

OKTOBER 2013

RISKANALYS FÖR DETALJPLAN FÖR SPÅRVAGNSHALL VID KVILLEGÅRDEN

ADRESS COWI AB
Skärgårdsgatan 1
Box 12076
402 41 Göteborg
Sverige

TEL 010 850 10 00
FAX 010 850 10 10
WWW cowi.se

OKTOBER 2013

RISKANALYS FÖR DETALJPLAN FÖR SPÅRVAGNSHALL VID KVILLEBANGÅRDEN

PROJEKTNR.	A039769/164868
DOKUMENTNR.	A039769/03/RAP001-Risikanalys
VERSION	1.0 SLUTVERSION
UTGIVNINGSDATUM	2013-10-01
UTARBETAD	Maria Bergh
GRANSKAD	Göran Davidsson
GODKÄND	Gert Swenson

Sammanfattning

Göteborgs stadsbyggnadskontor arbetar med att ta fram en ny detaljplan för spårvagnsdepå med tillhörande spåranslutningar, personalutrymmen och verkstadsytor i anslutning till Kvillebangården på Ringön i Göteborg.

Det aktuella området ligger intill Kvillebangården, Hamnbanan och Bohusbanan där farligt gods transporteras. Utifrån exponering för risker kopplade till transporter och hantering av farligt gods syftar uppdraget till att utreda förutsättningar för etablering och vilka tekniska skyddsåtgärder som behöver vidtagas i detaljplan och byggskede för att kunna tillåta en spårvagnshall inklusive verkstäder och personalutrymmen i anslutning till Kvillebangården. Därutöver skall förutsättningarna belysas för andra användningar såsom parkering, kontor eller handel i delar av området. Fokus i uppdraget är att utreda lämpliga riskreducerande åtgärder med koppling till deras effekt på den bedömda totala risknivån genererad av transporter av farligt gods inom Kvillebangården och på Hamnbanan och Bohusbanan.

Risknivåer har beräknats och presenterats i form av individ- och samhällsrisk. Jämfört med de kriterier för tolerabel risk som tillämpats i studien konstateras att:

- Samhällsrisk ligger under, eller för någon enstaka punkt nära, de kriterier för arbetsplatser som Göteborg tillämpar.
- Jämfört med DNV's kriterier ligger både individ- och samhällsrisk på en nivå där skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt.

Detta gäller för båda de fall som studerats, dvs med respektive utan inbyggnad av uppställningsplats för spårvagnar.

Utifrån beräkningar, kriterier, platsspecifika förhållanden och kvalitativa värderingar görs följande bedömningar gällande skyddsåtgärder för området:

- › Alla delar av byggnaderna inom 50 meter ifrån närmsta spår skall vara i obrännbart material.
- › Väggar inklusive eventuella dörrar och fönster inom 30 meter ifrån närmsta spår ska vara motsvarande klass EI 30. Eftersom det ur personrisksynpunkt bedömts som möjligt att anordna området för uppställningsplatser utomhus gäller detta krav inte för väggar till uppställningsplatser. Om området för uppställningsplatser byggs in bör man trots detta värdera att vägg som vetter mot bangården utförs motsvarande klass EI 30.
- › Dimensionering för att helt skydda byggnaden mot explosionslast bedöms ej erfordras. Däremot ska fortskridande ras förhindras för en dimensionerande trycklast motsvarande ett linjärt avtagande tryck på 20 kPa vid närmsta spår ner till 5 kPa på 35 meters avstånd från närmsta spår. Skador på väggar och andra delar accepteras vid en eventuell explosion. Byggnadselement som kan generera stora mängder splitter, t ex glaspartier, ska däremot undvikas i fasad mot bangården.
- › Även om det bedöms som osannolikt att en urspårning på bangården ska resultera i mekanisk skada på byggnaden bedöms det som rimligt att en fysisk barriär anordnas mellan bangårds- och depåområdet. Denna barriär ska förhindra att en urspårad vagn på bangården kommer in på depåområdet. Motsvarande skydd ska även finnas utmed hela depåområdet som förhindrar att något fordon från depåområdet kommer i konflikt med järnvägstrafiken.
- › För att förhindra att läckage vid en eventuell farligt godsolycka sprids in på spårvagnsdepåns område ska en barriär anordnas mellan bangårds- och depåområdet.
- › Från varje utrymme, inomhus och utomhus inklusive parkering, ska det vara möjligt att utrymma bort från bangården/järnvägen.
- › Antalet portar/utgångar mot bangård/järnväg bör begränsas så långt som möjligt med hänsyn till verksamhetens krav. Tekniska anordningar och/eller rutiner bör utformas så att dessa hålls stängda i så stor utsträckning som möjligt.
- › Entréer och övriga huvudingångar ska inte vetta mot bangården/järnvägen.
- › Område mot bangård/järnväg ska inte uppmuntra till stadigvarande vistelse. Detta innebär bland annat att eventuella uteplatser ej ska anordnas på sida som vetter mot järnvägen/bangården.
- › Antalet parkeringsplatser på tak bör begränsas till 800. Dessa bör anordnas så långt söderut som möjligt. Ett avstånd på 50 meter mellan parkeringsyta på tak och mitten av närmsta spårgrupp (dvs tänkt ”olyckscentrum”) har ansatts i

analysen. För att upprätthålla detta bör parkeringsplatser på tak inte anordnas närmre byggnadens norra fasad än 25 meter.

- › Minsta avstånd mellan byggnader och närmsta spår ska inte utgöra hinder för eventuell framtida elektrifiering av spår.
- › Värdera lämplig placering för luftintag med avseende på giftig gas. Friskluftintag bör inte anordnas på fasad som vetter mot järnvägen/bangården.
- › I nuläget finns stora öppna ytor tillgängliga söder om bangården. Med planerad spårvagnsdepå och de skydd som diskuterats ovan, skapas barriärer i denna riktning. En olycka på bangården eller bansträckningarna kan resultera i behov av bärgningsinsatser. Om farligt gods är inblandat kan uppkomma behov av utrymning och insats från räddningstjänst med släckning, kylning, sanering. Planer och behov för sådana insatser ska överenskommas med räddningstjänst och berörda användare av bangården.

INNEHÅLL

Sammanfattning	5
1 Inledning	11
1.1 Bakgrund och syfte	11
1.2 Omfattning - Avgränsning	11
2 Förutsättningar	13
2.1 Beskrivning av studerat område	13
2.2 Personintensitet	18
2.3 Närliggande verksamheter	21
3 Trafik och transporter med farligt gods	22
3.1 Hamnbanan	22
3.2 Bohusbanan	25
3.3 Kvilebangården	27
4 Bedömning av sannolikhet och konsekvens för olycka vid transport av farligt gods	32
4.1 Faror vid olycka med farligt gods	32
4.2 Farligt godsolycka	33
4.3 Olycka med massexplosivt ämne (klass 1.1)	34
4.4 Olycka med kondenserad brandfarlig gas (klass 2.1)	35
4.5 Olycka med kondenserad giftig gas (klass 2.3)	36
4.6 Olycka med brandfarlig vätska (klass 3)	37
4.7 Olycka med oxiderande ämne (klass 5)	38
4.8 Beräkning av sannolikhet för identifierade olyckshändelser	38
4.9 Konsekvenser av identifierade händelser	38

5	Bedömning av risknivå	39
5.1	Allmänt	39
5.2	Individrisk	41
5.3	Samhällsrisk	44
5.4	Samhällsrisk för aktuellt område, Case 1	46
5.5	Samhällsrisk för aktuellt område, Case 2	47
5.6	Diskussion kring resultat	49
5.7	Diskussion kring skadade personer	50
6	Osäkerhets- och känslighetsdiskussion	53
7	Skyddsåtgärder och slutsats	54
8	Referenser	57
	Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka	60
A.1	Olycka med massexplosivt ämne – järnväg/bangård	63
A.2	Olycka med brandfarlig gas (propan) – järnväg/bangård	64
A.3	Olycka med giftig gas – järnväg/bangård	66
A.4	Olycka med brandfarlig vätska bensin- järnväg/bangård	67
A.5	Olycka med oxiderande ämne – järnväg/bangård	68
	Bilaga B - Bedömning av konsekvenser	73
B.1	Konsekvenser för massexplosivt ämne (klass 1.1)	77
B.2	Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka	80
B.3	Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas	84
B.4	Konsekvenser vid olycka med brandfarlig vara (klass 3)	86
B.5	Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne	89
	Bilaga C – Personintensitet och individrisk	91
C.1	Indata personintensitet	92
C.2	Individrisk	98
	Bilaga D - Känslighetsanalys	100
D.1	Analys	101
	Bilaga E - Indata farligt gods på Hamnbanan	104
E.1.1	Indata farligt gods på Hamnbanan	105
	NOT. Bilaga E redovisas i ett separat dokument	

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

Göteborgs stadsbyggnadskontor arbetar med att ta fram en ny detaljplan för spårvagnsdepå med tillhörande spåranslutningar, personalutrymmen och verkstadsytor i anslutning till Kvillebangården på Ringön i Göteborg.

Det aktuella området ligger intill Kvillebangården, Hamnbanan och Bohusbanan där farligt gods transporteras. Utifrån exponering för risker kopplade till transporter och hantering av farligt gods syftar uppdraget till att utreda förutsättningar för etablering och vilka tekniska skyddsåtgärder som behöver vidtagas i detaljplan och byggskede för att kunna tillåta en spårvagnshall inklusive verkstäder och personalutrymmen i anslutning till Kvillebangården. Därutöver skall förutsättningarna belysas för andra användningar såsom parkering, kontor eller handel i delar av området. Fokus i uppdraget är att utreda lämpliga riskreducerande åtgärder med koppling till deras effekt på den bedömda totala risknivån genererad av transporter av farligt gods inom Kvillebangården och på Hamnbanan och Bohusbanan.

Enligt Göteborgs översiktsplan medges tät kontorsbebyggelse fram till 30 meter ifrån järnväg. Sammanhållen bostadsbebyggelse tillåts fram till 80 meter ifrån järnväg där farligt gods transporteras. Annat markutnyttjande kan accepteras om en riskanalys kan verifiera att acceptabel risknivå kan erhållas. Även Länsstyrelserna (2006) har riktlinjer, vilka säger att en riskutredning bör genomföras för all nybyggnation inom 150 meter från en led där farligt gods transporteras.

1.2 Omfattning - Avgränsning

Riskanalysen omfattar identifiering av skadehändelser samt beskrivning av mängder och typer av farligt gods som bedöms transporteras på Hamnbanan och Bohusbanan förbi området. Riskanalysen omfattar även identifiering av skadehändelser samt beskrivning av mängder och typer av farligt gods som bedöms hanteras på Kvillebangården. Baserat på detta genomförs, dels en kvalitativ bedömning av risker för skadehändelser, dels en sannolikhets- och

konsekvensberäkning för olyckor med farligt gods. Riskanalysen utmynnar i en värdering av risknivån för de personer som kommer att vistas inomhus och utomhus på området. Riskerna redovisas både som individ- och samhällsrisk.

Riskanalysen är genomförd med avseende på den verksamhet som planeras för området och som beskrivs i denna analys. Annat användningsområde med förändrad personintensitet eller förändrad placering av byggnader och verksamheter kan påverka riskbilden och den bedömning som görs.

Spårvagnsdepån har delats in i två delområden, område 1 och 2 (se kapitel 2). Riskanalysen omfattar inte transporter av farligt gods på Bohusbanan för delområde 1 då det är beläget på ett avstånd större än 150 meter från Bohusbanan. Riskanalysen omfattar inte transport av farligt gods på Lundbyleden då planerad bebyggelse är belägen på ett avstånd större än 150 från Lundbyleden (se figur 1).

Brand i byggnader eller risker för miljön ingår inte. Belastningskrafter, detaljutformning och hållfasthetsberäkningar av eventuella säkerhetshöjande åtgärder ingår inte i utredningen.

2 Förutsättningar

I detta kapitel beskrivs de grundläggande förutsättningarna för studien såsom, områdesbeskrivning, planerad verksamhet samt personintensitet.

2.1 Beskrivning av studerat område

Studerat område är beläget söder om Kvillebangården, se grå markering i figur 1. Norr om området går Hamnbanan och Lundbyleden och nordost om området går Bohusbanan. På samtliga dessa transportleder och på bangården transporteras och hanteras farligt gods. Söder om området ligger idag småindustrier, lager och yrkesbutiker. Området har delats in i två delområden (se figur 1):

- Delområde 1, omfattar ca 500 meter av den västra delen av byggnaden. Innehåller huvudsakligen uppställningsplatser och serviceplatser.
- Delområde 2, omfattar ca 200 meter av den östra delen av byggnaden. Innehåller huvudsakligen verkstad samt personal och kontorsutrymmen.

Röda linjer i figur 1 indikerar avstånd från planerad bebyggelse. På studerat område planeras idag för spårvagnsdepå med tillhörande spåranslutningar, personalutrymmen och verkstadsytor i anslutning till Kvillebangården, se figur 2-4.

Denna riskanalys utgår från den typ av verksamhet som redovisas i figur 2-4 med den personintensitet som beskrivs i kapitel 2.2. Riskanalysen studerar två case enligt nedan:

Case 1: All verksamhet är inomhus.

Case 2: En del av verksamheten (uppställningen) är utomhus.

Analysen utgår från att det för båda casen finns 25 utomhusparkeringar inom den nordostliga delen av delområde 2, se figur 4. Vidare utgår analysen från att det finns 800 parkeringar på spårvagnsdepåns tak samt att denna parkering är belägen i den sydvästra delen av byggnaden, alltså på delområde 1.

För att planerad bebyggelse ska rymmas på den tänkta platsen kommer spår 19-25 att behöva tas bort, kvarvarande spår kommer då att vara spår 1-18, se figur 2.

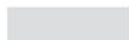


Spårvagnshall på Ringön

Preliminär avgränsning av programområde

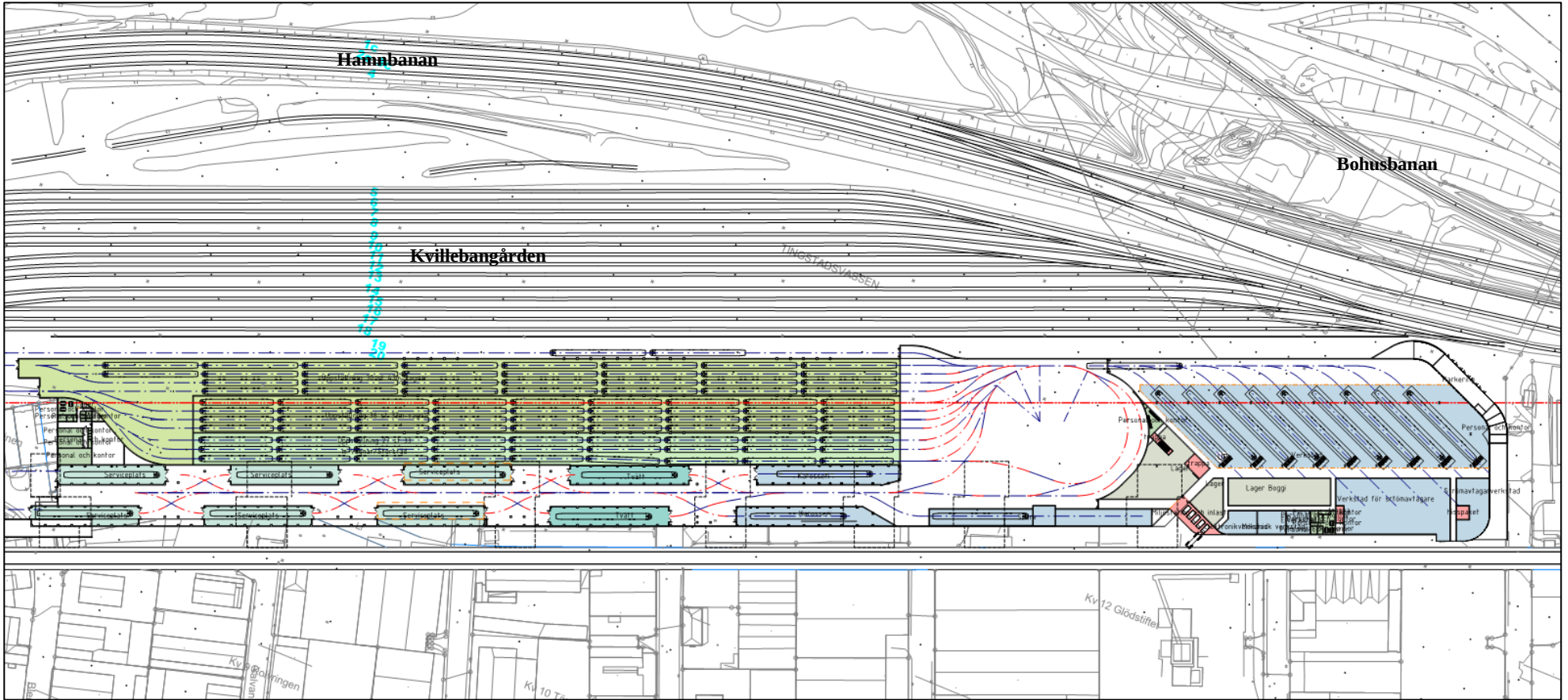


Tänkbar omfattning av hallbyggnad

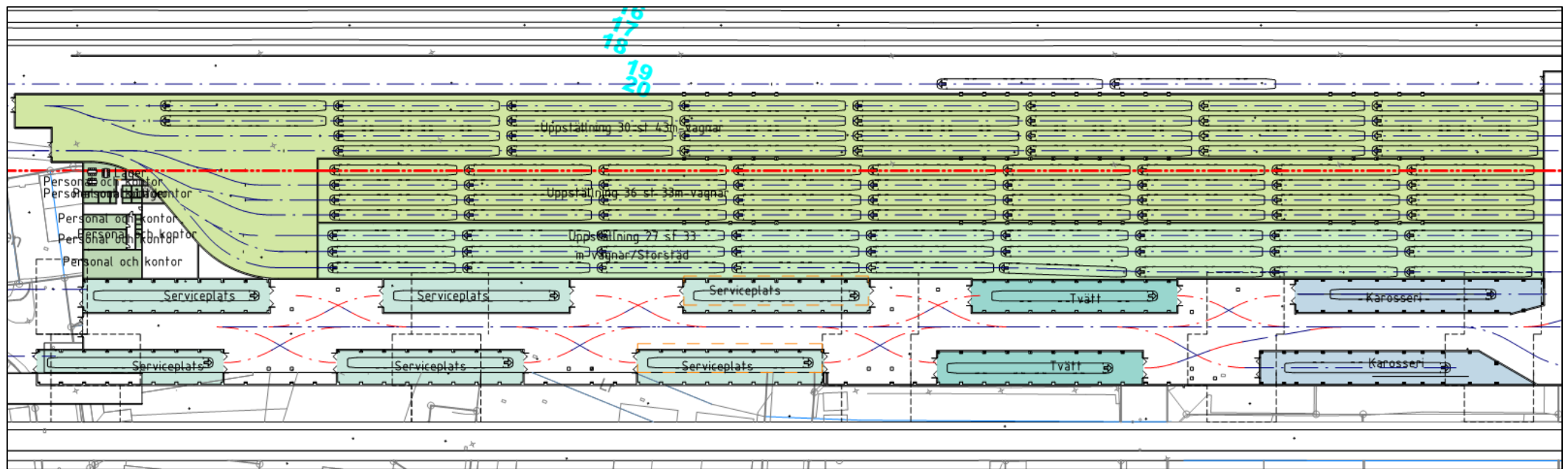


100 m

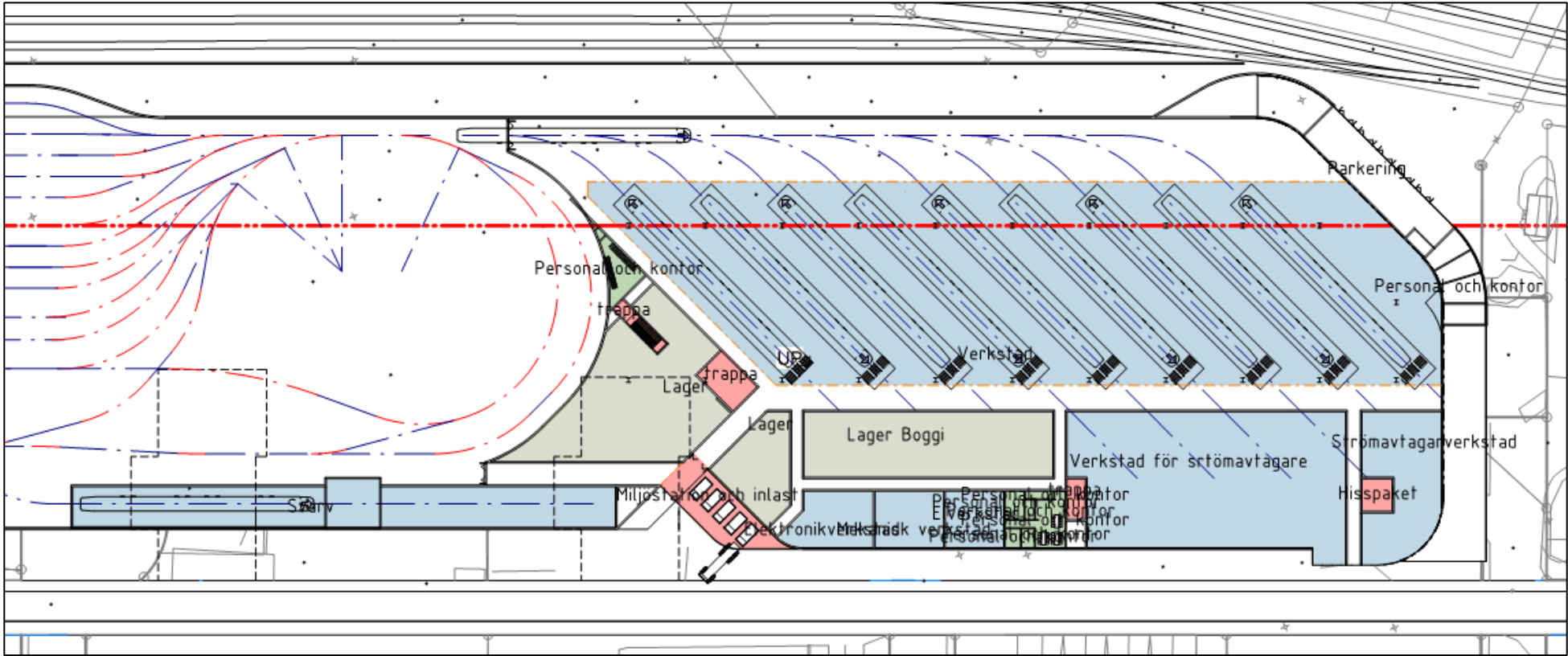
Figur 1. Karta över studerat område, grå markering indikerar vart planerad spårvagnsdepå kommer att vara belägen. Röda linjer markerar avstånd. Orangefärgade pilar markerar delområde 1 respektive 2.



Figur 2. Illustrativ ritning över planerade verksamheter. Ljusgrönt område markerar uppställning av vagnar, mörkgrönt markerar kontor och personalutrymmen, blått markerar verkstadsutrymmen och dyl., grått markerar lager.



Figur 3. Illustrativ ritning över planerade verksamheter på delområde 1.



Figur 4. Illustrativ ritning över planerade verksamheter på delområde 2.

2.2 Personintensitet

För att uppskatta personintensiteten för den planerade spårvagnsdepån har analysen utgått ifrån erhållna uppgifter från Stadsbyggnadskontoret i Göteborg (2013) och Göteborgs Spårvägar (2013). För att uppskatta personintensiteten för befintliga verksamheter söder om studerat område har analysen utgått från nedanstående beskrivningar, antaganden och uppskattningar vilka delvis baseras på en inventering av området. Personintensiteten används när samhällsrisker skall beräknas.

2.2.1 Personintensitet Case 1

Personantal för delområde 1 och 2 redovisas i tabell C.1-C.5 i bilaga C. Det är dessa värden som ligger till grund för beräkningar. I tabell 1-2, vilka motsvarar tabell C.1 och C.3, redovisas uppskattat antal personer inomhus och utomhus på olika avstånd från Kvilebangården för delområde 1 respektive 2. Vid beräkning motsvarar "Population hög" kl. 06-07 (1h), "Population medel" kl. 07-16 (9h) "Population låg" kl. 16-06 (14h). Antalet personer som redovisas i dessa tabeller har uppskattats utifrån den information gällande personintensitet och arbetstider som presenteras nedan.

Planerad verksamhet på Ringödepån

Dagtid (kl. 06-16) arbetar ca 40 personer från Göteborgs Spårvägar i verkstadsmiljö och ca 10 personer i kontorsmiljö. Under kvällen (kl. 16-22) och natten (kl. 22-06) arbetar ca 25 respektive 20 personer från Göteborgs Spårvägar i verkstadsmiljö. Mellan kl. 04-07 hämtas spårvagnar av ca 60 spårvagnsförare vilka då kommer att befinna sig på depån i ca 30 minuter/dag.

Vid uppskattningen av personantal har hänsyn även tagits till att Banteknik kommer att ha sin verksamhet på Ringödepån. Detta medför att ca 40 personer från Banteknik kommer att arbeta dagtid (kl. 06-16) på Ringödepån. Ytterligare ca 80 personer från Banteknik kommer att byta om i omklädningsrummen på Ringödepån dessa antas vistas på Ringödepån ca 40 min/dag. Av dessa antas 27 personer arbeta mellan kl. 22-05 och 53 personer mellan kl. 06.30-15.

Personer som arbetar inom den planerade verksamheten antas befinna sig utomhus ca 5 minuter per dag och då främst vid parkeringen. Etableringsgraden för området uppskattas till 100 %. Vid fördelningen av antalet personer mellan delområde 1 och 2 av Ringödepån har följande antaganden gjorts efter en diskussion med Göteborgs Spårvägar (2013):

- Majoriteten av all kontorspersonal antas befinna sig främst i delområde 2.
- Verkstadspersonal och skiftgående personal antas befinna sig inom både delområde 1 och 2.
- Spårvagnsförare antas befinna sig främst inom delområde 1.
- Omklädningsrummen antas främst vara placerade inom delområde 1.

- › Delområde 1 antas ha 800 parkeringsplatser utomhus på taket.
- › Delområde 2 antas ha 25 parkeringsplatser utomhus med placering enligt figur 4.

Befintliga verksamheter söder om studerat område

Ca 100 meter söder om Kvillebangården finns idag verksamheter så som småindustri, yrkesbutiker, bilverkstäder, bilförsäljning, bilskrot, lager, brädgård och dyl. Personer som arbetar inom/nyttjar dessa verksamheter antas befinna sig utomhus ca 5 minuter per dag. Vidare antas att personer arbetar/vistas på området från kl. 06-16 samt att befintlig verksamhet i genomsnitt är i två plan. Etableringsgraden av området uppskattas till ca 70 %.

Personintensiten inomhus och utomhus baseras på användningsområdet blandad industri/handel. Personintensiteten inomhus bedöms till 20 personer per 1000 m2 golvyta (0,02 personer/m2 golvyta).

I tabeller nedan redovisas det personantal som utgör underlag för beräkningar. Angivet avstånd från Kvillebangården räknas från mitten av närmsta spårgrupp (spår 14-18).

Tabell 1. Personantal för beräkningar. Avstånd från Kvillebangården till delområde 1.

Avstånd Kvillebangården – delområde 1, case 1	Population hög (kl. 06-07))		Population mellan (kl. 07-16)		Population låg (kl. 16-06)	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25m	0	0	0	0	0	0
25-50m	0	3	0	5	0	5
50-100m	20	51	20	35	1	13
100-150m	6	375	25	375	0	0
150-200m	6	375	25	375	0	0

Tabell 2. Personantal för beräkningar. Avstånd från Kvilebangården till delområde 2.

Avstånd Kvilebangården – delområde 2, case 1	Population hög (kl. 06-07))		Population mellan (kl. 07-16)		Population låg (kl. 16-06)	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25m	2	0	1	0	1	0
25-50m	0	13	0	13	0	4
50-100m	0	50	0	50	0	7
100-150m	2	150	10	150	0	0
150-200m	2	150	10	150	0	0

2.2.2 Personintensitet Case 2

Personantal för delområde 1 och 2 redovisas i tabell C.6-C.10 i bilaga C. Det är dessa värden som ligger till grund för beräkningar. I tabell 3-4, vilka motsvarar tabell C.6 och C.8, redovisas uppskattat antal personer inomhus och utomhus på olika avstånd från Kvilebangården för delområde 1 respektive 2. Vid beräkning motsvarar "Population hög" kl. 06-07 (1h), "Population medel" kl. 07-16 (9h) "Population låg" kl.16-06 (14h). Antalet personer som redovisas i ovan nämnda tabeller har uppskattats utifrån den information gällande personintensitet och arbetstider som presenteras nedan.

Planerad verksamhet på Ringödepån

Personintensiteten för den planerade verksamheten kommer att vara samma som för case 1 bortsett från att antalet spårvagnsförare kommer att minska från 60 till 40. För case 2 antas alltså att mellan kl. 04-07 hämtas spårvagnar av ca 40 spårvagnsförare vilka då kommer att befinna sig på depån i ca 30 minuter/dag.

Befintliga verksamheter söder om studerat område:

Personintensiteten för den befintliga verksamheten söder om studerat område kommer att vara samma som för case 1.

Tabell 3. Personantal för beräkningar. Avstånd från Kvilebangården till delområde 1.

Avstånd Kvilebangården – delområde 1, case 2	Population hög (kl. 06-07))		Population mellan (kl. 07-16)		Population låg (kl. 16-06)	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25m	0	0	0	0	0	0
25-50m	2	0	5	0	5	0
50-100m	20	49	20	35	1	12
100-150m	6	375	25	375	0	0
150-200m	6	375	25	375	0	0

Tabell 4. Personantal för beräkningar. Avstånd från Kvilebangården till delområde 2.

Avstånd Kvilebangården – delområde 2, case 2	Population hög (kl. 06-07))		Population mellan (kl. 07-16)		Population låg (kl. 16-06)	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25m	2	0	1	0	1	0
25-50m	0	13	0	13	0	4
50-100m	0	50	0	50	0	7
100-150m	2	150	10	150	0	0
150-200m	2	150	10	150	0	0

2.3 Närliggande verksamheter

Ingen verksamhet i närliggande område bedöms påverka riskbilden för det studerade området.

3 Trafik och transporter med farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter, som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods. Farligt gods på järnväg delas in i olika RID-klasser¹ beroende på vilken typ av fara som ämnet kan ge upphov till. RID är en internationell överenskommelse avseende regler för transporter av farligt gods i Europa.

Av alla transportklasser som redovisas i följande kapitel är det följande ämnen som ger störst konsekvenser varför dessa har valts som dimensionerande i riskanalysen:

- Klass 1.1 Massexplosiva ämnen, exempelvis dynamit
- Klass 2.1 Brandfarliga gaser, exempelvis propan, acetylen
- Klass 2.3 Giftiga gaser, exempelvis svaveldioxid
- Klass 3 Brandfarlig vätska (klass 1), exempelvis bensin
- Klass 5.1 Oxiderande ämnen, exempelvis väteperoxid

3.1 Hamnbanan

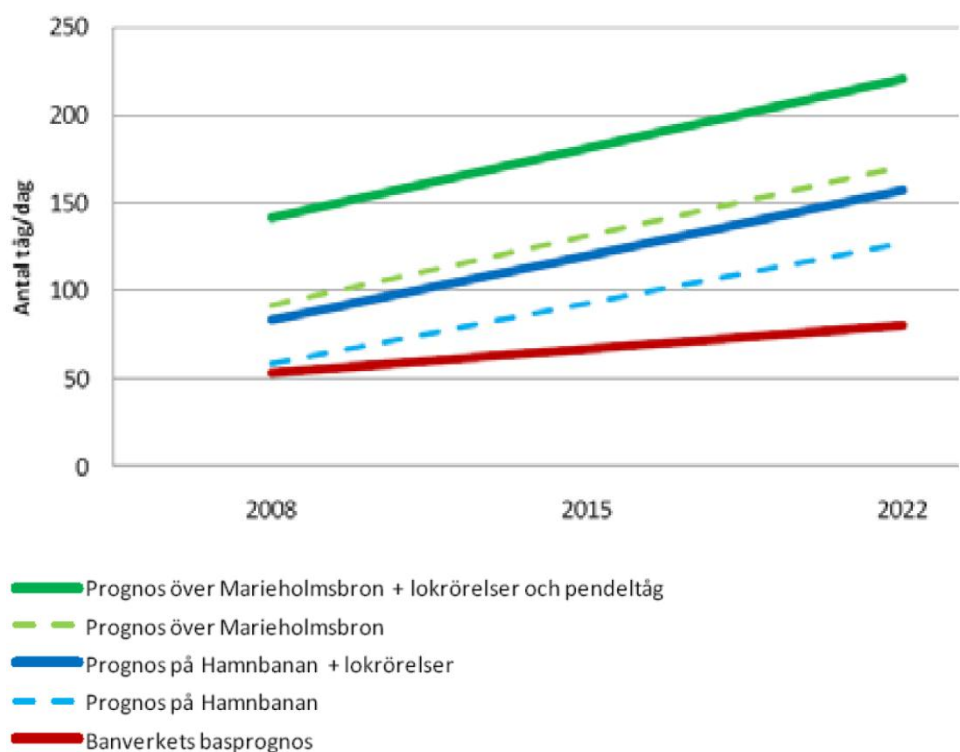
Hamnbanan är en av Sveriges viktigaste järnvägsliknar och har till uppgift att göra det möjligt för godstrafiken, från hela Norden, att nå hamnområdena i Göteborg. Hamnbanan är nästan 10 km lång och belägen på Hisingen. Hamnbanan är idag enkelspårig men en utbyggnad till dubbelspårig bana planeras för tillfället. (Trafikverket, 2013a) Högsta tillåtna hastighet (STH) för Hamnbanan förbi Kvilebangården kommer efter utbyggnation att vara 70 km/h. (Trafikverket, 2012)

Utbyggnad till dubbelspårig bana möjliggör en kapacitetshöjning i storleksordningen från ca 50 transporter per dygn (18250 transporter/år) upp till ca 125 (45625 transporter/år) transporter per dygn fram till 2022, se figur 5. Hur stor andel av ökningen som motsvaras av transporter av farligt gods är okänt (Räddningstjänsten, 2011). Enligt Räddningstjänsten (2011) kan tydliga

¹ RID=Regulations Concerning the International Carriage of Dangerous goods by rail

högtrafikstider för Hamnbanan förväntas vara mellan kl. 04.00 och 09.00 och mellan 15.00 och 20.00.

Hamnbanan är idag signalreglerad och fjärrstyrd och ingår i Göteborgs närställverksområde och styrs från trafikledningscentralen i Göteborg. (Banverket, 2006a) På Kvillebangården är idag 4 sidospår signalreglerade, läs mer i kapitel 3.3. (Banverket, 2006b) Alla anslutningar från Hamnbanan till bangårdar och industrispår är signalreglerade och på de områden som inte är signalreglerade ansvarar växlingspersonalen för säkerheten. Hamnbanan är dimensionerad för en största tillåten axellast (STAX) på 25 ton och lastprofil C. Automatiskt säkerhetssystem (ATC) finns på sträckan mellan Marieholmsbron och Kvillebangården. (Banverket, 2006a)



Figur 5. Kapacitetshöjning på Hamnbanan, se streckad ljusblå linje. (Räddningstjänsten, 2011)

3.1.1 Farligt gods på Hamnbanan

Det finns inga restriktioner gällande vilka ämnesklasser av farligt gods som får transporteras på Hamnbanan. Vidare finns det inga restriktioner gällande när på dygnet som transport av farligt gods får ske.

För denna analys baseras beräkningar på uppgifter från Trafikverket gällande farligt godstransporter år 2012 på Hamnbanan. (Trafikverket, 2013c) Dessa uppgifter redovisas inte i denna rapport utan i en konfidentiell bilaga, se tabell E.1 i bilaga E. Antal vagnar med farligt gods på Hamnbanan år 1999 och 2009, vilka redovisas i tabell 5, ger dock en indikation på vilka mängder av farligt gods som transporteras på Hamnbanan idag.

Tabell 5. Antal vagnar med farligt gods på Hamnbanan 1999 och 2009.(SSPA, 2002) (COWI, 2011a)

Farligt godsklass	Antal vagnar/år 1999	Antal vagnar/år 2009
1.1 Masseexplosiva ämnen	11*	2
2.1 Brandfarliga gaser	2229	**
2.3 Giftiga gaser	557	3470**
3 Brandfarliga vätskor	6798	15708
4. Brandfarliga ämnen	223	21
5 Oxiderande ämnen	780	1602
6. Giftiga/smittsamma ämnen	2229	12
7. Radioaktiva ämnen	***	0
8. Frätande ämnen	334	341

* Antal vagnar explosiva varor var 111, bedömningen har gjorts att 10 % av dessa var masseexplosiva ämnen.

** Gaser har angetts som en totalsumma och inte fördelat på brandfarliga respektive giftiga gaser.

*** Uppgift saknas.

Vid en jämförelse av värdena i tabell 5 och de uppgifter som erhållits från Trafikverket (2013c) kan det konstateras att produkter av:

- klass 1.1, 2.1 och 2.3 idag transporteras i ungefär samma omfattning som år 1999,
- klass 3 och 7 idag transporteras i ungefär samma omfattning som år 2009,
- klass 4 och 6 idag transporteras i en större omfattning än 2009 men i en lägre omfattning än 1999,
- klass 5 och klass 8 idag har ökat jämfört med 1999 och 2009.

Uppgifterna i tabell 5 redovisar att antalet transporterade vagnar med farligt gods kan variera över åren. Mängder och ämnen som transporteras på järnvägen styrs efter vad kunder efterfrågar och är därmed inte konstanta. Enligt Green Cargo (2011) (som är en av de största aktörerna beträffande transporter av farligt gods) har dock inga nämnvärda förändringar skett sedan 2006 då mängden transporterat gods minskade under lågkonjunkturen (2009-2010) och inte riktigt har kommit upp på de nivåer som rådde innan nedgången. Enligt MSB (tidigare Räddningsverket) finns det ingen enskild prognos för transport för farligt gods. I denna rapport utgår beräkningar från 20 % högre transportvärden jämfört mot dagens värden, detta för att representera ett framtidsscenario år 2030. Denna uppräknings bedöms vara konservativ.

Ett antal antagande har gjorts för att räkna fram antal transporterade vagnar inom varje RID-klass:

- 10 % av klass 1 produkterna (explosiva ämnen) utgör massexplosiva ämnen
- Enbart brandfarlig vara klass 1, t.ex. bensin, kan medföra personsador och utgöra en risk för området. Enligt petroleuminstitutet är andel bensin 40 % av den totala andelen petroleumprodukter. Av den totala mängden transporterad brandfarlig vätska antas därmed klass 1 utgöra 40 %.

3.2 Bohusbanan

Bohusbanan går mellan Göteborg och Strömstad. Sträckan Göteborg/Kville – Uddevalla är knappt 9 mil lång och enkelspårig med mötesspår på driftplatserna. Bohusbanan är elektrifierad i hela sin längd och är idag fjärrstyrd. (Trafikverket, 2013d)

3.2.1 Farligt gods på Bohusbanan

Bohusbanan trafikeras främst av persontåg men betydande transporter av farligt gods förekommer också främst på grund av transporterna mellan Göteborg och Stenungsundsfabrikerna.

I säkerhetsstudie för Stenungsund (2007) har följande dimensionerande transporter och händelser sammanställs:

- › Gasol ca 3300 vagnar/år
- › Vinylklorid ca 5 vagnar/år
- › Etenoxid/Propenoxid ca 210 vagnar/år
- › Saltsyra ca 90 vagnar/år

Tidigare Statens Räddningsverk (SRV) har kartlagt transporter av farligt god på järnvägar i Sverige. Den senaste kartläggningen genomfördes år 2006 vilket omfattade transporter under september månad år 2006. I kartläggningen presenteras mängden farligt gods som ett spann för varje studerad järnvägssträcka. Även SRV's kartläggning visar att transporter främst sker mellan Göteborg och Stenungsund.

I tabell 6 sammanställs material från inventeringen. Värden från SRV har räknats om till transporter per år. Uppgifter om mängder per vagnslast kommer från Stenungsundsfabrikerna. Vinylklorid samt Etenoxid och Propenoxid behandlas som giftiga gaser. Värden från SRV stämmer relativt väl överens med Stenungsundsstudien.

För beräkningar används mängder som sammanställts i Säkerhetsstudie från Stenungsund vilka räknats upp med 20 % för att gälla år 2030. Denna uppräknings bedöms vara konservativ. Värden som redovisas i tabell 6 kommer att ligga till grund för kommande sannolikhets- och konsekvensberäkningar.

Tabell 6. Sammanställning av inventerat material om transporter av farligt gods per RID-klass på Bohusbanan. Värden är uppskattade utifrån uppgifter som erhållits från MSB (SRV's kartläggning), Inventering i samband med säkerhetsstudien för Stenungsund fabriker, Trafikverket och Green Cargo. Värden i kolumn till höger är uppräknade för att gälla år 2030 och dessa värden används för beräkningar. (COWI, 2011b)

RID-klass	SRV min-max	Stenungsund	Uppskattat antal vagnar/år 2030
2.1 Brandfarliga gaser	3744-4992	3300	3927
2.3 Giftiga gaser	168-336	215	262
5. Oxiderande ämnen	0-552	-	0
8. Frätande ämnen	1430-2147	90	98

Dimensionerande händelser som ingår i de kvantitativa beräkningarna är klasserna 2.1, 2.3 och 5.

Det finns inga restriktioner gällande vilka ämnesklasser av farligt gods som får transporteras på Bohusbanan. Vidare finns det inga restriktioner gällande när på dygnet som transporter av farligt god får ske. Enligt Säkerhetsstudie för Stenungsund sker transporter under dagtid.

Vid en tidigare riskutredning (COWI, 2011b) har frågan kring framtida transporter av klor samt LNG transporter diskuterats. Frågan gällande transporter av LNG besvarades då med att den nya LNG terminalen i Göteborg inte har planer på att använda Bohusbanan för transporter. Enligt ansökan sker deras transporter på fartyg och lastbil. Preem och Nordic LNG planerar för en ny terminal i Lysekil. Enligt ansökan skall deras transporter ske på vägnätet. Enligt Nordic LNG (2011) vore det positivt om transporter av LNG skulle kunna ske på järnvägen men i dagsläget finns inga möjligheter för det.

Enligt uppgifter från räddningstjänsten i Stenungsund skulle transporter av klor eventuellt kunna bli aktuellt i framtiden ifall Ineos inte bygger en ny kloranläggning i Stenungsund. Vid kontakt med Ineos (2011) erhöles uppgiften att de inte räknar med att klortransporter kommer tas upp men att det inte helt går att utesluta. Omfattningen skulle dock vara mycket mindre än tidigare, i storleksordningen ca 10 % av tidigare transporter.

3.3 Kvillebangården

Kvillebangården är belägen vid östra delen av Hamnbanan vid förgreningen mellan Bohusbanan och Hamnbanan. Kvillebangården har idag fyra funktioner: (Banverket, 2006b)

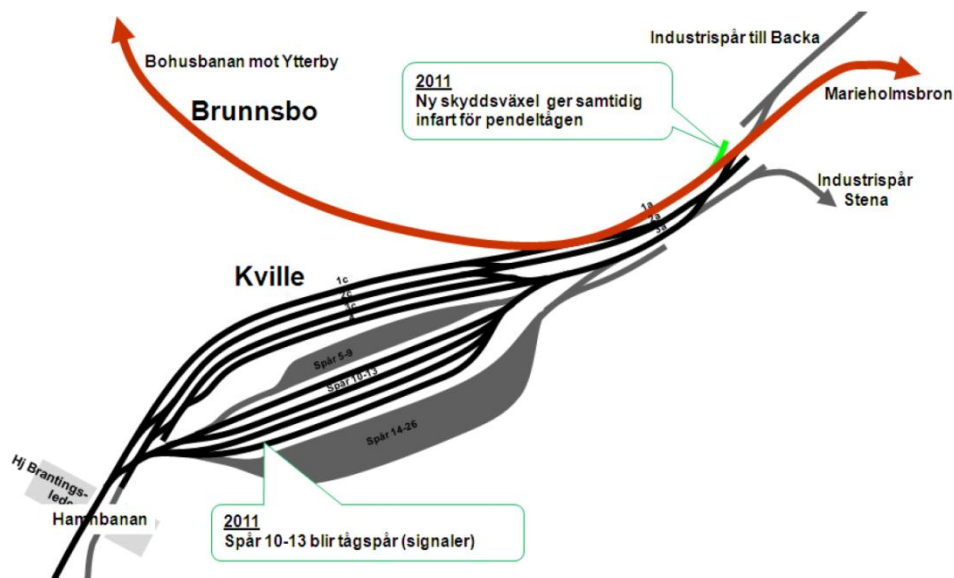
- › Tågmagasin – För tåg som väntar på att enkelspåret till Pölsebo resp. enkelspåret över Marieholmsbron till Marieholm/Sävenäs/Gubbero.
- › Tågbildning för Volvo, Arendal, Höke, Oljehamnen och Backa. Hopkoppling av tåget, bromsprov och tillkoppling av tågloket (ofta ellök).
- › Parkering för tomvagnar. Godsvagnar som är ”korttidsarbetslösa” i väntan på uppdrag.
- › Reparationsspår för trasiga godsvagnar. Vagnar som vid lossning upptäcks vara för trasiga för att få gå i trafik.

Utöver detta används östra änden av Kvillebangården för möten mellan korta persontåg till och från Bohusbanan. Persontågen väntar då på östra Kville innan de kör vidare norrut på Bohusbanan eller innan de fortsätter från Bohusbanan över Marieholmsbron.

Ett problem inom hamnområdet är kapacitetsbrist då hamnen inte kan ta emot alla vagnar i långa tåg. Vid dessa tillfällen ställs resterande vagnar upp på Älvsborgsbangården, Centralharpan och Skandiangården vilket resulterar i att de inte kan ta emot tåg. När detta händer körs övertaliga vagnar tillbaka till Kvillebangården för att sedan köras tillbaka vid senare tillfälle när kapacitet finns igen. (Banverket, 2006c)

Kvillebangården bedöms idag ha kapacitet för ca 88 tåg per dygn, se figur 6 för översiktlig bild av Kvillebangården (Banverket, 2006c). Bangården har idag 26 spår varav 8 spår är elektrifierade och 4 spår är signalreglerade (Banverket 2006a). Vilka spår som idag är elektrifierade respektive oelektrifierade visas i figur 6. Spåren på Kvillebangården används idag enligt följande:

- › Spår 1 – 4 trafikeras av genomgående trafik till och från Skandiamhamnen och är elektrifierade samt utrustade med signaler för både tågfärder och växling.
- › Spår 5 – 9 samt spår 14 - 25 används som uppställningsspår och är oelektrifierade. Spår 5 – 9 är signalreglerade, spår 14 - 25 saknar signalreglering.
- › Spår 10 – 13 är elektrifierade och signalreglerade. Spåren används som nod för avgående tåg från Kville.



Figur 6. Översiktbild av Hamnbanan – Kvillebangården - Bohusbanan.
(Trafikverket, 2010)

Utbyggnaden av Hamnbanan till dubbelspårig bana kommer att medföra en ökning av trafiken på Kvillebangården, vilket kommer att ställa högre krav på bangårdens kapacitet. Trafikverket planerar att bygga om Kvillebangården för att öka möjligheten för fler simultana tågrörelser, längre förbigångsspår och bättre anslutningar till bangårdsspåren. Trafikverket planerar även att byta ett flertal växlar samt bygga om växlar för att skapa bättre anslutning till spåren som går över Hjalmar Brantingsleden samt att säkerställa en framtida dubbelspårsanslutning till Bohusbanan. (Trafikverket, 2013b)

Det bör noteras att studerat förslag av planerad verksamhet innebär att spår 19-25 tas bort. Detta kan innebära en förändrad användning av Kvillebangården.

3.3.1 Farligt gods på Kvillebangården

I dagsläget gäller följande huvudprinciper för hantering av farligt gods på Kville bangård:

- Farligt gods till/från Skandia / Älvsborgshamnen: Detta gods går på Hamnbanan, spår 1-4, till/från Sävenäs, hanteras ej på Kville.
- Bohusbanan: Huvudsakligen farligt gods till/från Stenungsund, går till/från Sävenäs, hanteras ej på Kville.

- Olja/Gasol från oljehamn, depå / raffinaderi: Vagnar från Oljehamnen sätts samman till heltåg i Oljehamnen/Pölsebo och dras med diesellok till Kville, går här oftast in på spår 10-13 för lokbyte till ellok innan transport till Sävenäs. Motsvarande gäller för tomma vagnar åt andra hållet. Oljetåg till Jönköping, kommer till Hamnbanan 14.00, står till 02.00 innan avgång till Jönköping. I övrigt sker sällan uppställning av farligt gods över natten på Kville. Däremot händer det att tomvagnar står kvar på bangården om det inte finns plats i Oljehamnen.
- Gasolvagnar från Shell: Dessa hämtas från Hökebangården, tas upp till Kville där man bygger tåg för vidare transport.

Det sker sällan någon rangering av vagnar på Kville, men det händer vid enstaka tillfällen, då t ex vagn ska tas ut från vagnset för reparation.

Baserat på ovanstående är den huvudsakliga uppdelningen att farligt gods till/från Älvsborgshamnen inte hanteras på bangården, medan gods till/från Oljehamnen/raffinaderierna hanteras på Kville bangård. Den bedömning som gjorts är att gods av klass 2.1 (brandfarliga gaser) och klass 3 (brandfarliga vätskor) till absolut största delen utgörs av transporter till/från oljehamnen/raffinaderierna, medan övriga klasser huvudsakligen utgörs av transporter till/från Älvsborgs/Skandiahamnen. För att ta hänsyn till att en viss andel av godset till/från Älvsborgs/Skandiahamnen trots allt kan komma att hanteras på bangården ansätts en fördelning enligt tabell nedan.

Tabell 7. Uppskattad andel av vagnar med farligt gods på Hamnbanan som hanteras på Kville bangård

Farligt godsklass	Uppskattad andel (%)
1.1 Massexplösiva ämnen	10
2.1 Brandfarliga gaser	100
2.3 Giftiga gaser	10
3 Brandfarliga vätskor	100
4. Brandfarliga ämnen	10
5 Oxiderande ämnen	10
6. Giftiga/smittsamma ämnen	10
7. Radioaktiva ämnen	-
8. Frätande ämnen	10

Antal vagnar med farligt gods som, baserat på detta, antas hanteras på Kville bangård redovisas i tabell E.2 i bilaga E.

Utifrån dagsläget kan det antas att bangårdshanteringen av farligt gods huvudsakligen sker på spår 10 – 13, vilket ger ett avstånd till planerad spårvagnshall på 40 meter eller mer. För att ta hänsyn till möjliga framtida förändringar i trafikeringen på Hamnbanan och nyttjande av bangården antas i beräkningarna emellertid att bangårdshanteringen av farligt gods sker på den

spårgrupp som ligger längst söderut, dvs spår 14 – 18. Detta innebär också att de förändringar i nyttjande av bangården som kan komma att ske vid borttagning av spår 19- 25 inte kommer att resultera i en ”värre” situation än den som antas i beräkningarna.

3.3.2 Inträffade händelser på Kvillebangården

En undersökning av inträffade händelser på Kvillebangården har genomförts. Två källor har använts:

1. Trafikverkets olycksrapporteringsdatabas, Synergi
2. Insatsstatistik från Räddningstjänsten Göteborg

Tabell 8. *Rapporterade händelser i Synergi, perioden 2010.01.01 - 2013.05.31*

Kategori	Antal
OSPA (obehörig stoppsignalpassage)	7
Otillåtet spårbeträdande/vandalism	7
Teknisk avvikelse	3
Persontillbud	2
Uppkörd växel	2
Urspåring	2
Regelavvikelse	1
Ej specificerad	1
Totalt	25

Tabell 9 *Räddningstjänstens insatsstatistik perioden 2000.01.01 – 2013.05.31*

Händelse	Datum
Urspåring av vagn med gasol. Inget läckage.	2009-12
Frontalkrock mellan två godståg med urspåring och mindre läckage av diesel som följd. Godstågen var ämnade för fordontransport och metallskrot.	2008-06
Personer fått starkström genom sig från ledningar	2005-11
Frontalkrock mellan godståg och lok med urspåring och mindre läckage av diesel som följd. Godståget var ämnat för järn(skrot?)	2002-02
Övrigt: Diverse bränder i det fria i anslutning till bangården samt på spåren, en del relaterat till kabelbränning, andra mer oklara.	

Kommentarer

Både Räddningstjänstens insatsrapporter och Synergirapporterna pekar på att otillåtet spårbeträdande/vandalism är ett problem inom området.

Inga händelser med utsläpp av farligt gods har noterats. De två händelser med utsläpp av diesel som Räddningstjänsten rapporterat antas härröra från drivmedelstankar.

4 Bedömning av sannolikhet och konsekvens för olycka vid transport av farligt gods

En risk brukar behandlas som produkten av sannolikhet och konsekvens. För att kunna beräkna risknivån för en eventuell olycka med farligt gods krävs därför värden för sannolikheten (frekvensen) för att en olycka skall inträffa samt konsekvensen.

I detta kapitel redovisas inledningsvis generella faror vid olycka med farligt gods och därefter följer en genomgång av de händelseförlopp som kan ge allvarliga konsekvenser vid studerat område.

Beräkningsgång för sannolikhetsberäkningar för olycka med farligt gods redovisas i bilaga A.

4.1 Faror vid olycka med farligt gods

I tabell 10 redovisas en sammanställning av huvudsakliga faror med olika kemikalier i de olika RID-klasserna. Tabellen anger även de riskavstånd som kan vara aktuella för en grov bedömning av allvarlig skadepåverkan på oskyddade människor (FOA, 1995).

De typer av gods som förväntas transporteras förbi området och som kan ge allvarliga konsekvenser avseende människoliv är RID – klass 1, 2.1, 2.3, 3 och 5.1. I kapitel 4.3-4.7 ges en kort summering av olyckseffekterna med ämnen i dessa klasser. Konsekvensen av dessa olyckor beror på hur många människor som befinner sig inom riskavstånd vid ett olyckstillfälle. Konsekvensens omfattning är även direkt beroende av läckagets storlek, placering på havererad behållare och utströmningsvinkeln. Olyckseffekterna uppskattas och redovisas utförligt i bilaga B.

Tabell 10. Generella faror med olika transportklasser av farligt gods

Transportklass	Dominerande fara				Riskavstånd
	Explosion	Brand	Förgiftning	Övrig risk	Meter
1. Explosiva ämnen	√				100 - 1 000
		√			< 100
2. Gaser			√		> 1 000
	√				100 - 1 000
3. Brandfarliga vätskor		√			< 100
4. Brandfarliga fasta ämnen		√		√	< 100
5. Oxiderande ämnen		√			<100
	√				100 - 1 000
6. Giftiga ämnen			√		< 100
7. Radioaktiva ämnen				√	< 100
8. Frätande ämnen			√	√	< 100
9. Övriga farliga ämnen				√	< 100

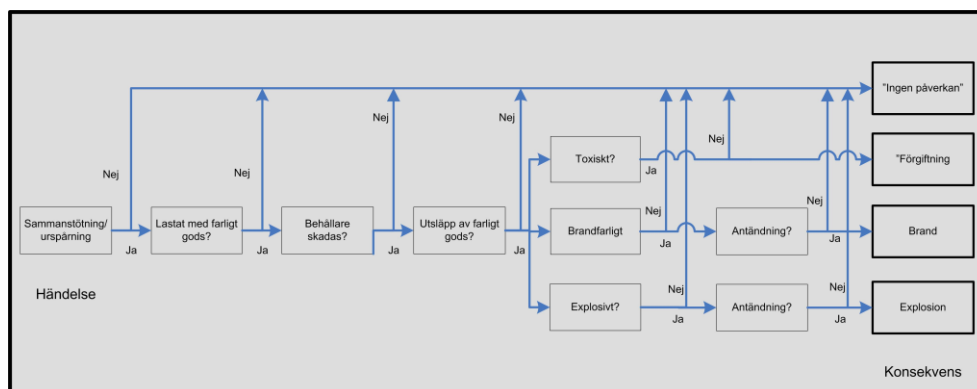
4.2 Farligt godsolycka

För att en farligt godsolycka skall ske krävs att ett fordon lastat med farligt gods är inblandat i en olycka, t.ex. en kollision eller urspårning. Vidare måste behållare på fordonet skadas så att läckage av ett farligt ämne sker.

Ett utsläppt giftigt ämne sprids som vätska eller gas. Halten av det farliga ämnet avtar med avståndet till ämnet. För att en människa skall komma till skada måste dessa befinna sig inom det område där ämnet uppvisar en skadlig halt.

För brand- och explosionsfarliga ämnen måste dessutom en antändningskälla finnas som kan starta en brand eller ett explosionsförlopp. Även här gäller att människor måste finnas inom riskområdet för att komma till skada.

Riskområdets storlek beror på typ av ämnen och händelse som är dimensionerande. Detta beskrivs schematiskt i figur 7.



Figur 7. Schematiskt händelseförlopp vid farligt godsolycka.

4.3 Olycka med massexplodivt ämne (klass 1.1)

Inom klass 1 (explosiva ämnen) är det främst klass 1.1 (massexplosiva ämnen) som kan orsaka skada för personer i samband med en olycka.

Vid transport av massexplosiva ämnen finns risk för explosion som kan orsakas av spontan reaktion, yttre brand eller rörelseenergin som utvecklas vid stötar. På det sätt som massexplosiva ämnen och material förpackas minimeras emellertid risken för att explosion eller brand ska inträffa.

Vid en eventuell olycka kan händelseförloppet utvecklas mycket snabbt och ge svåra konsekvenser. Hur stora konsekvenserna blir beror på mängden transporterat ämne samt avståndet till människor. Hur stora skadorna blir på byggnader beror till stor del på byggnadskonstruktion och material.

En explosion leder till höga tryck i närzonen, trycket minskar sedan med avståndet från explosionen. Människor tål tryck bättre än vad byggnader gör. Dödsfall som direkt följd av tryckvågen vid en transport med 16 ton (storleksordningen är lika med en fullastad vägtransport) kan förväntas inträffa på avstånd upp till 75 meter ifrån olycksplatsen. För mindre transporter (50-1000 kg) kan dödsfall förväntas på upp till ca 25 meter ifrån olycksplatsen. Skador på lungor och trumhinnor (på grund av tryck) kan inträffa upp till 25 meter ifrån olycksplatsen för olycka motsvarande ca 200 kg.

Dödsfall och skador kan inträffa i och med att byggnader rasar, eller från splitter och flygande material. Även nyare betongbyggnader med väl sammanhållen stomme kan raseras på ett avstånd av ett par hundra meter från explosionscentrum. Skador på människor inomhus är troliga, liksom dödsfall, både vid olyckor med små och stora transporter. Skador på grund av splitter och flygande material kan förekomma på ett område mellan några 10-tals meter upp till 1 km beroende på storleken på explosionen, var den inträffar och i vilken typ av område/bebyggelse som olyckan inträffar.

Gränsen för dödliga skador går vid 180 kPa. I tabell 11 sammanställs rimliga tryck för vad byggnader klarar av. Tabell 12 redogör för olika trycks påverkan på människokroppen.

Tabell 11. *Maximala infallande tryck för material och byggnader*

Material för byggnaden	Maximalt tryck
Träbyggnader och plåthallar	10 kPa
Tegel- och äldre betonghus	20 kPa
Nyare betonghus	40 kPa

Tabell 12. *Skador på människan vid olika infallande tryck*

Skadenivå på människan	Tryck
Dödlig skada	≥ 180 kPa
Lungskador	180 - 69 kPa
Trumhinneruptur	69 - 21 kPa

4.4 Olycka med kondenserad brandfarlig gas (klass 2.1)

Propan och butan är exempel på kondenserade brandfarliga gaser. En olycka som leder till utsläpp av kondenserad brandfarlig gas som antänds kan leda till någon av följande händelser:

- › Jetbrand
- › Gasmolnsbrand
- › Gasmolnsexplosion
- › BLEVE (Boiling Liquide Expanding Vapour Explosion)

Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och därefter antänds. Därmed bildas en jetflamma. Flammans längd beror av storleken på hålet i tanken samt om läckaget sker i vätske- eller gasfas.

Gasmolnsbrand

Om gasen vid ovanstående scenario inte antänds omedelbart uppstår ett brännbart gasmoln. Om gasmolnet antänds i ett tidigt skede är luftinblandningen vanligtvis inte tillräcklig för att en explosion ska inträffa. Förloppet utvecklas då till en

gasmolnsbrand med diffusionsförbränning. Detta kan även uppstå vid antändning i ett senare skede.

Konsekvensen för personer utomhus är vid jetbrand och gasmolnsbrand förutom dödsfall även 1:a till 3:e gradens brännskador. För jetbrand förväntas inga omkomna på längre avstånd än 50 meter ifrån en olycka. Omkomna på grund av gasbrand förväntas inte förekomma på längre avstånd än 100 meter ifrån olycka.

Gasmolnsexplosion

Om gasmolnet inte antänds omedelbart kommer luft att blandas med den brandfarliga gasen. Vid antändning kan en gasmolnsexplosion ske om gasmolnet består av en tillräckligt stor mängd gas/luft av en viss koncentration. En gasmolnsexplosion kan beroende på vindstyrka och riktning inträffa en bit ifrån själva olycksplatsen.

BLEVE

BLEVE är en speciell händelse som kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand. Trycket i tanken stiger och på grund av den inneslutna mängdens expansion kan tanken rämna. Innehållet övergår i gasfas på grund av den höga temperaturen och det lägre trycket utanför och antänds. Vid antändningen bildas ett eldklot med stor diameter under avgivande av intensiv värmestrålning. För att en sådan händelse ska kunna inträffa krävs att tanken hettas upp kraftigt. Tillgänglig energi för att klara detta kan finnas i form av en antänd läcka i en annan närstående tank.

Händelsen med BLEVE sker med en viss fördröjning vilket kan ge tid för att utrymma området ifall risk för BLEVE föreligger. Om en BLEVE inträffar utan att området utrymms kommer dödsfall och skadade personer finnas upp till flera 100 meter ifrån olyckan.

4.5 Olycka med kondenserad giftig gas (klass 2.3)

Exempel på kondenserad giftig gas är svaveldioxid, ammoniak och klor som alla är giftiga vid inandning och som redan vid låga koncentrationer kan ge svåra skador och i värsta fall leda till dödsfall. Gasen transporteras under tryck i vätskeform och vid utströmning till luft förångas vätskan fort och övergår i gasform. Generellt är gaserna tyngre än luft vid själva utsläppet varför spridning av gasen primärt sker längs marken.

Giftig kondenserad gas kan ha riskområde på hundra meter upp till många kilometer och gasen når ofta sin största utbredning efter bara några minuter. Utbredningen och hur hög koncentrationen blir beror på ett antal parametrar så som vindstyrka och riktning samt storleken på läckaget. Vid exempelvis högre vind blandas mer luft in i gasmolnet vilket resulterar i lägre koncentrationer.

Andelen omkomna beror på vilken toxisk gas som förekommer, utsläppets storlek, väderförhållande, inbyggda skydd etc. Risken för att omkomma är som störst närmast utsläppet. På längre avstånd minskar andelen omkomna men i samband med det ökar andelen svårt- och lindrigt skadade. Gasen sprider sig i vindens riktning vilket gör att skadeutfallet (antalet omkomna och skadade) beror på hur marken ser ut och hur många personer som befinner sig i området där gasmolnet drar fram.

Ett läckage kan variera i storlek beroende på vad som orsakar läckaget. Ett mindre begränsat utsläpp kan orsakas av läckage på en packning medan en punkterad tank kan orsaka ett mycket stort utsläpp under längre tid.

Oavsett storleken på läckaget kommer koncentrationen i gasmolnet närmast utsläppet vara så pass hög att det kan orsaka dödsfall. För att personer ska omkomma inomhus krävs ett kontinuerligt utsläpp under längre tid. För ett mindre utsläpp kommer koncentrationen för dödligt utfall mycket troligt vara kortare än 50 meter medan skador och irritation kan förekomma upp till flera hundra meter ifrån utsläppet. För punktering av tank är andelen omkomna 100 % upp till flera hundra meter ifrån utsläppet. Skador förekommer endast i vindriktningen.

4.6 Olycka med brandfarlig vätska (klass 3)

En olycka som leder till utsläpp av brandfarlig vätska kan antändas och resultera i en pölbrand (brinnande vätska på marken). Beroende på utformning av området kring vägen kan vätskan antingen sprida sig närmre byggnader eller så kan en utspridning begränsas av exempelvis ett dike.

Det finns olika typer av brandfarlig vätska, vanligt förekommande är bensin och diesel. Bensin har en flampunkt under 21°C och kan antändas vid normala utomhusförhållanden medan brandfarlig vätska, av typen dieselolja, har högre flampunkt och förväntas inte antändas vid lägre temperatur än 55°C. Omkring 40 % av transporterade klass 3 produkter utgör väskor med låg flampunkt.

Beroende på storleken på en pölbrand kan påverkansområdet variera. Beräkningar har visat att en stor pölbrand (300 m²) inte förväntas ha längre påverkansområde på byggnader och personer inomhus än max 50 meter. Konsekvensen för personer utomhus är vid en brand förutom dödsfall även 1:a till 3:e gradens brännskador. Brännskador i olika grader kan förväntas på längre avstånd än 50 meter. Hur hög värmestrålning en person klarar av utan att erhålla skador beror bland annat på hur länge personen exponeras för strålningen. En person som blir varse en brand kommer troligtvis att försöka ta sig ifrån området och på så sätt kan graden av brännskada till viss del begränsas. Detta förutsätter dock att personen i fråga kan förflytta sig, blir varse branden samt reagerar tillräckligt fort för att kunna/hinna agera.

4.7 Olycka med oxiderande ämne (klass 5)

Till klass 5 hör oxiderande ämnen (klass 5.1) och organiska peroxider (klass 5.2) som vid upphettning, kontakt med organiska ämnen (t.ex. bensin eller motorolja) eller vid mycket kraftiga stötar kan få tillräckligt med energi för att spontant börja reagera och därefter orsaka brand eller i värsta fall explosion. Om ämnet, vid en olycka, endast läcker ut föreligger normalt ingen risk för personskada. Explosionsrisk föreligger ifall oxiderande ämne läcker ut och blandas med exempelvis fordonsbränsle, vilket kan ske ifall fordonstanken även skadas vid en olycka eller om andra fordon är inblandade. Konsekvenserna liknar de som uppstår vid en olycka med massexplosiva ämnen och utfallet påverkas av mängden explosiv blandning.

Exempel på oxiderande ämne är väteperoxid, vilket är det mest frekvent transporterade ämnet i transportklassen.

Utifrån beräkningar och antaganden som genomförts för massexplosiva ämnen görs bedömningen att dödliga skador kan förekomma upp till ca 50 meter ifrån en explosion motsvarande 2-3 ton. Skador på lungor och trumhinnor, på grund av trycket, kan uppkomma upp till ca 100 meter ifrån olycksplatsen. Skador på grund av splitter från fönster och flygande material kan inträffa upp till ca 500 meter från en olycka.

4.8 Beräkning av sannolikhet för identifierade olyckshändelser

För att beräkna sannolikheten för identifierade händelser används faktorer som exempelvis antalet transporter av farligt gods för varje specifik ämnesklass, platsspecifika egenskaper så som vindhastighet, sannolikhet för antändning, olycksfrekvens etc. Beräkningar av sannolikheten redovisas i bilaga A.

4.9 Konsekvenser av identifierade händelser

Bedömning av konsekvenser i denna analys baseras på andelen omkomna personer vid en olyckshändelse med transport av farligt gods.

Konsekvensbedömningen baseras på Göteborgs kommuns översiktsplan (1999), VTI rapport 387:4 (1994), konsekvensberäkningar i Effekt plus och PHAST (DNV, 2010) samt simuleringar i programmet Bfk (Beräkningsmodeller för kemikalieexponering) (RIB, 2012). Utförlig beskrivning av konsekvenser redovisas i bilaga B.

5 Bedömning av risknivå

I detta kapitel presenteras beräknad risknivå samt bakgrund och begrepp för risk och kriterier för samhällsplanering. För beräknad risk redovisas först individrisken och därefter presenteras samhällsrisk.

5.1 Allmänt

Riskenivå är ett abstrakt begrepp. Olika individer uppfattar risker på olika sätt och accepterar olika risker beroende på om risken till exempel är frivillig, känd eller gagnar ett intresse.

Som nämnts tidigare kan en risk beskrivas som produkten av sannolikhet (händelsefrekvens) och konsekvens.

RISK = SANNOLIKHET · KONSEKVENNS

I denna analys behandlas sannolikheter som är så låga att de allra flesta människor inte förmår ta dem till sig. Konsekvenserna är emellertid synnerligen påtagliga. Effekten av en propan-BLEVE eller ett utsläpp av giftig gas kan resultera i ett stort antal omkomna eller skadade människor. Händelsefrekvensen för propanolyckor i allmänhet är så låg att den över huvud taget inte skulle beaktas om konsekvensen inte hade varit så stor.

Samhället accepterar hantering av farliga ämnen. Användning av olika kemiska varor innebär också transporter av dessa mellan olika platser. Idag är de flesta konsekvenser kända som orsakas av utsläpp av farliga ämnen. Därför har hanteringen belagts med restriktioner och krav på utrustning, bland annat tankkonstruktion, tankmaterial, och tankkontroll.

Transportolyckor med utsläpp av farliga ämnen som följd har låg sannolikhet. Detta tack vare de restriktioner som råder. Den låga sannolikheten är en viktig parameter som i en bedömning av risknivån skall värderas tillsammans med konsekvenserna på ett balanserat sätt.

Riskacceptans

I riskanalyser kan risknivån presenteras som individrisk och/eller samhällsrisk. Individrisken är lättare att definiera och värdera än samhällsrisk. Individrisken är oberoende av antalet personer som befinner sig på ett område medan samhällsrisk påverkas av mängden personer som befinner sig på ett utsatt område.

Individrisk är risken för en enskild individ som befinner sig i närheten av en riskkälla.

Samhällsrisk är risken för en grupp människor som befinner sig i ett riskområde.

Samhällsrisk är direkt beroende av hur många individer som befinner sig i ett riskområde medan individrisken är helt oberoende av antalet personer på riskområdet.

Samhället har lättare att acceptera flera olyckor med begränsande konsekvenser än ett fåtal med mycket allvarliga eller katastrofala konsekvenser. Detta innebär att riskacceptansen eller toleransen blir lägre ju fler människor som förväntas kunna komma till skada. I dagens samhälle har många risker accepterats utan att från början blivit värderade.

Avseende individrisk bör följande etiska princip eftersträvas:

- Den risk som vi utsätts för av naturliga händelser bör inte ökas nämnvärt genom aktiviteter som vi inte råder över.

Avseende samhällsrisk bör följande etiska princip eftersträvas:

- En aktivitet kan godkännas om en välgrundad riskanalys visar att risknivån är acceptabel eller tolerabel.
- En aktivitet kan godkännas om samhällsnyttan av den bedöms vara större än risken.

För denna analys kommer både individrisk och samhällsrisk användas för att analysera risknivån i området.

Kriterier avseende farligt gods

Det finns inget nationellt framtaget kriterie för riskvärdering och riskpolicy i Sverige men vissa publicerade dokument och kriterier används generellt i samband med riskanalyser. Här refereras till några av dessa.

- Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län har gemensamt tagit fram en riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods (2006). Enligt dessa skall riskhanteringsprocessen beaktas vid all nybyggnation inom 150 meters avstånd ifrån farligt godsled. I Länsstyrelsens

policy finns inga exakta avstånd för tillåten markanvändning utan zonerna är glidande och beroende på platsspecifika egenskaper och förhållanden. Området i zon A, som är zonen närmast vägen, föreslås exempelvis användas till ytparkeringar, väg och odling. Zon B i den glidande skalan kan exempelvis användas för kontor, lager, parkeringshus och sällanköpshandel och markanvändning i zon C föreslås vara bostäder, annan handel, hotell och konferens.

- Enligt Göteborgs översiktsplan medges bostäder fram till 80 meter ifrån järnvägen och bebyggelsefritt område skall upprättas 30 meter på ömse sidor av leder med farligt gods. I Göteborgs översiktsplan fördjupad för farligt gods finns även förslag på kriterier för samhällsrisk för bostäder och arbetsplatser.
- I *Värdering av risk* (SRV, 1997) har Det Norske Veritas (DNV) gett förslag till individ- och samhällsriskkriterier.

I denna analys kommer beräknad individ- och samhällsrisk jämföras med kriterier som föreslås av DNV. Jämförelse görs också mot kriterier som tagits fram för bostäder i Göteborg.

5.2 Individrisk

Individrisk är risken för en person som befinner sig i närheten av en riskkälla att omkomma och definieras här som "summan av frekvensen · andel omkomna för respektive skadehändelse".

DNV's förslag till individriskkriterier (SRV, 1997):

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

I denna analys ges två individrisknivåer för området. En *individrisk utomhus* som baseras på oskyddade personer och en plan topografi. Dessutom ges en *individrisk inomhus* som representerar individrisken för personer som befinner sig inomhus.

5.2.1 Individrisk för aktuellt område

I tabell C.11-C.15 i bilaga C redovisas individrisken vid olika avstånd från Hamnbanan respektive Kvillebangården för delområde 1 och från Hamnbanan, Kvillebangården och Bohusbanan för delområde 2 baserat på identifierade olyckshändelser. I tabell 13 och 14 redovisas den samlade individrisken inom den planerade verksamheten för delområde 1 respektive 2. Röda siffror i tabell 13-14 indikerar en nivå som ej anses acceptabel och skyddsåtgärder krävs/skall införas. Gula siffror indikerar att risknivån ligger inom det område där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Gröna siffror indikerar en risknivå som ligger under den nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga. Det bör noteras att redovisade värden avser platsspecifik individrisk, dvs hänsyn till individernas vistelsetid inom området har ej tagits.

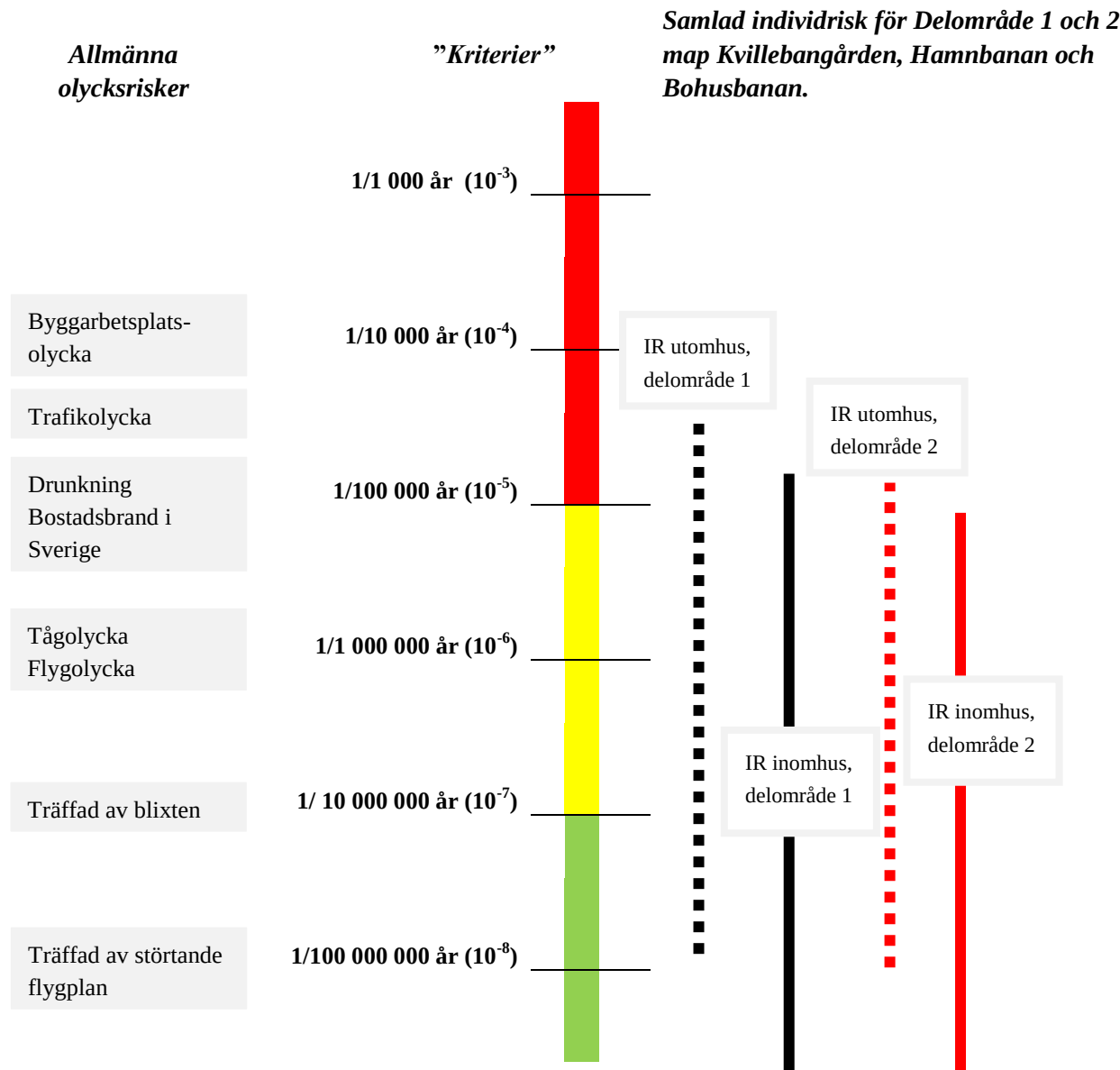
Tabell 13. Beräknad individrisk för olika intervall för den planerade verksamheten inom delområde 1. Sträckan mäts från mitten på närmsta spårgrupp på Kvilebangården (spår 14 -18).

Avstånd	Samlad individrisk för personer på olika avstånd från Kvilebangården	
(m)	Ute	Inne
0-25	$4,1 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$
25-50	$5,2 \cdot 10^{-6}$	$2,7 \cdot 10^{-6}$
51-100	$4,1 \cdot 10^{-7}$	$2,4 \cdot 10^{-7}$
101-150	$4,5 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$
151-200	$1,8 \cdot 10^{-8}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$

Tabell 14. Beräknad individrisk för olika intervall för den planerade verksamheten inom delområde 2. Sträckan mäts från mitten på närmsta spårgrupp på Kvilebangården (spår 14 -18).

Avstånd	Samlad individrisk för personer på olika avstånd från Kvilebangården	
(m)	Ute	Inne
0-25	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$9,4 \cdot 10^{-6}$
25-50	$2,2 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$
51-100	$2,3 \cdot 10^{-7}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$
101-150	$4,0 \cdot 10^{-8}$	$3,8 \cdot 10^{-9}$
151-200	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$

I figur 8 jämförs individrisken för olika avstånd från olycksplatsen med andra risker som finns i samhället. Streckade linjer avser det spann som individrisken utomhus ligger mellan på avståndet 0-200 meter ifrån Kvilebangården. Heldragen linje representerar individrisken inomhus. Svarta linjer representerar individrisken för delområde 1 medan röda linjer representerar individrisken för delområde 2. Rött område indikerar en nivå som ej anses acceptabel och skyddsåtgärder krävs/skall införas. Gult område indikerar en risknivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Grönt område indikerar en risknivå som anses som låg och skyddsåtgärder anses ej nödvändiga.



Figur 8. Individrisknivå för delområde 1 och 2 jämfört med några andra risker samt DNV's individriskkriterier. Svarta linjer representerar individrisken för delområde 1 medan röda linjer representerar individrisken för delområde 2. IR=Individrisk.

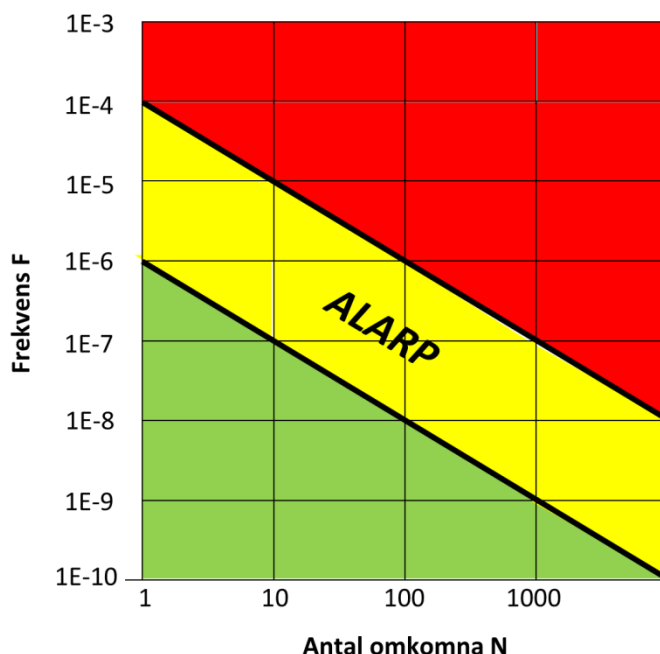
5.3 Samhällsrisk

Samhällsrisk är den risk som en eller flera människor (vilka som helst) utsätts för. Samhällsrisk presenteras i F/N diagram där (F) är den summerade olycksfrekvensen för alla händelser som leder till ett visst antal omkomna (N). Generellt är det färre händelser (olyckor) som leder till att många omkommer vilket gör att olycksfrekvensen oftast minskar med ökat antal omkomna.

I Sverige finns det idag inga nationellt beslutade gränsvärden för hur hög samhällsrisk som kan accepteras. Varje situation måste diskuteras och värderas utifrån sina förutsättningar såsom risknivå kontra samhällsnytta och möjligheten att minska risknivån genom skyddsåtgärder. DNV har givit förslag på gränsvärden för acceptabel risknivå med avseende på samhällsrisk. I DNV's kriterier finns två gränsvärden:

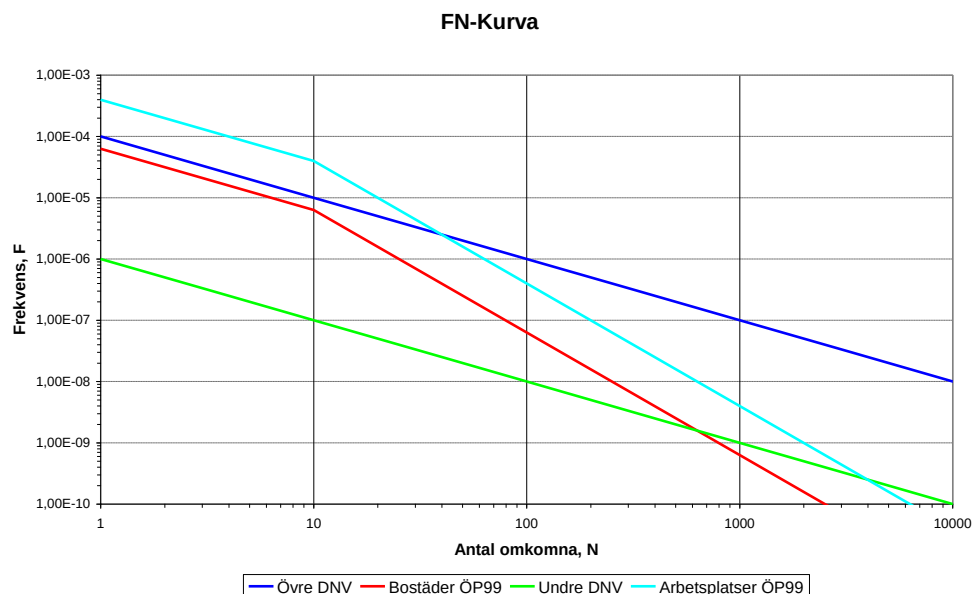
- En gräns för tolerabel risk. Risknivåer över denna nivå tolereras inte (presenteras som rött område i figur 9).
- En gräns för område där risker kan anses som små. Vid risknivåer under denna nivå behöver ytterligare säkerhetshöjande åtgärder inte värderas (representerar grönt område i figur 9)

För risknivåer som ligger däremellan ska rimliga säkerhetshöjande åtgärder värderas ur kostnads-nytta synpunkt. Detta område kallas ALARP-området och representeras av gult område i figur 9.



Figur 9. Kriterium för samhällsrisk Värdering av risk (SRV,1997) Förklaring till värden på y-axel: $1E-3 = 0,001 = 1 \cdot 10^{-3}$

I figur 10 presenteras ett FN-diagram med DNV's kriterier samt kriterier för arbetsplatser och bostäder som tillämpas i Göteborg och kommer ifrån Göteborgs översiktsplan fördjupad för farligt gods.

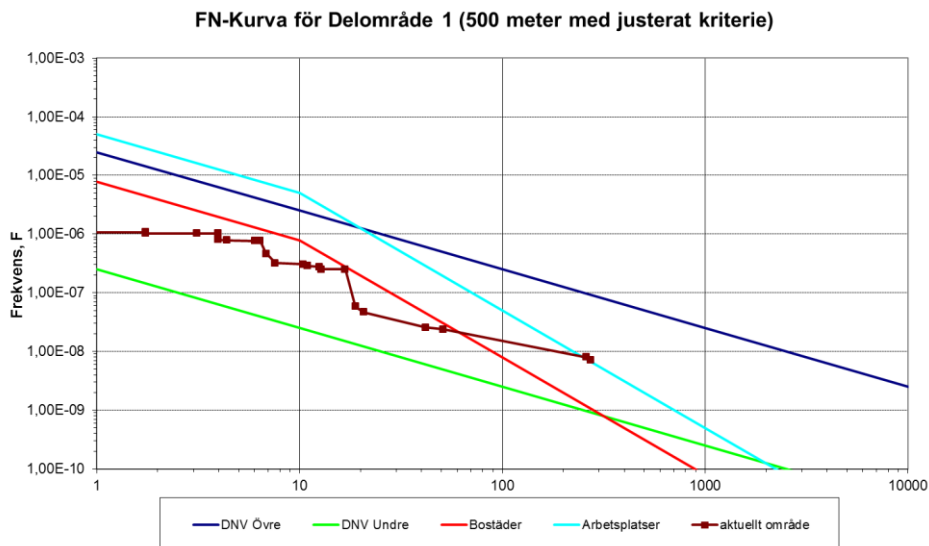


Figur 10. FN-kurva med föreslagna riskkriterier enligt Göteborgs översiktsplan och DNV. DNV's förslag (grön och blå linje) visar två nivåer, mellan dessa nivåer anses att skyddsåtgärder bör diskuteras. Från Göteborg översiktsplan fördjupad för farligt gods kommer de andra två kriterierna som beskriver kriterier för arbetsplatser och bostäder (röd och turkos linje). DNV's kriterier gäller en sträcka på 1 km medan Göteborgs kriterier gäller en sträcka på 2 km.

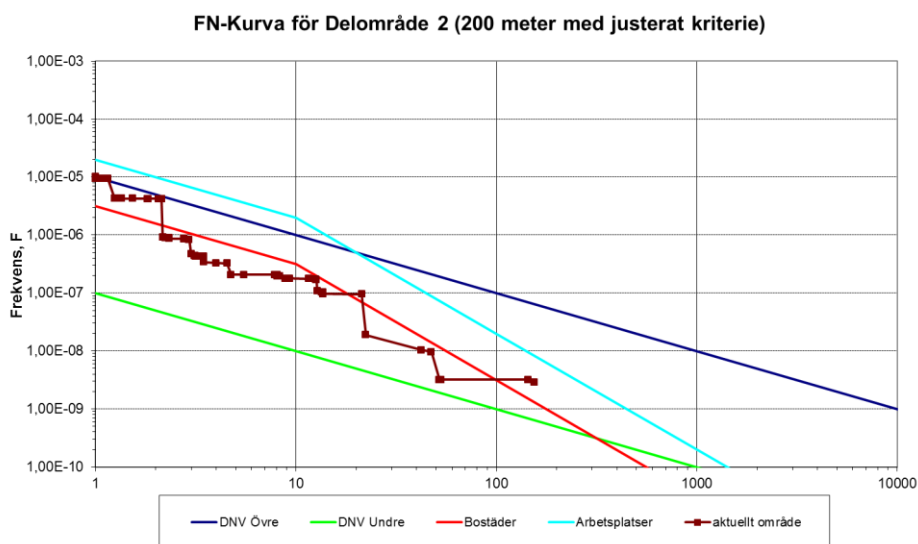
DNV's förslag (grön och blå linje i diagrammet) visar två nivåer, mellan dessa nivåer anses att skyddsåtgärder bör värderas. Kriterier enligt Göteborgs översiktsplan presenteras som röd linje (kriteriet för bostäder) och turkos linje (kriteriet för arbetsplatser). Ursprungligen gäller DNV's kriterier ett område på en kilometer medan Göteborgs kriterier baseras på ett typområde på 2 km (båda sidor av järnvägen). Kriterier, i figur 11-16, har därför justerats så att de gäller ett område på 200 meter, 500 meter respektive 700 meter, vilket motsvarar de delsträckor samt den totala sträckan som studeras i denna riskanalys. Det vill säga acceptanskriteriet för DNV har multiplicerats med 0,2, 0,5 respektive 0,7 och Göteborgskriterier har multiplicerats med 0,1 0,25 respektive 0,35. Sannolikheten för att en olycka skall inträffa anpassas också för att gälla 200 respektive 500 meter för olyckor med begränsat konsekvensområde och 400 respektive 1000 meter för giftig gas.

5.4 Samhällsrisk för aktuellt område, Case 1

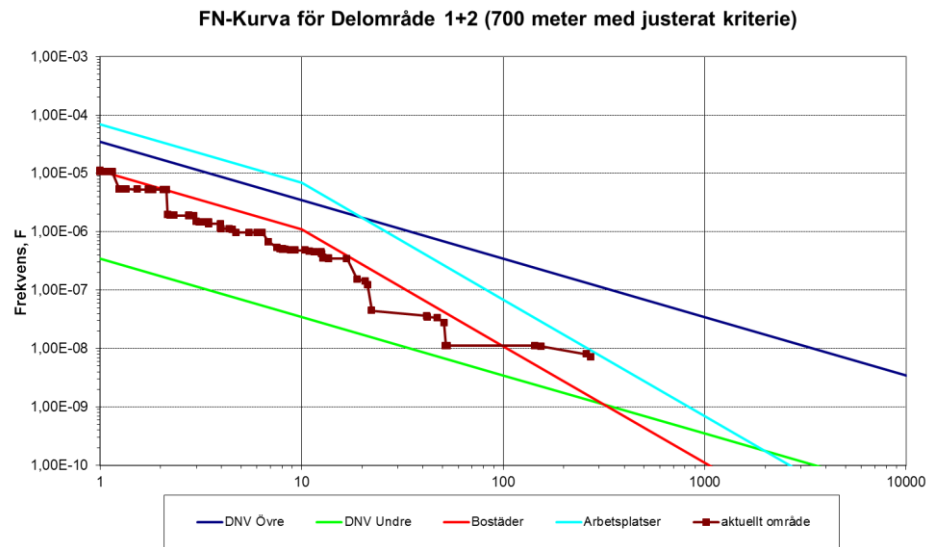
Samhällsrisk för respektive delområde presenteras i figur 11 och 12. Den samlade samhällsrisk för delområde 1 och 2 presenteras i figur 13.



Figur 11. Samhällsrisk för delområde 1 (linje med punkter) i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och blå linje) samt Göteborgs översiktsplan, case 1. Kriterier justerade för att gälla 500 meter.



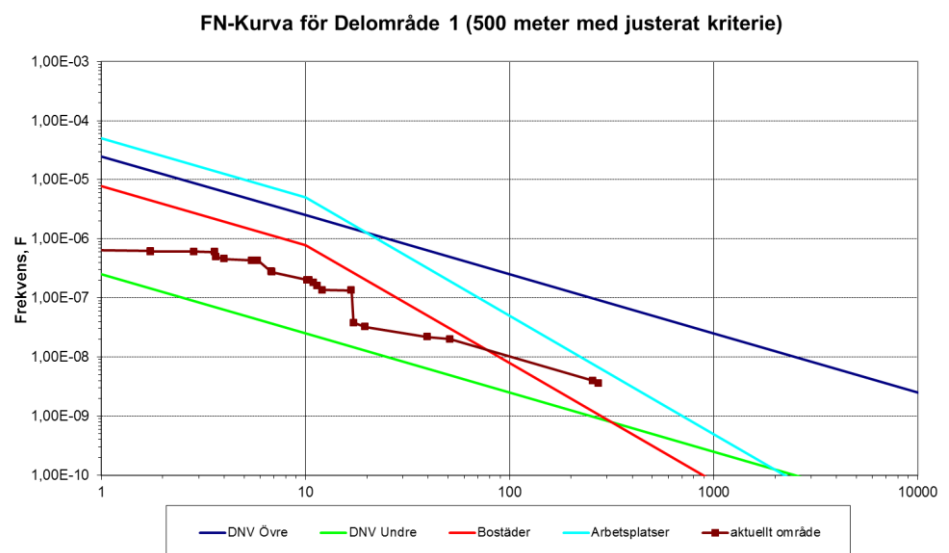
Figur 12. Samhällsrisk för delområde 2 (linje med punkter) i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och blå linje) samt Göteborgs översiktsplan, case 1. Kriterier justerade för att gälla 200 meter.



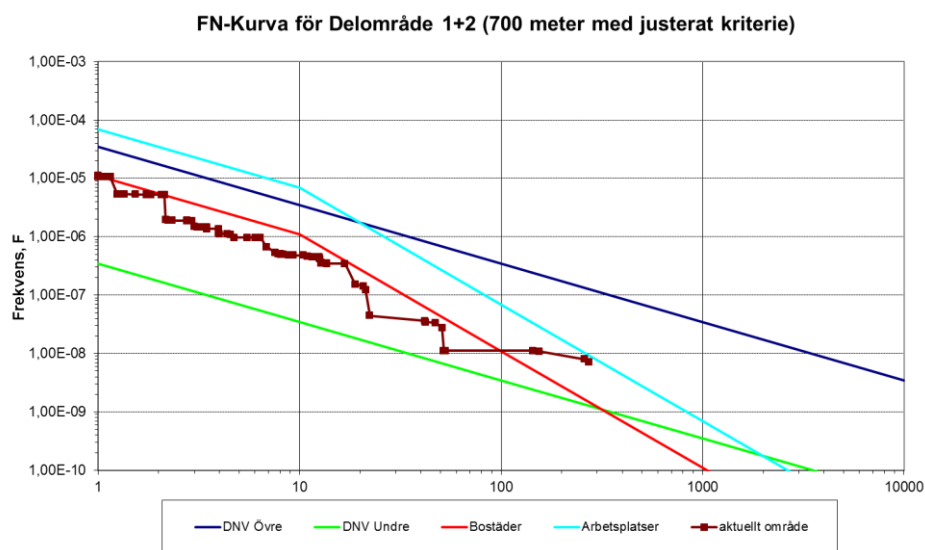
Figur 13. Samlad samhällsrisk för delområde 1 och 2 (linje med punkter) i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och blå linje) samt Göteborgs översiktsplan, case 1. Kriterier justerade för att gälla 700 meter.

5.5 Samhällsrisk för aktuellt område, Case 2

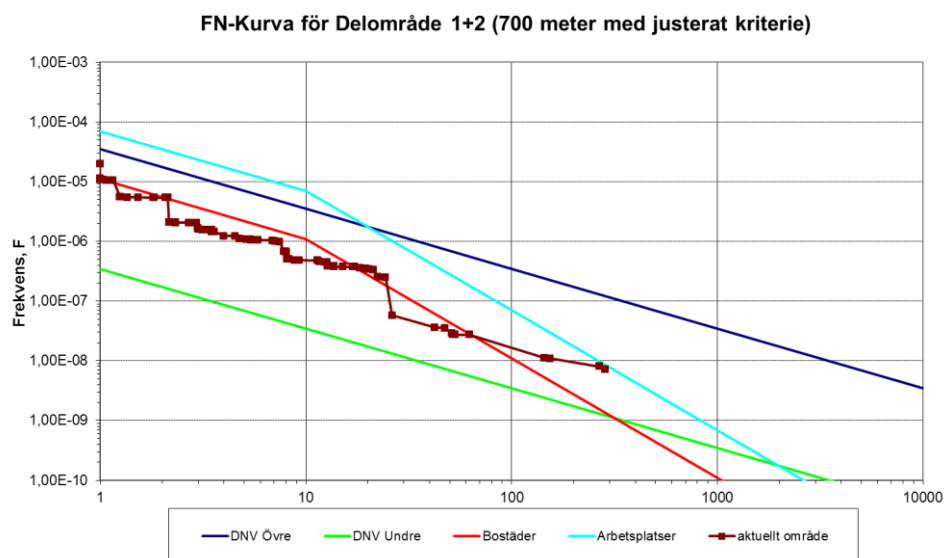
Samhällsrisk för respektive delområde presenteras i figur 14 och 15. Den samlade samhällsrisk för delområde 1 och 2 presenteras i figur 16.



Figur 14. Samhällsrisk för delområde 1 (linje med punkter) i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och blå linje) samt Göteborgs översiktsplan, case 2. Kriterier justerade för att gälla 500 meter.



Figur 15. Samhällsrisk för delområde 2 (linje med punkter) i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och blå linje) samt Göteborgs översiktsplan, case 2. Kriterier justerade för att gälla 200 meter.



Figur 16. Samlad samhällsrisk för delområde 1 och 2 (linje med punkter) i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och blå linje) samt Göteborgs översiktsplan, case 2. Kriterier justerade för att gälla 700 meter.

5.6 Diskussion kring resultat

5.6.1 Individrisk

För delområde 1 ligger den platsspecifika individrisken något högre än den övre acceptansgränsen inom avståndet 0 – 25 meter (räknat från tänkt olycksplats, dvs mitten av den närmsta spårgruppen) både inomhus och utomhus. För delområde 1 sammanfaller avståndet 25 meter i stort sett med den norra fasaden på depåbyggnaden. Personer bedöms inte komma att uppehålla sig norr om byggnaden annat än under mycket korta tidsrymder. Individrisken bedöms därmed som tolerabel. På avståndet 25 – 100 meter ligger individrisken på nivåer där skyddsåtgärder skall värderas och på längre avstånd bedöms individrisken som låg.

För delområde 2 ligger den platsspecifika individrisken utomhus något högre än den övre acceptansgränsen inom avståndet 0 – 25 meter, medan risknivån inomhus ligger på en nivå där skyddsåtgärder skall värderas. Den enda aktiviteten som bedöms kunna förekomma utomhus är här att ta sig till och från parkeringsplatser. Individrisken bedöms därmed som tolerabel.

Sammanfattningsvis gäller för både delområde 1 och 2 att individrisknivåerna ligger på en nivå där säkerhetshöjande åtgärder ska värderas. Rekommenderade åtgärder redovisas i kapitel 7.

5.6.2 Samhällsrisk

Samhällsrisker har beräknats för case 1 och för case 2. För vardera case har risknivåer beräknats för delområde 1, delområde 2 och för helheten. Beräkningarna jämförs mot kriterier som anpassats till 500, 200 respektive 700 meter vilket motsvarar dessa delsträckor och helheten.

Skillnaderna mellan case 1 och case 2 är små i förhållande till de kriterier som tillämpas. Anledningen till detta är att den ökade risken i case 2 på grund av att ett antal personer vistas utomhus istället för inomhus balanseras av att det är ett färre antal personer i case 2. Risknivåerna diskuteras därför gemensamt för case 1 och 2.

Samhällsrisken för delområde 1 respektive 2 hamnar under, eller för någon enstaka punkt nära, de kriterier för arbetsplatser som Göteborg tillämpar. Detta gäller även den samlade samhällsrisken för delområde 1 och 2.

Jämfört med DNV's kriterier hamnar samhällsrisken för området inom zonen där skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt.

Sammanfattningsvis gäller för både delområde 1 och 2 samt helheten att samhällsrisknivåerna ligger på en nivå där säkerhetshöjande åtgärder ska värderas. Rekommenderade åtgärder redovisas i kapitel 7.

5.6.3 Diskussion kring antal parkeringar

Ökat antal parkeringar på området medför en ökad personintensitet vilket i sin tur resulterar i en ökad samhällsrisk. För både case 1 och 2 har beräkning av samhällsrisk utgått från följande indata gällande parkeringar:

- Delområde 1 antas ha 800 parkeringsplatser utomhus på taket.
- Delområde 2 antas ha 25 parkeringsplatser utomhus med placering enligt figur 4.

Om antalet parkeringsplatser blir lägre än detta så kommer det att resultera i lägre samhällsrisk. Om antalet parkeringsplatser ökar, ökar även samhällsrisk. Detta kan innebära att samhällsrisk överskrider de kriterier de jämförs mot (DNV's och Göteborgs översiktsplan) och blir oacceptabel. Det är därför viktigt att notera att denna riskanalys är genomförd med avseende på de antal parkeringar som beskrivs ovan.

Eftersom samhällsrisk enligt beräkningarna inom vissa delar av FN-kurvan tangerar det övre kriteriet enligt DNV bedöms att antalet parkeringar inte bör ökas ytterligare utöver vad som antagits i denna studie. 800 parkeringsplatser på tak är dessutom det som bedömts som realistiskt även för case 2 där uppställningsplatser för spårvagnar inte byggs in.

5.7 Diskussion kring skadade personer

I analysen har beräkningar baserats på bedömt antal *omkomna* vid olika olycksscenario. Det finns två huvudanledningar till detta:

- De kriterier som används är baserade på antal omkomna
- Tillgängliga beräkningsverktyg för att beräkna individrisk, och samhällsrisk i form av FN-kurvor beräknar antal omkomna.

Fördelarna med detta ligger i tydlighet och möjlighet att jämföra med andra risker i samhället. Nackdelar är att:

- Samhället är utsatt för både dödsfalls- och skaderisker.
- Vid vissa olyckor, t.ex. utsläpp av toxisk gas, kan antalet dödsfall vara begränsat, medan antalet skadade människor kan vara stort och betydligt högre än t.ex. vid en brandolycka.

Det skulle därför i princip vara önskvärt att kriterier för värdering av risk tog hänsyn till både skade- och dödsfallsrisker. Några olika metoder för detta har prövats internationellt:

- Begreppet "motsvarande dödsfall" (användes bl.a. i Groningenkriteriet - ett tidigt Holländskt riskkriterium). Antalet skadade adderas där till antalet dödsfall genom bruk av viktfactorer, t.ex. 0,01 för lätt skadad och 0,1 för permanent skada.

- › Begreppet “farlig dos” som används i Storbritannien (HSE) istället för dödsfall i samband med kriterier för den fysiska planeringen. En “farlig dos” är definierad att orsaka följande effekter:
 - › Stora smärtor hos nästan alla personer.
 - › En stor del av de utsatta behöver läkarvård.
 - › Några personer är allvarligt skadade och behöver förlängd medicinsk vård.
 - › Några mycket känsliga personer kan omkomma.

Detta kräver dock att en “farlig dos” måste definieras för varje ämne.

- › Konsekvenskriterier som används i Australien (NSW kriterier). Dessa definierar skador i form av nivåer för värmestrålning, explosionsövertryck och exponering av toxisk gas. Den individuella skaderisken skall inte vara större än 10 till 50 gånger dödsfallsrisken, beroende på skadans allvarlighet.

Även om dessa metoder har den fördelen att de tar hänsyn till skadeeffekter så har de också vissa nackdelar:

- › Skada är ett begrepp som inte är lika klart definierat som dödsfall, eftersom skador kan vara olika allvarliga. Därmed måste skadefallskriterier definieras på ett mycket mer detaljerat sätt än dödsfallskriterier, vilka normalt förutsätter att “dödliga doser” finns definierade.
- › Riskanalyser och riskkriterier har utvecklats mot att beakta dödsfallsrisker och ett skadefallskriterium är därför svårt att jämföra med dessa.

Det bör också påpekas att även om det kan vara önskvärt att beakta skador på ett mer konkret sätt än vad som normalt görs i kvantitativa riskanalyser så finns det en koppling mellan antalet dödsfall och antalet skador, även om denna relation är olika för olika olyckstyper. Genom att kontrollera risk för dödsfall utövas därmed även, om än indirekt, kontroll över risk för skador.

För att *exemplifiera* förhållandet mellan omkomna och skadade ges nedan en kort sammanställning av några inträffade händelser och utredningar. *Man ska observera att händelserna/utredningarna är valda enbart för att ge exempel på förhållande mellan omkomna och skadade och inte för att de anses specifikt relevanta för den aktuella etableringen.*

Olycka med brandfarlig vara

Ett antal lastbilsolyckor med brandfarlig vara har inträffat både i Sverige och utomlands. Exempel på händelser i Sverige är Falkenberg 2005 och Kungälv 2012. Vid dessa händelser har lastbilsföraren omkommit medan övriga personer fått inga eller lindriga skador. Dessa händelser inträffade dock inte i tätbebyggt område. Förutsatt att brandspridning till omgivningen förhindras bedöms dock att antalet skadade personer kommer att vara lågt vid denna typ av händelser.

Olycka med brandfarlig gas

I Viareggio i Italien inträffade år 2009 en järnvägsolycka där en gasolvagn skadades och gas läckte ut. Gasen spreds bland småhusbebyggelse, antändes och orsakade en explosion med efterföljande brand. Omkring 1 000 personer i området kring stationen evakuerades eftersom det fanns risk att ytterligare tankar skulle rämna på grund av brandpåverkan. Händelsen resulterade i 32 omkomna och 26 skadade personer.

Olycka med giftig gas

I februari år 2005 spårade ett godståg med 780 ton klor i tolv vagnar ur i Ledsgård norr om Kungsbacka. Fyra av vagnarna skadades men något läckage uppstod ej.

I den utredning som FOI genomförde beräknades skadeutfall vid olika tänkbara scenarier (FOI, 2007). För det fall som betecknades som ”dimensionerande”, där en järnvägsvagns innehåll (ca 60 ton) antogs läcka ut under en timma bedömdes antalet omkomna, svårt skadade och lätt skadade till 1, 50 respektive 200.

6 Osäkerhets- och känslighetsdiskussion

Risikanalyser innefattar ett betydande mått av osäkerhet på grund av bland annat litet statistiskt underlag över olyckor, i viss mån antaganden om persontäthet samt variabel konsekvens på grund av till exempel olika vädersituationer vid olyckstillfället.

Resultatet av analysen bygger på ett antal ansatser beträffande trafikunderlag för farligt gods, olycksscenario, olycksfrekvenser, m.m. Utgångspunkten i gjorda antaganden och bedömningar har varit att dessa så långt som möjligt skall "spegla den verkliga situationen" eller, i vissa fall, vara medvetet konservativa. Med begreppet "konservativa" avses här att bedömningarna leder till att risknivån överskattas. Målet är att erhålla en balanserad samlad bedömning.

Exempel på områden som kan påverka resultatet är:

- › Farligt gods (mängd, ämnen)
- › Omgivning (verksamheter, markanvändning och befolkningsmängd)
- › Olycksstatistik
- › Konsekvenser (brand, explosion, giftig gas, väderlek, topografi)
- › Metod för beräkning av risk

Genom att genomföra olika simuleringar och variera valda parametrar och situationer kan man få en bild om vad som mest påverkar resultatet och hur robusta slutsatserna är.

Betydelsen av ett antal viktiga parametrar och de ansatser som är gjorda i analysen diskuteras i Bilaga D.

Den samlade bedömningen är att de redovisade resultaten avseende samhälls- och individrisk är realistiska och kan användas som en grund för bedömning av risknivån och som stöd för arbetet med lämpliga skydd och krav på området med avseende på farligt gods.

7 Skyddsåtgärder och slutsats

Syftet med riskanalysen är att undersöka om olycksriskerna avseende farligt gods är acceptabla för området med det förslag på exploatering som planeras.

I Länsstyrelsernas riktlinjer för riskhanteringsprocessen anges inga exakta avstånd för tillåten markanvändning i samband med transporter av farligt gods, utan zonen är glidande och beroende på platsspecifika egenskaper och förhållanden. Enligt Göteborgs översiktsplan medges bostäder 80 meter ifrån järnvägen och bebyggelsefritt området 0-30 meter ifrån järnvägen. Syftet med ett bebyggelsefritt område är:

- › Förhindra att ett avåkande fordon kommer i konflikt med byggnader. Detta för att undvika förvärrad situation genom skada på farligt godsbehållare och/eller byggnad.
- › Möjliggöra räddningsinsatser.
- › Begränsa antalet personer som påverkas av en eventuell olycka.

Avståndet utgör dessutom en reduktion av buller och möjliggör för eventuella kompletteringar av riskreducerande åtgärder vid förändrad risksituation.

Byggnadens fasad kommer att ligga 10 – 15 meter från närmsta spår på bangården. Detta är ett avstånd som generellt sett innebär viss risk för mekanisk påverkan i händelse av urspårning. Med hänsyn till att hastighet på bangården är låg bedöms det dock som osannolikt att en urspårad vagn ska påverka byggnaden.

Jämfört med kriterier från Det Norske Veritas (DNV) hamnar samhällsriskerna för delområde 1 och 2, samt den samlade samhällsriskerna för delområde 1 och 2, på nivåer där skyddsåtgärder skall vidtagas ifall det är kostnadsmässigt rimligt. Detta för både case 1 och 2. Jämfört med kriterier som används i Göteborg hamnar samhällsrisknivån för delområde 1 och 2, samt den samlade samhällsriskerna för delområde 1 och 2, under den gräns som anses acceptabel för arbetsplatser (se diskussion kring resultat i kapitel 5.6), detta för både case 1 och 2. Vid dessa beräkningar har inga specifika säkerhetshöjande åtgärder (t ex obrännbar fasad eller liknande) förutsatts.

Väljer en exploatör/kommun att göra avsteg från uppsatta kriterier skall en utredning/bedömning visa på att en acceptabel risknivå kan uppnås med exempelvis införda skyddsåtgärder.

De skyddsåtgärder som föreslås syftar till att:

- › Reducera/motverka möjliga olyckslaster i form av strålningseffekter, effekt av explosion samt effekt av giftig gas.
- › Begränsa antalet människor som kan bli utsatta för en viss olyckseffekt.
- › Säkerställa möjligheter till insats i händelse av olycka.

Utifrån beräkningar, kriterier, platsspecifika förhållanden och kvalitativa värderingar görs följande bedömningar gällande skyddsåtgärder för området:

- › Alla delar av byggnaderna inom 50 meter ifrån närmsta spår skall vara i obrännbart material.
- › Väggar inklusive eventuella dörrar och fönster inom 30 meter ifrån närmsta spår ska vara motsvarande klass EI 30. Eftersom det ur personrisksynpunkt bedömts som möjligt att anordna området för uppställningsplatser utomhus gäller detta krav inte för väggar till uppställningsplatser. Om området för uppställningsplatser byggs in bör man trots detta värdera att vägg som vetter mot bangården utförs motsvarande klass EI 30.
- › Dimensionering för att helt skydda byggnaden mot explosionslast bedöms ej erfordras. Däremot ska fortskridande ras förhindras för en dimensionerande trycklast motsvarande ett linjärt avtagande tryck på 20 kPa vid närmsta spår ner till 5 kPa på 35 meters avstånd från närmsta spår. Skador på väggar och andra delar accepteras vid en eventuell explosion. Byggnadselement som kan generera stora mängder splitter, t ex glaspartier, ska däremot undvikas i fasad mot bangården.
- › Även om det bedöms som osannolikt att en urspårning på bangården ska resultera i mekanisk skada på byggnaden bedöms det som rimligt att en fysisk barriär anordnas mellan bangårds- och depåområdet. Denna barriär ska förhindra att en urspårad vagn på bangården kommer in på depåområdet. Motsvarande skydd ska även finnas utmed hela depåområdet som förhindrar att något fordon från depåområdet kommer i konflikt med järnvägstrafiken.
- › För att förhindra att läckage vid en eventuell farligt godsolycka sprids in på spårvagnsdepåns område ska en barriär anordnas mellan bangårds- och depåområdet.
- › Från varje utrymme, inomhus och utomhus inklusive parkering, ska det vara möjligt att utrymma bort från bangården/järnvägen.
- › Antalet portar/utgångar mot bangård/järnväg bör begränsas så långt möjligt med hänsyn till verksamhetens krav. Tekniska anordningar och/eller rutiner bör utformas så att dessa hålls stängda i så stor utsträckning som möjligt.
- › Entréer och övriga huvudingångar ska inte veta mot bangården/järnvägen.

- › Område mot bangård/järnväg ska inte uppmuntra till stadigvarande vistelse. Detta innebär bland annat att eventuella uteplatser ej ska anordnas på sida som vetter mot järnvägen/bangården.
- › Antalet parkeringsplatser på tak bör begränsas till 800. Dessa bör anordnas så långt söderut som möjligt. Ett avstånd på 50 meter mellan parkeringsyta på tak och mitten av närmsta spårgrupp (dvs tänkt ”olyckscentrum”) har ansatts i analysen. För att upprätthålla detta bör parkeringsplatser på tak inte anordnas närmre byggnadens norra fasad än 25 meter.
- › Minsta avstånd mellan byggnader och närmsta spår ska inte utgöra hinder för eventuell framtida elektrifiering av spår.
- › Värdera lämplig placering för luftintag med avseende på giftig gas. Friskluftintag bör inte anordnas på fasad som vetter mot järnvägen/bangården.
- › I nuläget finns stora öppna ytor tillgängliga söder om bangården. Med planerad spårvagnsdepå och de skydd som diskuterats ovan, skapas barriärer i denna riktning. En olycka på bangården eller bansträckningarna kan resultera i behov av bärgningsinsatser. Om farligt gods är inblandat kan uppkomma behov av utrymning och insats från räddningstjänst med släckning, kylning, sanering. Planer och behov för sådana insatser ska överenskommas med räddningstjänst och berörda användare av bangården.

8 Referenser

Banverket (2006a) *Förstudie Ny hamnbana, Underlagsrapport Förutsättningar för utbyggnaden, fördjupad beskrivning*

Banverket (2006b) *Förstudie Ny hamnbana, Kvillebangården*

Banverket (2006c) *Förstudie Ny hamnbana, rapportnr: BRVT 2006:02-01*

Clancey V.J.(1972), Diagnostic Features of Explosion Damage, 6th int. Meeting of Forensic Sciences, Edinburgh, 1972

COWI (2011a), *Järnvägsutredning Hamnbanan Eriksbergsmotet-Pölsegården*

COWI (2011b), *Riskutredning för detaljplan - Lillhagsparken*

DNV (2010), *PHAST v6.6, 2010 DNV Software, Oslo*

FOA (1995), *Risker i Västernorrlands län, metodstudie med exempel för samhällsplaneringen* FOA-R-00153-4.5

FOA (1997), *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor -metoder för bedömning av risker* FOA rapport 97-00490-990-SE

FOI (2007), *FOI Tågurspårningen i Kungsbacka* FOI-R-2286-SE.

Fredén (2001), *Modell för skattning av sannolikhet för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen. Banverket, Miljösektionen. 2001:5.*

Green Cargo (2011), *Uppgifter från Green Cargo (ansvarig farligt gods), 2011*

GÖP (1999), *Översiktsplan för Göteborg Fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.*

GÖP (2009), *Översiktsplan för Göteborg. Riksintressen, Miljö- och riskfaktorer. Antagen 2009-02-26, Stadsbyggnadskontoret*

Göteborgs Spårvägar (2013), Uppgifter från Lennart Böök och Kent Lindahl.

Ineos (2011), *Muntliga uppgifter om Ineos planer avseende klorfabrik, samtal med Lars Josefsson*

Länsstyrelserna (2006), Riskhantering i detaljplaneprocessen - Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods. Länsstyrelserna: Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län, 2006

Nordic LNG (2011), Muntliga uppgifter Michael Pettersson (2011-10-05)

RIB (2012), *Bfk beräkningsmodell för kemikalieexponering* RIB (Integrerat beslutsstöd för skydd mot olyckor)

Räddningstjänsten (2011), *Risk- och olycksanalys Risktopografiska förutsättningar för Räddningstjänsten Storgöteborg*

SRV (2006), *Kartläggning av farligt godstransporter september 2006*, Räddningsverket

SRV (1997), *Värdering av risk p21-182/97*, MSB (tidigare Räddningsverket)

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg (2013), Uppgifter från Magnus Larsson

Stenungsund (2007), Säkerhetsstudie för Stenungsund- Järnvägstransporter 2004 och 2007

TNO (2005), Guideline for Quantitative Risk Assessment, part one Establishments and part two Transport. Purple book.

Trafikverket (2010), *Rapport Kville Bangård, kapacitets- och spårstudie*

Trafikverket (2012), *Anläggningsspecifika krav Järnväg Hamnbanan Göteborg bd 603 Etapp Kville och Eriksberg-Pölsebo-Skandiahamnen*, Diariennr: TRV 2012/38412

Trafikverket (2013a) Hamnbanan Göteborg, dubbelspår, hämtad: 2013-06-13, URL: <http://www.trafikverket.se/Privat/Projekt/Vastra-Gotaland/Goteborg-Hamnbanan/>

Trafikverket (2013b) Kville bangård, hämtad: 2013-06-19, URL: <http://www.trafikverket.se/Privat/Projekt/Vastra-Gotaland/Goteborg-Hamnbanan/Om-projektet/Kvillebangarden/>

Trafikverket (2013c), Uppgifter från Anders Nilsson.

Trafikverket (2013d), Bohusbanan, hämtad: 2013-07-04, URL: <http://www.trafikverket.se/Privat/Vagar-och-jarnvagar/Sveriges-jarnvagsnat/Bohusbanan/>

VTI (1994), *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier av farligt gods på väg och järnväg*. VTI rapport Nr 387:4

WUZ (2011), Strategi för bebyggelseplanering intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods. Helsingborg stad

Yellow book (1997). van den Bosch, C.J.H and Weterings, R.A.P.M (1997) Methods for the calculations of physical effects, Yellow Book CPR 14E part 1 and 2, 3rd edition, Committee for the Prevention of Disasters, the Netherlands

Bilaga A - Beräkning av sannolikhet för olycka

Bilaga A Beräkning av sannolikhet för olycka

I denna bilaga redovisas underlag för olyckor och olyckseffekter avseende farligt gods.

Frekvens för järnvägsolycka

Grundläggande olyckstyper inom järnvägstrafik som under drift, direkt eller indirekt, kan ge upphov till påverkan på 3:e person är:

- › Urspårning
- › Sammanstötning
- › Brand
- › Sabotage
- › Plankorsningsolyckor
- › samt kombinationer av dessa.

När det gäller risker för farligt gods är de viktigaste olyckstyperna urspårning och sammanstötning. Utsläpp av farligt gods kan uppkomma om behållare skadas i samband med urspårning eller sammanstötning. Utsläpp av farligt gods kan även uppkomma utan föregående olycka, t.ex. genom läckage i flänsar och ventiler. Denna typ av läckage är relativt vanligt förekommande men ger som regel ingen påverkan på omgivningen. Däremot kan insats från räddningstjänst, t.ex. tömning av läckande tank, erfordras. Läckaget upptäcks vanligtvis inte under transport utan i samband med uppställning av vagnar vid t.ex. rangering.

Exempel på orsaker till urspårning är rälsbrott, solkurva, spårlägesfel, fordonsfel, växelfel och lastförskjutning.

Dominerande orsaker till sammanstötningar är olika typer av mänskligt felhandlande hos exempelvis förare, tågledning eller bangårdspersonal, men även tekniska fel kan förekomma, t.ex. bromsfel.

Sammanstötningar mellan tåg på linjen är mycket sällsynt, däremot förekommer kollision med t.ex. arbetsfordon eller annat hinder. Sammanstötning under växling/rangering är däremot relativt frekvent förekommande. Dessa sker i låg hastighet med som regel inga eller små skador som följd.

Den första mer systematiska studien i Sverige av frekvenser för järnvägsolyckor som kan hota omgivningen gjordes av VTI (1994). Detta arbete utvecklades senare

i Fredén (2001). Därefter har det, i samband med olika större infrastrukturprojekt, genomförts ett antal studier av urspårnings och sammanstötningsfrekvenser för svensk järnvägstrafik. Skillnaderna i resultat mellan de olika studierna är som regel små.

Följande frekvenser används i denna studie:

Urspårning: $6,7 \cdot 10^{-7}$ per tåg km

Sammanstötning: $6 \cdot 10^{-8}$ per tåg km

Dessa värden är baserade på (VTI, 1994) och används även i Göteborgs översiktsplan (1999). Risk för urspårning ger det dominerande bidraget. Använt värde är något konservativt jämfört med Fredén (2001) som för ett normaltåg ger en urspårningsfrekvens av $5,2 \cdot 10^{-7}$ per tåg km (exklusive bl.a. solkurvor och växlar). Bedömningen är att det använda värdet är rimligt, men möjligen något konservativt.

Vidare antas i beräkningarna att ett normalgodståg består av 29 vagnar och att en urspårning påverkar 3,5 av dessa (d.v.s. en andel av 0,12) samt att en sammanstötning påverkar 5 vagnar (d.v.s. en andel av 0,17). Denna ansats är gemensam för VTI (1994) och Fredén (2001).

För riskberäkning används resonemang och värden enligt det som beskrivs i detta kapitel. Frekvensen justeras genom att multiplicera med 0,5 för delområde 1 respektive 0,2 för delområde 2. Detta görs för att ett skadeutfall bedöms påverka en begränsad sträcka. Undantag är för punktering av tank för giftig gas som multipliceras med 1 respektive 0,4 då området som kan påverkas av den händelsen är större.

Frekvens för bangårdsolycka

Beräkning för bangårdsolycka utgår från samma olycksscenarier som vid beräkning av järnvägsolycka. Vid beräkning för bangårdsolycka används följande frekvens:

Förväntat antal olyckor per rangerad vagn: $3 \cdot 10^{-5}$ (Fredén, 2001)

Vid riskberäkning för bangårdsolycka justeras risken med en faktor 0,1 för klass 1.1, 3 och 5 och 0,01 för klass 2 (tjockväggig tank), p.g.a. låg hastighet.

Frekvens för olycksscenarier

Nedan redovisas möjliga händelseförlopp efter att en järnväg- och bangårdsolycka med farligt gods inträffat. Sannolikheter och frekvenser för olika scenarier redovisas.

Vissa olyckshändelser som beskrivs, t.ex. explosioner kan antas påverka omgivningen likformigt oavsett riktning, medan andra händelser, t.ex. påverkan av giftig gas framförallt sker i vindriktningen och då påverkar en begränsad sektor av omgivningen. Vid beräkning av individrisk ska därför sannolikheten för exponering reduceras. I följande fall tillämpas en reducering av olycksfrekvensen:

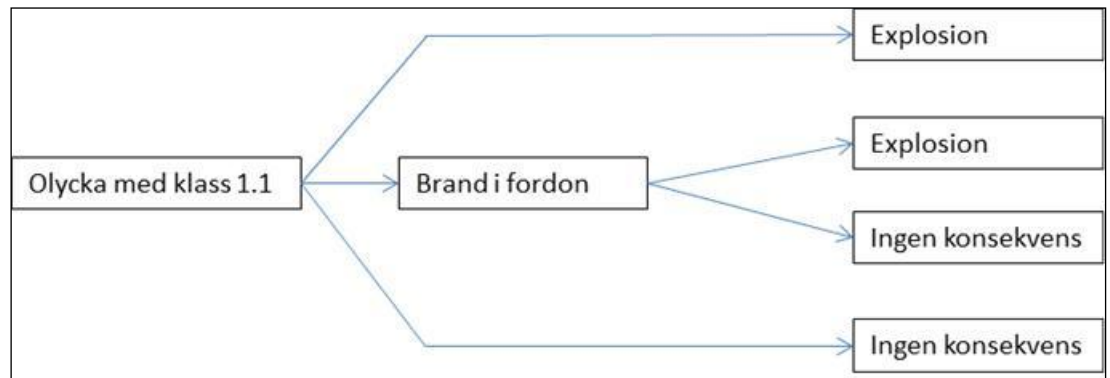
- Jetbrand: Reducering med en faktor 1/6 eftersom en begränsad sektor påverkas.

- › Gasmolnsbrand och giftigt gasmoln: Bedöms främst påverka omgivning i vindriktningen, en reducering med en faktor 1/3 tillämpas vilket bedöms vara rimligt för det aktuella området.

Vid beräkning av samhällsrisk reduceras konsekvensområdet i motsvarande omfattning.

A.1 Olycka med massexplösivt ämne – järnväg/bangård

Figur A.1 illustrerar händelseförloppet vid olycka med massexplösiva ämnen.



Figur A.1. Händelseförlopp vid olycka med massexplösiva ämnen.

Beräkning Järnväg:

Vid en olycka bedöms att 1 % av fallen leder till explosion av lasten.

Sannolikheten för olycka med massexplösivt ämne är beräknad i Göteborgs översiktsplan för farligt gods (1999) och innefattar både, kollision, urspårning och brand i vagn. Den totala sannolikheten för massexlosion är beräknad till $4.8 \cdot 10^{-8}$ för 2 km typbebyggelse. Sannolikheten beskrivs här för 1 km och kan därmed beskrivas enligt följande:

$$4.8 \cdot 10^{-8} / 2 \cdot N_{\text{klass1.1}}$$

Beräkning Bangård:

Förväntat antal olyckor per rangerad vagn skattas till $3 \cdot 10^{-5}$. (Fredén, 2001) Vid en olycka på trafikspår bedöms att 1 % av fallen leder till explosion av lasten. Vid beräkning för bangård reduceras risken att en olycka leder till explosion med en faktor 0,1.

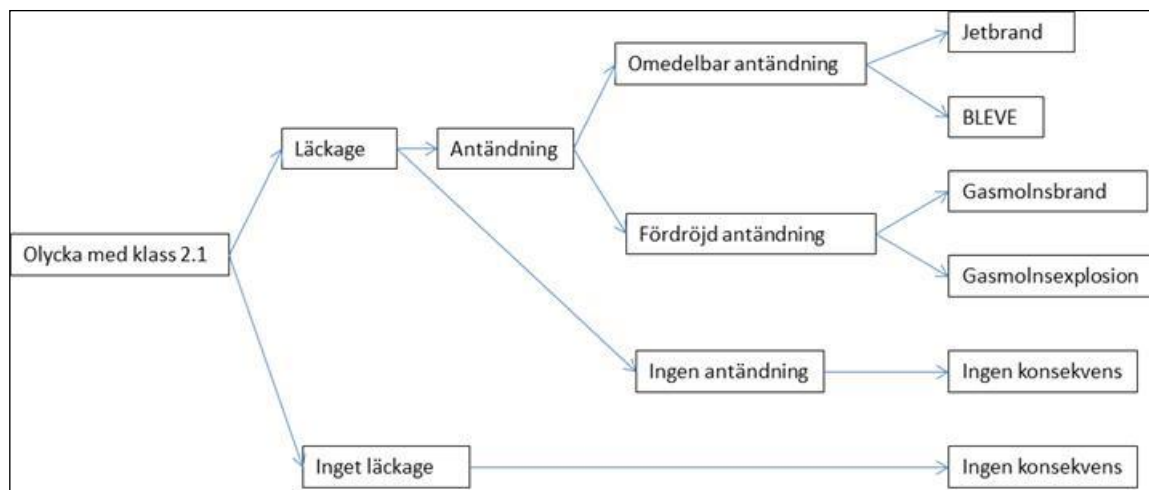
Sannolikheten beskrivs här för rangerad vagn och kan därmed beskrivas enligt följande:

$$5 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01 \cdot 0,1 \cdot N_{\text{klass1.1}}$$

Olycka per rangerad vagn * Explosion * reducering för låg hastighet * antal transporter med massexplösiva ämnen.

A.2 Olycka med brandfarlig gas (propan) – järnväg/bangård

Möjliga händelseförlopp vid en olycka med brandfarlig gas redovisas i figur A.2.



Figur A.2. Möjliga händelseförlopp vid olycka med brandfarlig gas

Ett läckage av brandfarlig gas kan resultera i följande scenario:

- › Ingen antändning.
- › Omedelbar antändning som ger upphov till jetbrand.
- › Om jetbranden tillåts värma upp tanken under längre tid, eller om tanken havererar/försvagas på grund av skador kan en BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) inträffa.
- › Vid en fördröjd antändning kan ett gasmoln bildas som vid antändning ger upphov till en gasmolnsbrand.
- › En antändning av ett gasmoln kan ge upphov till en gasmolnsexplosion.

Fördelning av dessa scenarier varierar ganska kraftigt mellan olika källor. I WUZ (2011) relateras till ett antal källor och följande sannolikheter används:

- › Ingen antändning: 30 %
- › Jetbrand: 19%
- › BLEVE: 1%
- › UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion eller gasmolnsexplosion): 50%

Dessa värden bedöms rimliga med tillägget att kategorin UVCE bör delas upp i två scenarier, enligt figur A.1. Ett scenario med gasmolnsbrand utan övertryck och ett med övertryck. En fördelning av 80/20 mellan dessa scenarier tillämpas baserat på TNO (2005).

Enbart ett startscenario med 50 mm hål (motsvarande armaturbrott) beaktas. Risk för tankhaveri beaktas genom att inledande hål antas kunna utvecklas till BLEVE.

Läckage av propan

Frekvens att en gastanksolycka med utsläpp och antändning ska inträffa är $1,3 \cdot 10^{-9}$ per vagn och år, på en sträcka av två km (GÖP, 1999). Läckagesannolikhet ingår då med 0,01 och antändningssannolikhet med 0,7. Detta innebär att frekvensen för att en gasolvagn utsätts för olycka är $= 0,93 \cdot 10^{-7}$ per vagn och år för en km.

Förväntat antal olyckor per rangerad vagn skattas till $3 \cdot 10^{-5}$. (Fredén, 2001) Vid beräkning för bangård reduceras risken att en olycka leder till respektive scenario med en faktor 0,01 p.g.a. låg hastighet (tjockväggig tank).

Följande frekvenser erhålls för möjliga scenarier:

Beräkning Järnväg:

Jetbrand

$$0,93 \cdot 10^{-7} \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass2.1}} \cdot 0,19$$

Olycka * Läckage * antal transporter med brandfarlig gas * andel jetbrand

Gasmolnsbrand

$$0,93 \cdot 10^{-7} \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,4$$

Olycka * Läckage * antal transporter med brandfarlig gas * andel gasmolnsbrand

Gasmolnsexplosion

$$0,93 \cdot 10^{-7} \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,1$$

Olycka * Läckage * antal transporter med brandfarlig gas * andel gasmolnsexplosion.

BLEVE

Då utfallet av en BLEVE ofta sker med en fördröjning görs här antagandet att i 50 % av fallen kommer området hinnas utrymmas innan en BLEVE inträffar.

$$0,93 \cdot 10^{-7} \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,01 \cdot 0,5$$

Olycka * Läckage * antal transporter med brandfarlig gas * andel BLEVE * fall då utrymning ej sker.

Beräkning Bangård:

Jetbrand

$$3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01 \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass2.1}} \cdot 0,19$$

Olycka * Läckage * reducering för låg hastighet * antal transporter med brandfarlig gas * andel jetbrand

Gasmolnsbrand

$$3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01 \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,4$$

Olycka * Läckage * reducering för låg hastighet * antal transporter med brandfarlig gas * andel gasmolnsbrand

Gasmolnsexplosion

$$3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01 \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,1$$

Olycka* Läckage*reducering för låg hastighet*antal transporter med brandfarlig gas*andel gasmolnsexplosion.

BLEVE

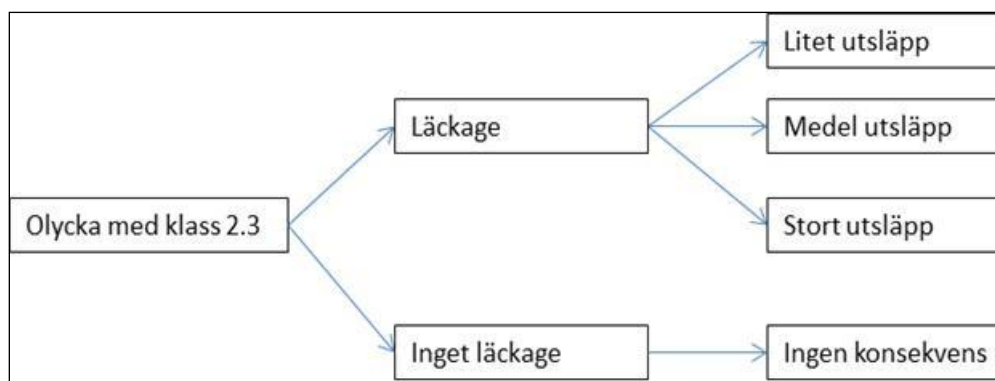
Då utfallet av en BLEVE ofta sker med en fördröjning görs här antagandet att i 50 % av fallen kommer området hinnas utrymmas innan en BLEVE inträffar.

$$3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01 \cdot 0,01 \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0,01 \cdot 0,5$$

Olycka*Läckage*reducering för låg hastighet*antal transporter med brandfarlig gas *andel BLEVE*fall då utrymning ej sker.

A.3 Olycka med giftig gas – järnväg/bangård

Figur A.3 illustrerar möjliga händelseförlopp vid olycka med giftig gas



Figur A.3. Händelseförlopp vid olycka med giftig gas.

Storleken på ett läckage kan variera, följande indelning görs för läckage:

- › Litet utsläpp (packningsläckage)
- › Medelstort utsläpp (rörbrott)
- › Stort utsläpp (stort hål på tank/punktering av tank)

I denna analys antas att medelstort och stort utsläpp kan leda till scenarion där människor omkommer varför de finns med i beräkningar. Fördelningen mellan medelstort och stort utsläpp är satt till 50/50 vilket resulterar i liknande storleksordning som finns angivet i TNO för liknande händelser. I denna analys bortser vi från packningsläckage.

Beräkning Järnväg:

Sannolikheten för att en olycka med kondenserad giftig gas ska inträffa och utflöde sker är $1,8 \cdot 10^{-9}$ per vagn och år och på en sträcka av två km (GÖP, 1999).

Antalet vagnar med giftig gas fås från tabell i huvudrapport och sannolikheten kan beskrivas enligt följande:

$$1,8 \cdot 10^{-9} / 2 \cdot N_{\text{giftig gas}} \cdot 0,5$$

Olycka per 1 km * antal transporter med giftig gas * andel scenario (medel/stort)

Beräkning Bangård:

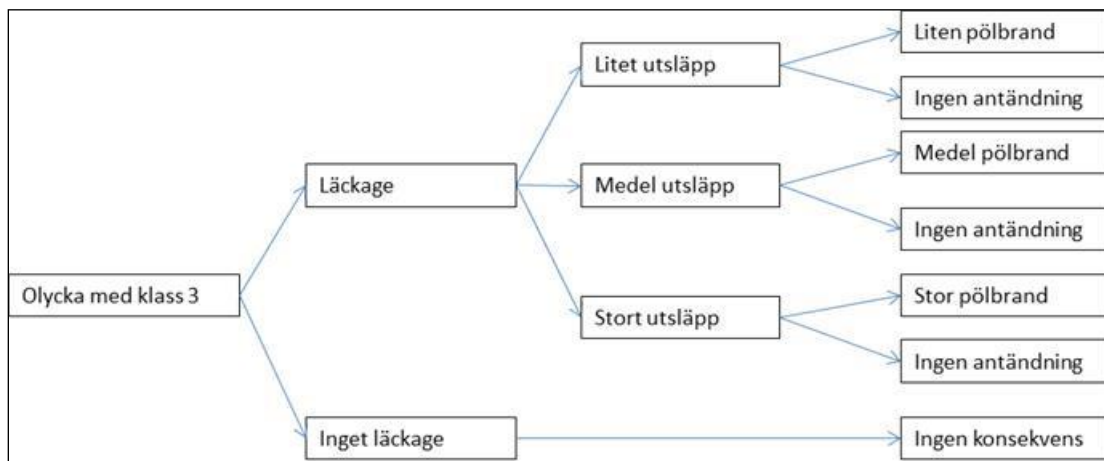
Förväntat antal olyckor per rangerad vagn skattas till $3 \cdot 10^{-5}$. (Fredén, 2001) Vid beräkning för bangård reduceras risken att en olycka leder till respektive scenario med en faktor 0,01 p.g.a. låg hastighet (tjockväggig tank). Sannolikheten kan beskrivas enligt följande:

$$3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01 \cdot 0,01 \cdot N_{\text{giftig gas}} \cdot 0,5$$

Olycka per rangerad vagn * Läckage * reducering för låg hastighet * antal transporter med giftig gas * andel scenario (medel/stort)

A.4 Olycka med brandfarlig vätska bensin-järnväg/bangård

Händelseförloppet för en olycka med brandfarlig vara illustreras av figur A.4.



Figur A.4. Händelseutveckling efter utsläpp av brandfarlig vätska.

Ett utsläpp som inte antänds har främst en påverkan på miljön, skadliga konsekvenser för människor uppstår om vätskan antänds och bildar en pölbrand (brinnande vätska på marken). Hur stor pölbranden blir beror på storleken på utsläppet och pölens utbredning. Följande pölbrandsscenario kan sättas upp:

- > Medel utsläpp
- > Stort utsläpp
- > Liten pölbrand bedöms inte ha någon betydande omgivningspåverkan.

Antagandet görs att enbart brandfarlig vara klass 1 t.ex. bensin kan medföra personskada och utgöra risk för området. Enligt petroleuminstitutet är andelen bensin ca 40 % av totala petroleumprodukterna varför mängden klass 1 produkter antas utgöra 40 % av den totala mängden transporterad brandfarlig vara.

Beräkning Järnväg:

Sannolikheten för olycka med brandfarlig vätska baseras på Fredén (2001). Beräkningar utgår från scenarier enligt ovan samt antaganden baserade på uppgifter från TNO (2005). Sannolikheten för respektive dimensionerande scenario beskrivs enligt följande:

(sannolikheten för urspårning * sannolikhet för att urspårad vagn är lastad med brandfarlig vätska + sannolikhet för kollision * sannolikhet för att vagn i kollision är lastad med brandfarlig vätska) * sannolikhet för läckage * sannolikhet för antändning * antal vagnar.

Sannolikhet för mellan och stor läckage är satt till 0,2 och 0,1 och antändning till 0,05. Värdet för antändning är hälften av värdet som används för väg.

Mellan läckage: $(6 \cdot 10^{-8} \cdot 0,17 + 6,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,12) \cdot 0,2 \cdot 0,05 \cdot N_{\text{klass3}}$

Stort läckage: $(6 \cdot 10^{-8} \cdot 0,17 + 6,7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,12) \cdot 0,1 \cdot 0,05 \cdot N_{\text{klass3}}$

Beräkning Bangård:

Förväntat antal olyckor per rangerad vagn skattas till $3 \cdot 10^{-5}$. (Fredén, 2001). Vid beräkning för bangård reduceras risken att en olycka leder till respektive scenario med en faktor 0,1 p.g.a. låg hastighet. Beräkningar utgår från scenarier enligt ovan samt antaganden baserade på uppgifter från TNO (2005). Sannolikhet för mellan och stor läckage är satt till 0,2 och 0,1 och antändning till 0,05. Värdet för antändning är hälften av värdet som används för väg. Sannolikheten för respektive dimensionerande scenario beskrivs enligt följande:

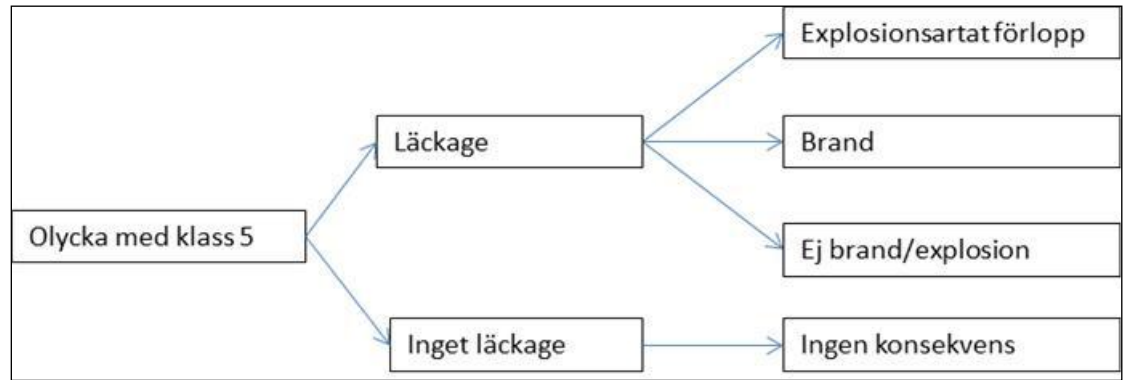
Mellan läckage: $3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,2 \cdot 0,05 \cdot 0,1 \cdot N_{\text{klass3}}$

Stort läckage: $3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,1 \cdot 0,05 \cdot 0,1 \cdot N_{\text{klass3}}$

Olycka per rangerad vagn * Läckage * sannolikhet för antändning * reducering för låg hastighet * antal vagnar.

A.5 Olycka med oxiderande ämne – järnväg/bangård

Oxiderande ämne kan tillsammans med organiska ämnen bli explosivt. Figur A.5 illustrerar händelseförloppet vid olycka med oxiderande ämnen. Utöver explosion kan även en brand inträffa men konsekvensen för ett sådant händelseförlopp bedöms vara relativt begränsad och ingår inte i de beräkningar som genomförs.



Figur A.5. Händelseförlopp vid olycka med oxiderande ämnen.

Beräkning Järnväg:

Sannolikheten för att en olycka med oxiderande ämnen ska inträffa och explosion sker är $2.0 \cdot 10^{-11}$ per vagn och år och på en sträcka av två km (GÖP, 1999). I denna analys beskrivs sannolikheten för en sträcka av 1 km och kan därmed beskrivas enligt följande:

$$2 \cdot 10^{-11} / 2 * N_{\text{klass5.1}}$$

Beräkning Bangård:

Förväntat antal olyckor per rangerad vagn skattas till $5 \cdot 10^{-5}$. (Fredén, 2001) Vid en olycka bedöms att 0,01% av fallen leder till explosion av lasten. Vid beräkning för bangård reduceras risken att en olycka leder till explosion med en faktor 0,1. Vid beräkning för bangård reduceras risken att en olycka leder till respektive scenario med en faktor 0,1 p.g.a. låg hastighet. I denna analys beskrivs sannolikheten per rangerad vagn och kan därmed beskrivas enligt följande:

$$3 \cdot 10^{-5} * 10^{-4} * 0,1 * N_{\text{klass5.1}}$$

Olycka per rangerad vagn * Explosion * reducering för låg hastighet * antal transporter med oxiderande ämnen

Resultat av beräkningar

Tabell A.1. Beräknad sannolikhet för respektive händelse med farligt gods på Kvilebangården för delområde 1.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 –masseexplosion (stor)	$2,9 \cdot 10^{-8}$
Olycka med klass 2.1- Jetbrand	$7,3 \cdot 10^{-7}$
Olycka med klass 2.1- Gasbrand	$1,5 \cdot 10^{-6}$
Olycka med klass 2.1- Gasmolnsexplosion	$3,8 \cdot 10^{-7}$
Olycka med klass 2.1- BLEVE	$1,9 \cdot 10^{-8}$
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (rörbrott)	$1,3 \cdot 10^{-7}$
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (punktering)	$1,3 \cdot 10^{-7}$
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (medel utsläpp)	$4,4 \cdot 10^{-5}$
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (stort utsläpp)	$2,2 \cdot 10^{-5}$
Olycka med klass 5 -explosion	$4,8 \cdot 10^{-8}$

Tabell A.2. Beräknad sannolikhet för respektive händelse med farligt gods på Hamnbanan för delområde 1.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 –masseexplosion (stor)	$2,1 \cdot 10^{-7}$
Olycka med klass 2.1- Jetbrand	-
Olycka med klass 2.1- Gasbrand	-
Olycka med klass 2.1- Gasmolnsexplosion	-
Olycka med klass 2.1- BLEVE	-
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (rörbrott)	$3,5 \cdot 10^{-7}$
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (punktering)	$3,5 \cdot 10^{-7}$
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (medel utsläpp)	-
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (stort utsläpp)	-
Olycka med klass 5 -explosion	$1,5 \cdot 10^{-8}$

Tabell A.3. Beräknad sannolikhet för respektive händelse med farligt gods på Kvillebangården för delområde 2.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 –massexplosion (stor)	$1,2 \cdot 10^{-8}$
Olycka med klass 2.1- Jetbrand	$3,0 \cdot 10^{-7}$
Olycka med klass 2.1- Gasbrand	$6,1 \cdot 10^{-7}$
Olycka med klass 2.1- Gasmolnsexplosion	$1,5 \cdot 10^{-7}$
Olycka med klass 2.1- BLEVE	$7,7 \cdot 10^{-9}$
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (rörbrott)	$5,1 \cdot 10^{-8}$
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (punktering)	$5,1 \cdot 10^{-8}$
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (medel utsläpp)	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (stort utsläpp)	$8,8 \cdot 10^{-6}$
Olycka med klass 5 -explosion	$1,9 \cdot 10^{-8}$

Tabell A.4. Beräknad sannolikhet för respektive händelse med farligt gods på Hamnbanan för delområde 2.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 –massexplosion (stor)	$8,3 \cdot 10^{-8}$
Olycka med klass 2.1- Jetbrand	-
Olycka med klass 2.1- Gasbrand	-
Olycka med klass 2.1- Gasmolnsexplosion	-
Olycka med klass 2.1- BLEVE	-
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (rörbrott)	$1,4 \cdot 10^{-7}$
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (punktering)	$1,4 \cdot 10^{-7}$
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (medel utsläpp)	-
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (stort utsläpp)	-
Olycka med klass 5 -explosion	$5,8 \cdot 10^{-9}$

Tabell A.5. Beräknad sannolikhet för respektive händelse med farligt gods på Bohusbanan för delområde 2.

Händelse	Sannolikhet (per år)
Olycka med klass 1.1 –massexplosion (stor)	-
Olycka med klass 2.1- Jetbrand	$1,4 \cdot 10^{-7}$
Olycka med klass 2.1- Gasbrand	$2,9 \cdot 10^{-7}$
Olycka med klass 2.1- Gasmolnsexplosion	$7,3 \cdot 10^{-8}$
Olycka med klass 2.1- BLEVE	$3,7 \cdot 10^{-9}$
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (rörbrott)	$2,4 \cdot 10^{-8}$
Olycka med klass 2.3- utsläpp av giftig gas (punktering)	$2,4 \cdot 10^{-8}$
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (medel utsläpp)	-
Olycka med klass 3.1 -brandfarlig vätska (stort utsläpp)	-
Olycka med klass 5 -explosion	-

Bilaga B - Bedömning av konsekvenser

Bilaga B Bedömning av konsekvenser

I detta kapitel redovisas först en övergripande tabell över möjliga konsekvenser i händelse av en olycka med farligt gods och därefter sammanställs en tabell med resultat från konsekvensberäkningar/simuleringar. Under respektive delkapitel beskrivs bakgrund för bedömning av konsekvenser/olyckseffekter för respektive ämnesklass.

I tabell B.1 nedan redovisas respektive farligt godsklass och möjliga konsekvenser i händelse av olycka. Konsekvenser har här beskrivits ur 3:e persons synpunkt.

Tabell B.1 Relevanta typer av farligt gods och möjliga olyckskonsekvenser.

RID- Klass	Möjliga konsekvenser i händelse av olycka	Kommentarer
1 Explosiva ämnen	Övertryck som kan skada/rasera byggnader, ge upphov till splitter och skada på människor	Massexplosiva ämnen kan ge effekter på flera tiotals- upp till något hundratal meter beroende på tillgänglig mängd.
2 Brännbar gas	Jetflamma – värmestrålning Brännbart gasmoln – gasmolnsbrand Gasmolnsexplosion BLEVE	Direkta effekter oftast begränsade till närområdet ¹ . Små effekter utanför gasmolnet, mkt allvarliga konsekvenser för personer som omfattas av molnet. Oftast begränsade övertryck vid fritt gasmoln. Personskador kan uppkomma genom splitter och raserade byggnader. Värmestrålning kan ge effekter inom några hundratal meter, ”missiler” kan ge effekter på

¹ ”Närområde” är inte ett entydigt definierat begrepp men avser i detta sammanhang några tiotal meter (t.ex. i samband med pölbrand) eller direkt exponering (t.ex. i samband med utsläpp av frätande ämnen).

RID- Klass	Möjliga konsekvenser i händelse av olycka	Kommentarer
		längre avstånd.
2 Giftig gas	Gasmoln – toxiska effekter	Kan ge effekter över mycket stora områden beroende på ämne, tillgänglig mängd, utflöde, atmosfäriska förhållanden och topografi.
3 Brandfarliga vätskor	Pölbrand – värmestrålning	Risk för brännskador oftast begränsade till närområdet. Allvarligare konsekvenser kan uppstå beroende på lutning, risk för brandspridning, mm
4 Brandfarliga fasta ämnen, mm	Brand – värmestrålning	Risk för brännskador oftast begränsade till närområdet.
5 Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Brand – värmestrålning Explosion i händelse av blandning med andra brännbara ämnen	Risk för brännskador, oftast begränsade till närområdet. I händelse av explosion kan effekter jämförbara med klass 1 uppstå.
6 Giftiga ämnen, mm	Toxiska effekter	Risker begränsade till närområdet
7 Radioaktiva ämnen	Strålskada	Ger normalt ej upphov till akuta effekter, däremot kan kroniska effekter uppstå.
8 Frätande ämnen	Frätskada	Risker begränsade till närområdet
9 Övrigt	-	Risker begränsade till närområdet

Området kring led med farligt gods har delats in i intervall för att beskriva konsekvensen av en olycka på olika avstånd från en olycksplats. Konsekvensbedömningen baseras på Göteborgs översiktsplan (1999), VTI rapport 387:4 (1994), konsekvensberäkningar genomförda i Effekt Plus och PHAST (DNV, 2010) samt simuleringar i programmet Bfk (RIB, 2012).

Resultat från konsekvensberäkningar/simuleringar är sammanställt i tabell B.2 och visar hur stor andel av de personer som befinner sig utomhus respektive inomhus som bedöms omkomma till följd av en viss händelse.

För varje avståndintervall ges två uppgifter på andel omkomna:

Andel omkomna utomhus. Baseras på oskyddade personer samt att topografin för olycksplats och omgivning är plan. Denna uppgift är mycket konservativ och anger en teoretiskt högsta andel omkomna.

Andel omkomna inomhus. Baseras på de personer som befinner sig inomhus och därmed delvis är skyddade. Denna siffra varierar beroende på byggnad och placering

Tabell B.2. Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus inom olika avståndsintervall från en eventuell olycka på järnväg. Värden i denna tabell är grundvärden från beräkningar vilket är de som används om inget annat anges.

Ämnesklass	Olycksscenario	0-25 m	26-50 m	51-100 m	101-150 m	151-200 m
Klass 1.1 Massexplosivt	Liten explosion (200 kg)	1/0,15	0/0,05	0/0,01	0/0	0/0
	Stor explosion (6 ton)	1/0,3	1/0,3	0,5/0,15	0/0	0/0
Klass 2.1 Kondenserad Brandfarlig gas	Jetbrand	1/1	0,2/0,1	0/0	0/0	0/0
	Gasbrand	1/1	0,75/0,4	0,5/0,3	0/0	0/0
	Gasmolnsexplosion	1/1	0,5/0,5	0,1/0,1	0/0	0/0
	BLEVE	1/1	1/1	1/1	1/0,5	0,5/0
Klass 2.3 Kondenserad giftig gas	Rörbrott	1/0,95 (0,5)	0,9/0,5 (0,25)	0,5/0,1 (0,05)	0,01/0	0/0
	Punktering	1/1 (0,5)	1/1 (0,5)	1/0,5 (0,25)	0,6/0	0,2/0
Klass 3 Brandfarlig vätska	Liten pölbrand	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
	Medelstor pölbrand (50 m ²)	0,5/0,1	0/0	0/0	0/0	0/0
	Stor pölbrand (200 m ²)	0,8/0,8	0,2/0,1	0/0	0/0	0/0
Klass 5 Oxiderande ämne	Explosion	1/0,15	1/0,05	0/0,01	0/0	0/0

Värden inom parentes () på kondenserad giftig gas redovisar andel som används i beräkningar om ventilation placeras på tak. Nya beräkningar för resultat efter införda skyddsåtgärder genomförs ej då samhällskurvan ligger inom acceptabel nivå.

Andel omkomna är behäftat med osäkerhet på grund av att det inte med säkerhet går att förutsäga det exakta händelseförloppet, till exempel kan vädersituationen

vara mer eller mindre gynnsam, förutsättningarna för om människor kan sätta sig i säkerhet kan variera och så vidare.

B.1 Konsekvenser för massexplösivt ämne (klass 1.1)

Bedömning av konsekvenser/Olyckseffekter

Nedan följer material i form av gränsvärden, beräkningar och antaganden som används vid bedömningar för antal skadade och omkomna.

Gränsen för dödliga skador går vid 180 kPa. I tabell B.3 sammanställs rimliga tryck för vad byggnader klarar av. Tabell B.4 redogör för olika trycks påverkan på människokroppen.

Tabell B.3. *Maximala infallande tryck för material och byggnader*

Material för byggnaden	Maximalt tryck
Träbyggnader och plåthallar	10 kPa
Tegel- och äldre betonghus	20 kPa
Nyare betonghus	40 kPa

Gränsvärde för att glasfönster spricker och i sin tur kan orsaka personskada går vid ca 0,03 bar (ca 3 kPa) och från samma källa (Clancey, 1997) anges 0,02 bar (ca 2 kPa) som ett gränsvärde för att material inte ska flyga iväg.

Tabell B.4. *Skador på människan vid olika infallande tryck*

Skadenivå på människan	Tryck
Dödlig skada	≥ 180 kPa
Lungskador	180-69 kPa
Trumhinneruptur (skador på trumhinnor)	69-21 kPa

Beräkningsmetodik

Trycklaster har beräknats för händelsen att en explosion inträffar, antingen direkt eller efter en antändning i samband med en olycka. Konsekvensberäkningar har utförts i beräkningsprogrammet Effects PLUS version 5.5 (Yellow Book, 1997). För att kunna utföra explosionsberäkningar i programmet har massan av TNT räknats om till ekvivalent massa brännbar metangas i ett tänkt gasmoln.

Metoden för omräkning mellan massa av brännbar gas och massa av TNT är välkänd och kallas TNT-ekvivalent metoden (TNT-Equivalency Method) (FOA, 1997).

Högsta explosionsstyrka 10 (detonation) har antagits och beräkningsmetoden följer The Multi Energy Method (FOA, 1997).

Lasterna från explosionen har beräknats som infallande tryck mot människor, byggnader och annan utrustning för olika avstånd från explosionscentrum.

Resultaten från beräkningar beskriver tryck på olika avstånd ifrån en explosionskälla. Dessa tryck har översatts till andel omkomna.

Konsekvenser för massexplösivt ämne

Andelen omkomna beror på flera parametrar. Exempelvis spelar avståndet från explosionscentrum roll samt eventuella objekt mellan explosionen och individer. Första radens hus skyddar exempelvis bakomliggande hus eller personer som vistas utomhus. Denna analys baserar sig på andelen omkomna.

För varje avståndsintervall ges två uppgifter på andel omkomna:

- Andel omkomna utomhus. Andelen omkomna utomhus baseras på oskyddade människor som omkommer av det dödliga trycket större eller lika med 180 kPa.

Vid lägre tryck än 180 kPa antas att personer som vistas utomhus kommer att överleva. Skador kan dock förekomma som ett resultat av exempelvis flygande material eller höga tryck. Vid exempelvis 69 kPa förväntas lungskador.

- Andel omkomna inomhus. Baseras på de personer som befinner sig inomhus vid en explosion. Orsak till dödsfall beror på att byggnader rasar. Andelen omkomna beror på tryckets storlek samt avståndet från explosionen. Nedan sammanfattas vilka antaganden som gjorts för bedömning av omkomna inomhus.

För bedömningar angående omkomna inomhus används i viss mån värden som förekommer i Göteborgs översiktsplan. Vid tryck större än 180 kPa, (total destruktion av byggnader) antas att 30 % omkommer inomhus på avståndet 0-49 meter ifrån explosionskällan. På avståndet 50 meter antas 15 % omkomma inomhus (första radens hus). På avståndet större än 100 meter antas 5 % omkomma vid första radens hus om trycket är så högt att det resulterar i total destruktion av byggnaden.

För tryck mellan 180- 69 kPa antas 5 % omkomma inomhus. På tryck mellan 69-21 kPa antas 1 % omkomma.

Tabell B.5. Visar antagna andelar omkomna inomhus på olika avstånd vid olycka

Tryck/Avstånd	Andelen omkomna inomhus på olika avstånd		
	0-49 meter	50-99 meter	>100 meter
$P_s \geq 180 \text{ kPa}$	0,3	0,15	0,05
$180 \text{ kPa} > P_s \geq 69 \text{ kPa}$	0,05	0,05	0,05
$69 \text{ kPa} > P_s \geq 21 \text{ kPa}$	0,01	0,01	0,01
$21 \text{ kPa} > P_s \geq 9 \text{ kPa}$	Ingen antas omkomma.		

Utifrån ovan beräkningar och antaganden har andelen omkomna inomhus och utomhus beroende på transportstorlekar sammanställs vilket redovisas i tabell B.6 och B.7.

Tabell B.6. Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus på olika avståndsintervaller från en eventuell olycka med stora mängder transporterad vara

Stora Transporter	2 ton		6 ton		16 ton	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25 m	1	0,3	1	0,3	1	0,3
25-50m	1	0,15	1	0,3	1	0,3
50-75 m	0	0,15	1	0,15	1	0,15
75-100 m	0	0,01	0	0,15	1	0,15
100-250 m	0	0,01	0	0,01	0	0,05

Tabell B.7. Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus på olika avståndsintervaller från en eventuell olycka med små mängder transporterad vara.

Små Transporter	25 kg		200 kg		1000 kg	
Andelen omkomna	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25 m	0	0,05	1	0,15	1	0,3
25-50m	0	0,01	0	0,05	1	0,15
50-75 m	0	0	0	0,01	0	0,05
75-100 m	0	0	0	0	0	0,01
100-250 m	0	0	0	0	0	0

Andel omkomna är behäftad med osäkerhet på grund av att det inte med säkerhet går att förutsäga det exakta händelseförloppet.

För jämförelse till beräkningar finns de tabeller som Göteborgs översiktsplan utgår ifrån. Tabell B.8 visar andel omkomna på olika avstånd vid olycka på väg med massexplosivt ämne för personer utomhus eller inomhus baseras på Göteborgs översiktsplan (1999).

Tabell B.8. Andel omkomna vid olycka med massexplosivt ämne på väg (15 ton).

Personers vistelseplats vid olycka	Andel omkomna 0-50 meter från väg	Andel omkomna 50-100 meter från väg
Utomhus	100 %	100 %
Första radens hus	15 %	5 %
Andra radens hus	5 %	--

B.2 Konsekvenser för utsläpp av brandfarlig gas vid olycka

I följande figurer redovisas andel oskyddade människor omkomna för utsläpp av brandfarlig kondenserad gas vid en olycka. Följande scenario med antändning av brandfarlig gas analyseras:

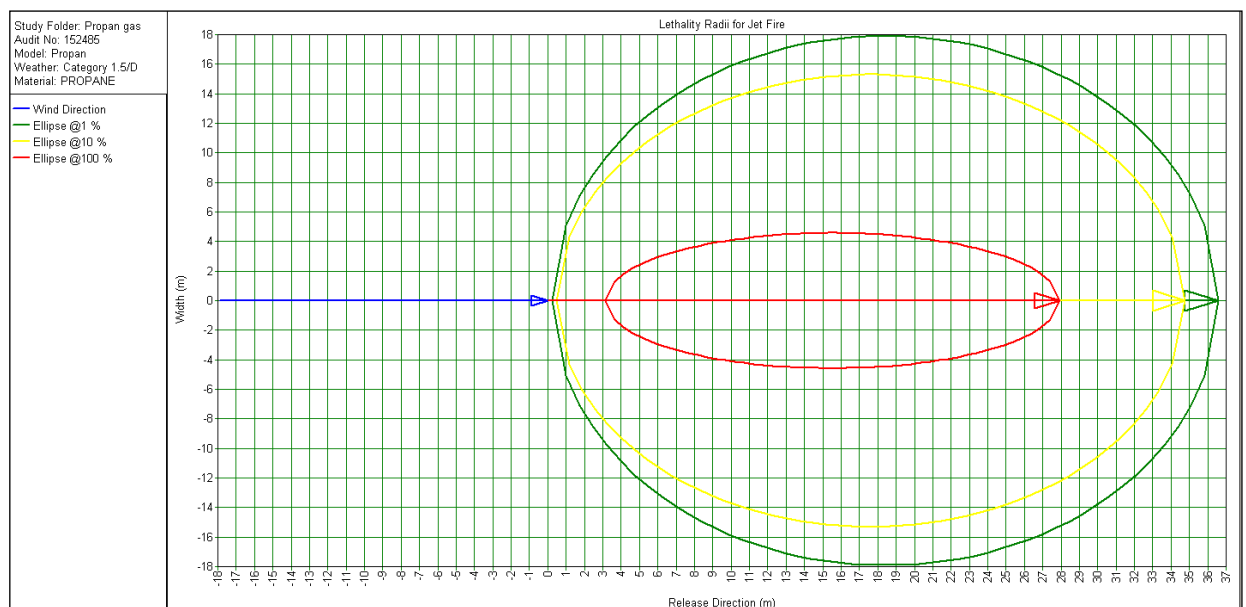
- › Omedelbar antändning som ger upphov till jetbrand.

- › Uppvärmning av tank eller tankhaveri som leder till BLEVE (Boling Liquid Expanding Vapour Explosion).
- › Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsbrand.
- › Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsexplosion.

Beräkningar är utförda i programvaran PHAST (DNV, 2010). Bedömningar av konsekvenser för strålningsnivåer och övertryck baseras huvudsakligen på TNO (2005). Olyckseffekter och konsekvenser av dessa scenarier beror på ett antal parametrar, varav de viktigaste är hålstorlek, om utsläpp sker i vätske- eller gasfas, vindstyrka, atmosfärisk stabilitet samt topografi och hinder. I avsnitten nedan redovisas exempel på olyckseffekter och konsekvenser som kan uppkomma.

Jetbrand

Omfattningen och effekten av en jetbrand bestäms av om ämnet strömmar ut i gasfas eller vätskefas, om en fri jetstråle kan utvecklas samt av riktningen på denna. I flammans riktning och i närhet av utsläppet kommer strålningsnivåerna att vara mycket höga, över 40 kW/m^2 . Personer som utsätts för denna strålningsnivå antas omkomma. Däremot avtar strålningsnivåerna snabbt både i sidled och i längsled. Figur nedan visar område för 100, respektive 10 och 1 % dödlighet vid en fri jetbrand och utsläpp i gasfas vid ett 50 mm rörbrott. Vid ett utsläpp i vätskefas kommer avstånden att vara betydligt längre, avståndet till 100 % dödlighet blir då ca 80 meter, istället för som här ca 30 meter.



Figur B.1. Område för 100, respektive 10 och 1 % dödlighet vid en fri jetbrand och utsläpp i gasfas vid ett 50 mm rörbrott. Beräkning PHAST.

BLEVE

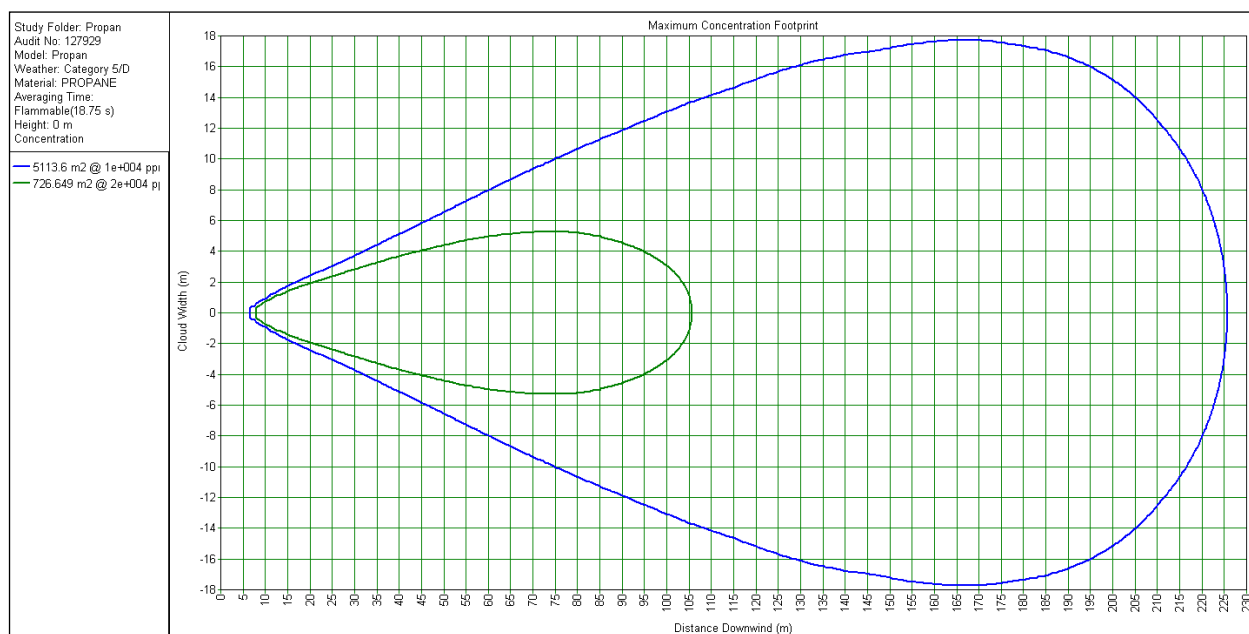
Vid en BLEVE bildas ett eldklot som ger upphov till värmestrålning och tryckeffekter. Storleken på eldklotet beror framförallt på tankens innehåll. En tank på 20 ton ger upphov till ett eldklot på 60-75 meters radie (TNO, 2005).

Personer som befinner sig inom eldklotet eller som utsätts för en strålningsnivå över 35 kW/m^2 antas omkomma, detta gäller även om man befinner sig inomhus (TNO, 2005). För personer som utsätts för lägre strålningsnivåer bestäms andel omkomna av exponeringstid och strålningsnivå.

Erfarenheter från inträffade BLEVE visar att det ofta tar lång tid för en BLEVE att utvecklas. Om så är fallet finns möjligheter att utrymma närområdet. Ansatsen görs här att detta lyckas i 50 % av fallen.

Gasmolnsbrand

En gasmolnsbrand uppkommer då ett gasmoln hunnit utvecklas innan antändning sker. Denna brand kan sedan övergå i en jetbrand. Storlek och utbredning av gasmolnet bestäms av hålstorlek, utsläpp i vätske- eller gasfas, vindstyrka, atmosfärisk stabilitet samt topografi och hinder. I figur nedan redovisas ett utsläpp av propan, 50 mm hål, utsläpp i vätskefas vid 5 m/s.



Figur B.2. Utsläpp av propan, 50 mm hål, utsläpp i vätskefas vid 5 m/s. Beräkning PHAST. Grön linje redovisar avstånd till undre brännbarhetsgräns (LEL = Lower Explosive Limit). Blå linje visar avstånd där gaskoncentrationen är hälften av detta (halva LEL).

Som framgår av figur är avstånd till LEL ca 100 meter. Vid ett utsläpp i gasfas är motsvarande avstånd ca 20 meter.

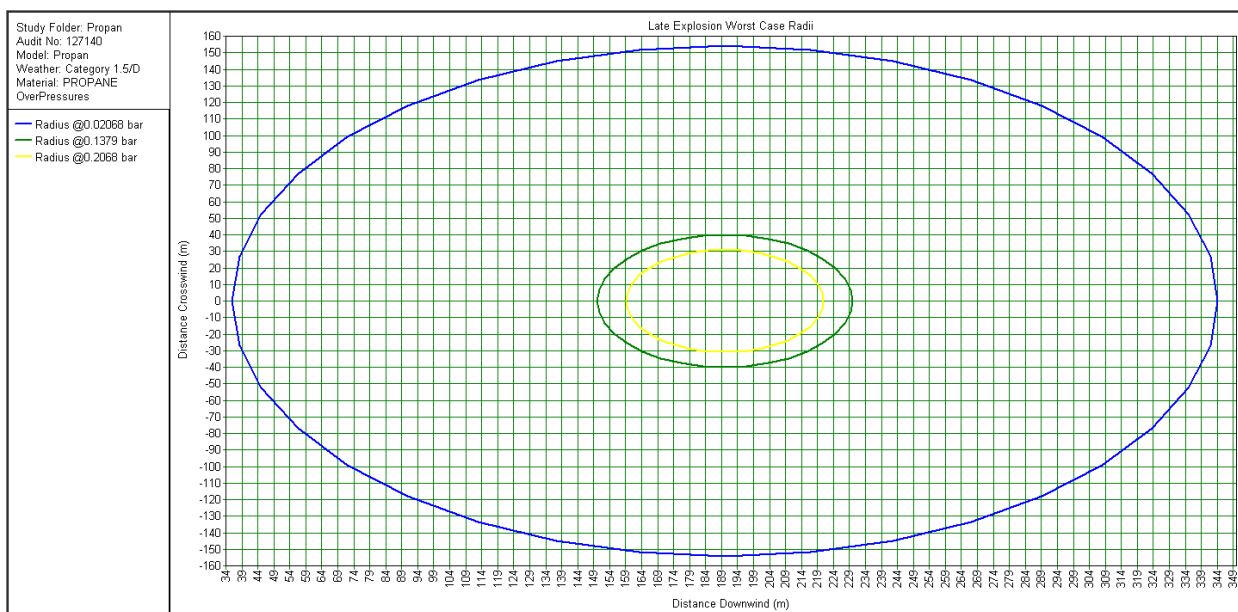
Vid en antändning kommer moln inom LEL gränsen att forma ett brinnande gasmoln. Område för gasmolnsbrand sätts här till samma som LEL (TNO, 2005). I vissa sammanhang används 1/2 LEL som gräns för brandmoln.

Personer som vistas inom brandmolnet antas omkomma, detta gäller även om personer som befinner sig i byggnader som helt omsluts av molnet. Personer som vistas utanför molnet kan antas överleva.

Spridning av molnet påverkas av vindriktningen, en korrigering av sannolikhet görs därmed med en faktor 1/3.

Gasmolnsexplosion

Ett fritt gasmoln som antänds ger som regel upphov till en gasmolnsbrand utan signifikant övertryck (TNO, 2005), vilket behandlats ovan. En explosion kan dock inte helt uteslutas. Figur B.3 visar explosionövertryck på olika avstånd från ett maximalt stort gasmoln, vid ett 50 mm hål och utsläpp i vätskefas.



Figur B.3. Explosionövertryck på olika avstånd från ett maximalt stort gasmoln, vid ett 50 mm hål och utsläpp i vätskefas.

Från figur ovan erhålls följande avstånd till trycknivåer från explosionscentrum (för jämförelse redovisas även utsläpp i gasfas).

Tabell B.9. Trycknivåer från explosionscentrum.

bar övertryck	Utsläpp i vätskefas	Utsläpp i gasfas
0,02	150 m	30 m
0,14	40 m	8 m
0,21	30 m	6 m

Var explosionscentrum är beläget beror på ett antal faktorer som spridningsförhållanden, vind och tidpunkt för antändning. Här antas att explosionscentrum ligger i närhet av transportleden.

B.3 Konsekvenser vid utsläpp av giftig gas

Storleken på ett läckage kan variera och följande indelning kan illustrera tänkbara läckage scenarier.

- › Litet utsläpp (packningsläckage)
- › Medelstort utsläpp (rörbrott)
- › Stort utsläpp (stort hål på tank/punktering av tank)

I denna analys antas att medelstort och stort utsläpp kan leda till scenarion där människor omkommer varför de finns med i beräkningar.

För beräkning av konsekvenser i samband med utsläpp av giftig gas har beräkningsprogrammet Bfk använts (RIB, 2012). Beräkningarna resulterar i koncentration av den utsläppta gasen på olika avstånd, i höjdd och andel omkomna och (svårt) skadade personer inomhus respektive utomhus. Som dimensionerande fall har gasen ammoniak använts.

Tabell B.10-12 sammanfattar den procentuella andelen omkomna och svårt skadade vid olika avstånd från utsläppspunkten. Det fall som redovisas baseras på följande väderparametrar: Medeltemperatur 8°C, vindhastighet 4 m/s.

Tabell B.10 visar på resultat från simuleringar med ammoniak vid rörbrott, vilket motsvarar medelstort utsläpp. Två olika simuleringar har genomförts, den första med luftintag på 1 meters höjd och 0,5 luftväxlingar/timma (representerar enskilda hus) och den andra med luftintag på 5 meters höjd och 3 luftväxlingar (representerar kontor/industri med centralt luftintag).

Tabell B.10. *Andel omkomna och skadade vid medelstort utsläpp av giftig gas (ammoniak vid rörbrott) för olika avstånd från utsläppspunkten, inomhus. Resultatet i kolumn till vänster ska representera ett enskilt hus (i simuleringen antas 0,5 luftväxlingar och luftintag på 1 meters höjd). Kolumn till höger representerar t.ex. kontor (antar 3 luftväxlingar och luftintag på 5 meters höjd).*

Avstånd (meter)	Andel omkomna/svårt skadade (%) inomhus	
	0,5 luftväxlingar NH ₃	3 luftväxlingar NH ₃
~11	100/0	0/25
~23	60/39	96/4
~36	5/64	76/24
~48	0/21	36/60
~75	0/0	2/55
~88	0/0	0/32

Tabell B.11 visar på resultat från simuleringar med ammoniak vid punktering av tank (stort utsläpp). Två olika simuleringar har genomförts. Den första med ett luftintag på 1 meters höjd och 0,5 luftväxlingar/timma (representerar enskilda hus). Den andra med luftintag på 5 meters höjd och 3 luftväxlingar (representerar kontor/industri med centralt luftintag).

Tabell B.11. *Andel omkomna och skadade vid stort utsläpp av giftig gas (ammoniak vid punktering av tank) för olika avstånd från utsläppspunkten, inomhus. Resultatet i kolumn till vänster representerar ett enskild äldre hus (i simuleringen antas 0,5 luftväxlingar och luftintag på 1 meters höjd) och den högra kolumnen ska representera t.ex. kontor (antar 3 luftväxlingar och luftintag på 5 meters höjd).*

Avstånd (meter)	Andel omkomna/svårt skadade inomhus (%)	
	0,5 luftväxlingar NH ₃	3 luftväxlingar NH ₃
~31	90/10	100/0
~73	12/72	84/16
~116	0/3	11/71
~158	0/0	0/26

I tabell B.12 redovisas andelen omkomna och svårt skadade utomhus vid medelstort och stort utsläpp. Förutom svårt skadade och omkomna kan även lindrig skadade förekomma.

Tabell B.12. Andel omkomna och svårt skadade vid utsläpp av giftig gas (medelstort och stort utsläpp) för olika avstånd från utsläppspunkten, utomhus. Förutom omkomna och svårt skadade kan även lindrigt skadade förekomma.

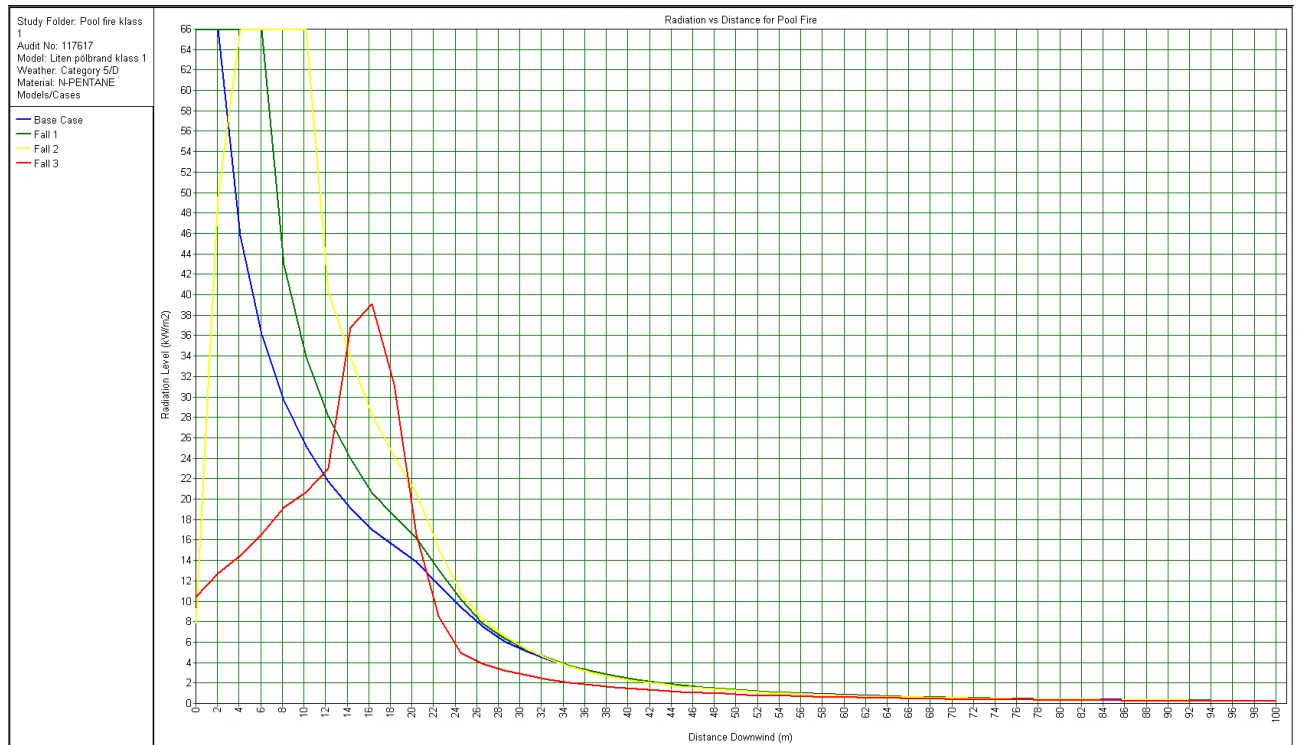
Avstånd (meter)	Andel omkomna/svårt skadade utomhus (%)	
	Medelstort utsläpp	Stort utsläpp
~6	100/0	100/0
~36-40	100/0	100/0
~50	91/9	100/0
~70	62/8	100/0
~100	11/72	100/0
~130	1/26	100/0
~150	0/26	100/0

B.4 Konsekvenser vid olycka med brandfarlig vara (klass 3)

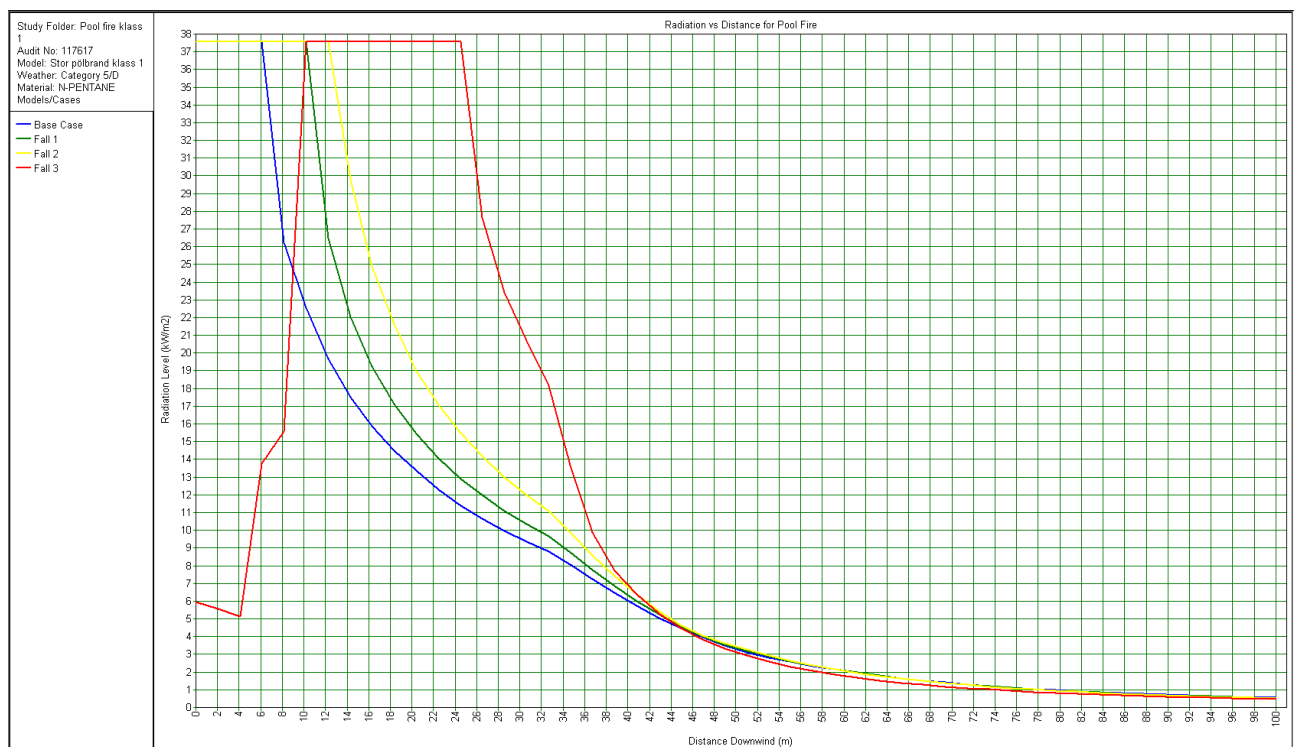
Ett utsläpp som inte antänds har främst en påverkan på miljön, skadliga konsekvenser för människor uppstår om vätskan antänds och bildar en pölbrand (brinnande vätska på marken). Hur stor pölbranden blir beror på storleken på utsläppet och pölens utbredning. Följande scenario har definierats:

- › Litet utsläpp: Bedöms inte ha någon påverkan på omgivningen
- › Medel utsläpp: Antas resultera i pölbrand på 50 m²
- › Stort utsläpp: Antas resultera i pölbrand på 200 m²

Strålningsnivåer som funktion av avstånd redovisas för 50 respektive 200 m² pölbrand i figur B.4 och B.5.



Figur B.4. Strålningsnivå i kW/m² på olika höjd över mark som funktion av avstånd. Brandscenario; pölbrand 50 m², bensin, vind 5 m/s. De olika fallen beskriver strålningen på olika höjd över marken (Base Case= 0 m, Fall 1=2 m, Fall 2=5 m och Fall 3=15 m). Not: Avstånd (x-axel) räknas från centrum av pöl



Figur B.5. Strålningsnivå i kW/m² på olika höjd över mark som funktion av avstånd. Brandscenario; pölbrand 200 m², bensin, vind 5 m/s. Not: Avstånd (x-axel) räknas från centrum av pöl

Strålningsnivåer för aktuella avstånd från transportled redovisas i tabell nedan.

Tabell B.13. Strålningsnivåer (avrundade värden i kW/m²) på marknivå respektive 15 meters höjd för brandarea 50 respektive 200 m².

Brandarea (m ²)	Strålning 0-20 m (kW/m ²)	Strålning 20-50 m (kW/m ²)	Strålning >50 m (kW/m ²)
50	>10	1-10	<1
	>10-40	1-10	<1
200	>12	2-12	<2
	>24	2-24	<2

Nedan följer en sammanställning av olika effekter/symptom vid olika strålningsnivåer:

Tabell B.14 Effekter/symptom vid olika strålningsnivåer.

Strålningsnivå	Effekt/symptom
6-7 kW/m ²	Smärta efter ca 8 sekunders exponering
10-11 kW/m ²	Smärta efter ca 3 sekunders exponering
13 kW/m ²	Outhärdlig smärta efter 2-3 sekunders exponering
16 kW/m ²	Blåsor och liknande brännskador uppstår efter ca 5 sekunders exponering
20 kW/m ²	Outhärdlig smärta efter ca 1 sekunders exponering

Dessa strålningsnivåer kan jämföras med den strålning som normalt solsken avger vilket ligger i storleksordningen 0,6-0,7 kW/m².

Långvarig strålning mot utrymmande personer får enligt Boverket inte överstiga nivåer om 2,5 kW/m². Kortvarig strålning får inte överstiga 10 kW/m².

För byggnader finns följande gränsvärden beträffande strålning mot trä/brännbart material.

Tabell B.15. Gränsvärden beträffande strålning.

Strålningsnivå	Jämförelse/Gränsvärde
13 kW/m ²	Antändning av trä vid närvaro av en liten flamma
20 kW/m ²	Kriterie för överantändning i ett rum
29-30 kW/m ²	Spontan antändning av trä i det fria

Om strålningsnivån mot en byggnad kan begränsas till maximalt 15 kW/m² i minst 30 minuter föreligger det enligt Boverkets byggregler (BBR) inga brandtekniska krav på byggnadens fasad.

Brandtekniskt oklassat glas tål generellt en strålningsnivå upp till 7.5 kW/m² innan kollaps.

B.5 Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne

Oxiderande ämne kan tillsammans med organiska ämnen bli explosivt. Maximalt kan en explosiv blandning motsvarande ca 3 ton erhållas vid en olycka och konsekvenserna är lika de som uppstår vid olycka med massexplosiva ämnen.

Utöver explosion kan även en brand inträffa men konsekvensen (antalet omkomna) för ett sådant händelseförlopp bedöms vara relativt begränsad och ingår inte i de beräkningar som genomförs. I denna analys används en explosion, motsvarande 200 kg som dimensionerande scenario för olycka med oxiderande ämnen.

Utifrån beräkningar och antaganden som genomförts för massexplosiva ämnen görs följande bedömning beträffande antalet omkomna personer. Utöver dödsfall kan även personer skadas. Personskada kan uppkomma på grund av det direkta trycket men även av raserade väggar och tak, omkringflygande material och glassplitter. Personer kan även skadas av att de kastas omkull av tryckvågen.

Tabell B.16 Andel omkomna av personer som befinner sig utomhus respektive inomhus på olika avståndsintervaller från en eventuell olycka med klass 5.1 produkter som resulterar i explosion motsvarande 200 kg. För bakgrund till bedömning hänvisas till kapitel om massexplosiva ämnen.

Andelen omkomna	Ute	Inne
0-25 m	1	0,15
25-50m	1	0,05
50-75 m	0	0,01
75-100 m	0	0
100-250 m	0	0

Andel omkomna är behäftat med osäkerhet på grund av att det inte med säkerhet går att förutsäga det exakta händelseförloppet.

För jämförelse till beräkningar finns de uppgifter som sammanställs i Göteborgs översiktsplan (GÖP, 1999). Enligt Göteborg översiktsplan beräknas dödliga skador ske inom 30 meter och väggar kan raseras inom 70 meter ifrån explosionen med oxiderande ämnen.

Bilaga C – Personintensitet och individrisk

Bilaga C Personintensitet och individrisk

C.1 Indata personintensitet

I följande kapitel sammanställs indata för personintensitet för respektive delområde och case. Vid beräkning motsvarar "Population hög" kl. 06-07 (1h), "Population medel" kl. 07-16 (9h) "Population låg" kl. 16-06 (14h). Antalet personer som redovisas i tabellerna har uppskattats utifrån den information gällande personintensitet och arbetstider som presenteras i kapitel 2.2.1 för case 1 och kapitel 2.2.2 för case 2.

C.1.1 Personintensitet, Case 1, Delområde 1

Nedan presenteras indata för beräkningar avseende personintensitet för case 1, delområde 1.

Tabell C.1. Personantal för beräkningar. Avstånd från Kvilebangården till delområde 1, case 1.

Avstånd Kvilebangården – delområde 1, case 1	Population hög (kl. 06-07))		Population mellan (kl. 07-16)		Population låg (kl. 16-06)	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25m	0	0	0	0	0	0
25-50m	0	3	0	5	0	5
50-100m	20	51	20	35	1	13
100-150m	6	375	25	375	0	0
150-200m	6	375	25	375	0	0

Tabell C.2. Personantal för beräkningar. Avstånd från Hamnbanan till delområde 1, case 1.

Avstånd Hamnbanan – delområde 1, case 1	Population hög (kl. 06-07))		Population mellan (kl. 07-16)		Population låg (kl. 16-06)	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25m	0	0	0	0	0	0
25-50m	0	0	0	0	0	0
50-100m	0	0	0	0	0	0
100-150m	0	3	0	5	0	5
150-200m	20	73	20	58	1	13

C.1.2 Personintensitet, Case 1, Delområde 2

Nedan presenteras indata för beräkningar avseende personintensitet för case 1, delområde 2.

Tabell C.3. Personantal för beräkningar. Avstånd från Kvilebangården till delområde 2, case 1.

Avstånd Kvilebangården – delområde 2, case 1	Population hög (kl. 06-07))		Population mellan (kl. 07-16)		Population låg (kl. 16-06)	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25m	2	0	1	0	1	0
25-50m	0	13	0	13	0	4
50-100m	0	50	0	50	0	7
100-150m	2	150	10	150	0	0
150-200m	2	150	10	150	0	0

Tabell C.4. Personantal för beräkningar. Avstånd från Hamnbanan till delområde 2, case 1.

Avstånd Hamnbanan – delområde 2, case 1	Population hög (kl. 06-07))		Population mellan (kl. 07-16)		Population låg (kl. 16-06)	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25m	0	0	0	0	0	0
25-50m	2	0	1	0	1	0
50-100m	0	13	0	13	0	4
100-150m	0	73	0	73	0	7
150-200m	2	124	2	124	0	0

Tabell C.5. Personantal för beräkningar. Avstånd från Bohusbanan till delområde 2 case 1.

Avstånd Bohusbanan – delområde 2, case 1	Population hög (kl. 06-07))		Population mellan (kl. 07-16)		Population låg (kl. 16-06)	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25m	0	0	0	0	0	0
25-50m	0	0	0	0	0	0
50-100m	2	0	1	0	1	0
100-150m	0	13	0	13	0	4
150-200m	0	73	0	73	0	7

C.1.3 Personintensitet, Case 2, Delområde 1

Nedan presenteras indata för beräkningar avseende personintensitet för case 2, delområde 1.

Tabell C.6. Personantal för beräkningar. Avstånd från Kvilebangården till delområde 1, case 2.

Avstånd Kvilebangården – delområde 1, case 2	Population hög (kl. 06-07))		Population mellan (kl. 07-16)		Population låg (kl. 16-06)	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25m	0	0	0	0	0	0
25-50m	2	0	5	0	5	0
50-100m	20	49	20	35	1	12
100-150m	6	375	25	375	0	0
150-200m	6	375	25	375	0	0

Tabell C.7. Personantal för beräkningar. Avstånd från Hamnbanan till delområde 1, case 2.

Avstånd Hamnbanan – delområde 1, case 2	Population hög (kl. 06-07))		Population mellan (kl. 07-16)		Population låg (kl. 16-06)	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25m	0	0	0	0	0	0
25-50m	0	0	0	0	0	0
50-100m	0	0	0	0	0	0
100-150m	2	0	5	0	5	0
150-200m	20	71	20	58	1	12

C.1.4 Personintensitet, Case 2, Delområde 2

Nedan presenteras indata för beräkningar avseende personintensitet för case 2, delområde 2.

Tabell C.8. Personantal för beräkningar. Avstånd från Kvilebangården till delområde 2, case 2.

Avstånd Kvilebangården – delområde 2, case 2	Population hög (kl. 06-07))		Population mellan (kl. 07-16)		Population låg (kl. 16-06)	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25m	2	0	1	0	1	0
25-50m	0	13	0	13	0	4
50-100m	0	50	0	50	0	7
100-150m	2	150	10	150	0	0
150-200m	2	150	10	150	0	0

Tabell C.9. Personantal för beräkningar. Avstånd från Hamnbanan till delområde 2, case 2.

Avstånd Hamnbanan – delområde 2, case 2	Population hög (kl. 06-07))		Population mellan (kl. 07-16)		Population låg (kl. 16-06)	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25m	0	0	0	0	0	0
25-50m	2	0	1	0	1	0
50-100m	0	13	0	13	0	4
100-150m	0	73	0	73	0	7
150-200m	2	124	2	124	0	0

Tabell C.10. *Personantal för beräkningar. Avstånd från Bohusbanan till delområde 2, case 2.*

Avstånd Bohusbanan – delområde 2, case 2	Population hög (kl. 06-07))		Population mellan (kl. 07-16)		Population låg (kl. 16-06)	
	Ute	Inne	Ute	Inne	Ute	Inne
0-25m	0	0	0	0	0	0
25-50m	0	0	0	0	0	0
50-100m	2	0	1	0	1	0
100-150m	0	13	0	13	0	4
150-200m	0	73	0	73	0	7

C.2 Individrisk

I tabell C.11-C.15 redovisas individriska för respektive delområde. Individriska redovisas vid olika avstånd från Hamnbanan respektive Kvilebangården för delområde 1 och från Hamnbanan, Kvilebangården och Bohusbanan för delområde 2 baserat på identifierade olyckshändelser. Röda siffror i tabell C.11-C.15 indikerar en nivå som ej anses acceptabel och skyddsåtgärder krävs/skall införas. Gula siffror indikerar att risknivån ligger inom det område där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Gröna siffror indikerar en risknivå som ligger under den nivå som anses som låg och där behov av ytterligare skyddsåtgärder ej anses föreligga.

C.2.1 Individrisk, Delområde 1

Nedan presenteras beräknad individrisk för delområde 1.

Tabell C.11. Beräknad individrisk för olika intervall för den planerade verksamheten inom delområde 1 med avseende på Kvilebangården.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från järnvägen	
(m)	Ute	Inne
0-25	$4,1 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$
25-50	$5,2 \cdot 10^{-6}$	$2,7 \cdot 10^{-6}$
51-100	$3,9 \cdot 10^{-7}$	$2,4 \cdot 10^{-7}$
101-150	$4,5 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$
151-200	$1,8 \cdot 10^{-8}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$

Tabell C.12. Beräknad individrisk för olika intervall för den planerade verksamheten inom delområde 1 med avseende på Hamnbanan.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från järnvägen	
(m)	Ute	Inne
0-25	$3,5 \cdot 10^{-8}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$
25-50	$3,5 \cdot 10^{-8}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$
51-100	$2,3 \cdot 10^{-8}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$
101-150	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$
151-200	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$

C.2.2 Individrisk, Delområde 2

Nedan presenteras beräknad individrisk för delområde 2.

Tabell C.13. Beräknad individrisk för olika intervall för den planerade verksamheten inom delområde 2 med avseende på Kvillebangården.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från järnvägen	
(m)	Ute	Inne
0-25	1,6*10 ⁻⁵	9,2*10 ⁻⁶
25-50	2,1*10 ⁻⁶	1,1*10 ⁻⁶
51-100	1,6*10 ⁻⁷	9,7*10 ⁻⁸
101-150	1,8*10 ⁻⁸	3,8*10 ⁻⁹
151-200	7,2*10 ⁻⁹	<1*10 ⁻¹⁰

Tabell C.14. Beräknad individrisk för olika intervall för den planerade verksamheten inom delområde 2 med avseende på Hamnbanan.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från järnvägen	
(m)	Ute	Inne
0-25	1,8*10 ⁻⁷	9,4*10 ⁻⁸
25-50	5,5*10 ⁻⁸	2,0*10 ⁻⁸
51-100	6,9*10 ⁻⁸	2,0*10 ⁻⁸
101-150	1,9*10 ⁻⁸	<1*10 ⁻¹⁰
151-200	4,6*10 ⁻⁹	<1*10 ⁻¹⁰

Tabell C.15. Beräknad individrisk för olika intervall för den planerade verksamheten inom delområde 2 med avseende på Bohusbanan.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från järnvägen	
(m)	Ute	Inne
0-25	3,6*10 ⁻⁸	2,2*10 ⁻⁸
25-50	3,6*10 ⁻⁸	2,2*10 ⁻⁸
51-100	8,4*10 ⁻⁹	1,8*10 ⁻⁹
101-150	3,4*10 ⁻⁹	<1*10 ⁻¹⁰
151-200	<1*10 ⁻¹⁰	<1*10 ⁻¹⁰

Bilaga D - Känslighetsanalys

Bilaga D Känslighetsbedömningar

D.1 Analys

Risicanalyser innefattar ett betydande mått av osäkerhet på grund av bland annat litet statistiskt underlag över olyckor, i viss mån antaganden om persontäthet samt variabel konsekvens på grund av till exempel olika vädersituationer vid olyckstillfället.

Resultatet av analysen bygger på ett antal ansatser beträffande trafikunderlag för farligt gods, olycksscenario, olycksfrekvenser, mm. Utgångspunkten i gjorda antaganden och bedömningar har varit att dessa så långt som möjligt skall "spegla den verkliga situationen" eller, i vissa fall, vara medvetet konservativa. Med begreppet "konservativa" avses här att bedömningarna leder till att risknivån överskattas. Målet är att erhålla en balanserad samlad bedömning.

Exempel på områden som kan påverka resultatet är:

- › Farligt gods (mängd, ämnen)
- › Omgivning (verksamheter, markanvändning och befolkningsmängd)
- › Olycksstatistik
- › Konsekvenser (brand, explosion, giftig gas, väderlek, topografi)
- › Metod för beräkning av risk

Genom att genomföra olika simuleringar och variera valda parametrar och situationer kan man få en bild om vad som mest påverkar resultatet.

Nedan diskuteras och presenteras några av de variabler och resultat som behandlats för att få en uppfattning om robustheten i de bedömningar som görs.

Farligt gods på Hamnbanan och Bohusbanan:

Mängder/ämnen som transporteras kan variera. Trafikverket har bedömt att använda värden är tillämpbara.

I beräkningar antas att transporter ökar med 20 % för att representera ett framtidsscenario. Det finns inga prognoser som bekräftar en ökning av godstransporterna varför ytterligare känslighetsanalys inte genomförts.

Farligt gods på Kvillebangård:

Mängder/ämnen som transporteras kan variera. Studerat förslag av planerad verksamhet innebär att spår 19-25 tas bort, detta kan innebära en förändrad användning av Kvillebangården vilket i sin tur kan resultera i att transporterade mängder/ämnen av farligt gods kan förändras. Även andra förändringar i trafikeringen av Hamnbanan kan leda till förändrad användning av Kvillebangården. De ansatser som har gjorts i beräkningarna, dvs att 100% av klass 2.1 (brandfarliga gaser) och klass 3 (brandfarliga vätskor) hanteras på bangården och att dessa hanteras på den spårgrupp (spår 14 – 18) som ligger närmast spårvagnshallen bedöms emellertid som robusta inför framtida förändringar. Räknat på de klasser av farligt gods som inkluderas i analysen svarar klasserna 2.1 och 3 tillsammans för över 70% av det totala antalet transporter på Hamnbanan.

Omgivning:

Hur många personer som befinner sig på området kan ha stor påverkan på resultatet för samhällsrisk. Störst påverkan har antaganden om människor som befinner sig utomhus nära spårområdet. I detta fall härrör en stor andel av dessa från parkeringsplatser. Antalet parkeringsplatser utomhus, som i den här analysen ansatts till 800 (takparkeringsplatser) + 25 (uteparkeringsplatser, östra delen), totalt 825 st bidrar därför till en ökad samhällsrisk. En rekommendation i denna studie är att antalet parkeringsplatser på tak ska begränsas till 800. Förutsatt detta bedöms att uppskattningar om personintensiteten är robust. Förändringar i området söder om spårvagnshallen kommer att ha begränsad påverkan på risknivån på grund av avstånd och den barriär som spårvagnshallen kommer att utgöra.

Olycksfrekvens:

För resonemang och bedömningar kring olycksfrekvens hänvisas främst till bilaga A.

Konsekvenser:

Konsekvenserna av vissa händelser, t ex utsläpp av brandfarlig gas, är beroende på hur händelsen utvecklas - omedelbar antändning, fördröjd antändning av gasmoln, etc. Sannolikheter för dessa scenarier är baserade på tidigare COWI studier och beräkningar som genomförts i olika simuleringsprogram. Dessa ansatser stämmer i många fall väl överens med de ansatser som gjorts i (VTI, 1994) och Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods.

Generellt gäller att uppskattning av de konsekvenser som kan uppstå i form av omkomna och skadade personer i händelse av en farligt godsolycka baseras på Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, beräkningar utförda i Bfk (RIB, 2012) samt beräkningar i enlighet med de som beskrivs i bilaga B.

Metod för beräkning av risk:

I arbetet har, förutom ovan redovisad data, ytterligare ett antal ansatser gjorts som påverkar slutresultatet. Några av dessa redovisas nedan.

Indelning i analysområde

Området har delats in i två delområden om 200 meter respektive 500 meter. Vid beräkning av olycksfrekvenser har antagits att en olycka ska inträffa inom detta område för att påverka det aktuella delområdet. För händelser med stora konsekvensavstånd, t ex olycka med giftig gas, har frekvensfaktorn multiplicerats upp för att ta hänsyn till att delområdet kan påverkas även av händelser utanför området.

Antagen placering av ”olyckscentrum”

Vid beräkning av samhälls- och individrisk har olyckan antagits inträffa på den ur risksynpunkt värsta punkten, d.v.s. mitt framför respektive delområde. Som diskuterat ovan har antagits att farligt gods på bangården hanteras på spårgruppen närmast hallen, spår 14 – 18. Mer specifikt har avstånd räknats från mitten av denna spårgrupp (spår 16), detta bedöms vara i enlighet med praxis från denna typ av analyser.

Rekommenderade skyddsåtgärder specificeras däremot med avstånd från närmsta bangårdspår.

Scenarieutveckling

Förutom inledande olycksfrekvenser så påverkas resultatet av de scenarieutvecklingar som antagits. Möjliga händelseutvecklingar och sannolikheter för dessa redovisas i Bilaga A och Bilaga B samt har diskuterats under ”Konsekvenser” ovan.

Bilaga E - Indata farligt gods på Hamnbanan

Bilaga E Indata farligt gods på Hamnbanan

E.1.1 Indata farligt gods på Hamnbanan

I tabell E.1 redovisas indata gällande transporter av farligt gods på Hamnbanan. I denna rapport utgår beräkningar från 20 % högre transportvärden jämfört mot dagens värden, detta för att representera ett framtidsscenario år 2030. Denna uppräkningsbedömning bedöms vara konservativ.

Tabell E.1 Antal vagnar med farligt gods på Hamnbanan 2012. (Trafikverket, 2013c)

Farligt godsklass	Antal vagnar/år 2012
1.1 Massexplosiva ämnen	160
2.1 Brandfarliga gaser	2842*
2.3 Giftiga gaser	*
3 Brandfarliga vätskor	18291
4. Brandfarliga ämnen	134
5 Oxiderande ämnen	2672
6. Giftiga/smittsamma ämnen	206
7. Radioaktiva ämnen	2
8. Frätande ämnen	1142

* Gaser har angetts som en totalsumma och inte fördelat på brandfarliga respektive giftiga gaser.

Tabell E.2 Uppskattat antal vagnar med farligt gods som hanteras på Kville bangård respektive Hamnbanan

Farligt godsklass	Antal vagnar/år 2012 Hamnbanan (TrV 2013)	Uppräkning 20% + 10% av klass 1 masseexplosiva ämnen + Fördelning klass 2: 2.1=75%, 2.3=25% + 40% klass 3 brandfarlig vara klass 1	Andel som antas hanteras på Kville bangård och inkluderas i analys	Antal vagnar Hamnbanan, inkluderat i analys	Antal vagnar Kville bangård, inkluderat i analys
1.1 Masseexplosiva ämnen	160	19	10%	17	2
2.1 Brandfarliga gaser	2842*	2558	100%	0	2558
2.3 Giftiga gaser	*	853	10%	768	85
3 Brandfarliga vätskor	18291	8780	100%	0	8780
4. Brandfarliga ämnen	134	Ej inkl i analys	-	-	-
5 Oxiderande ämnen	2672	3206	10%	2886	320
6. Giftiga/smittsamma ämnen	206	Ej inkl i analys	-	-	-
7. Radioaktiva ämnen	2	Ej inkl i analys	-	-	-
8. Frätande ämnen	1142	Ej inkl i analys	-	-	-

* Gaser har angetts som en totalsumma och inte fördelat på brandfarliga respektive giftiga gaser.