åtgärd)
Väder: Höst, dag, klart väder
Vindstyrka: 5 m/s
Temperatur: 10 ^{0}C
Stabilitet: D – neutral skiktning
Avstånd: ca 50 meter från olycksplats till plats för ventilationsintag



Figur 36. Koncentration utomhus och inomhus i förhållande till tiden efter olycka med NH_4.

Tabell 29. Skadeutfall efter 30 minuter på ett avstånd av ca 50 meter från vägkant vid olycka med NH_4.

Skadeutfall efter 30 minuter vid (x:45 m, y:0 m).		
	Utomhus på 1.5 m höjd	Inomhus ventilationsintag på 8.0 m höjd
Förnimmelse	Ja	Ja
Uttalad lukt	Ja	Ja
Irritation	0 %	13 %
Lindriga skador	0 %	77 %
Svåra skador	1 %	9 %
Dödliga skador	99 %	0 %

E.4 Slutsats av spridningsberäkningar

I de studerade fallen avseende svaveldioxid och ammoniak blir skadeutfallet på personer som vistas inomhus obefintligt avseende dödliga skador. Detta trots att avståndet 50 meter provats med ventilationen, placerad på en höjd av 8 m, är i normal drift om 0,5 luftomsättningar/timme under 30 minuter från det att olycka inträffat. Lindriga till svåra skador kan dock komma att uppstå inomhus under denna tid.

För den giftigaste studerade gasen, klor, uppstår 6% dödlighet inomhus 90 meter från olyckan efter 30 minuter med ventilation i normal drift om 0,5 luftomsättningar/timme. Andelen svåra skador är dock hög i detta fall. Om ventilationsåtgärder vidtas bedöms dödligheten åtminstone kunna antas halveras för utsläpp av klor, dvs innebära 3% dödlighet inomhus.

Sammantaget bedöms den ursprungligen ansatta dödligheten inomhus (10%) kunna motiveras sänkas till mellan 0-3% om ventilationsåtgärder vidtas för byggnaderna på planområdet.

Referenser Bilaga E

[1] Datorprogrammet BFK, Räddningsverkets informationsbank – RIB, Statens Räddningsverk.