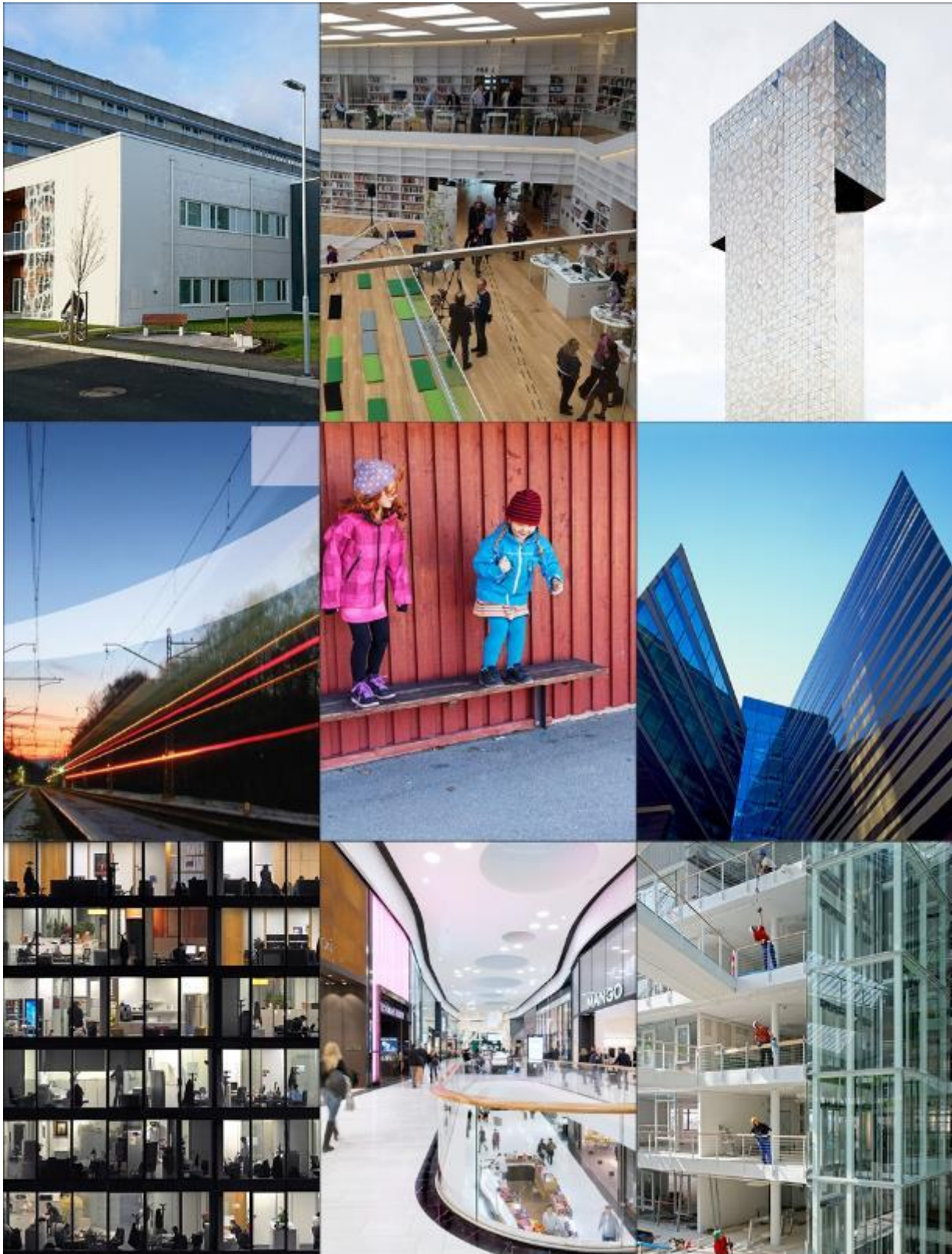


Detaljerad riskanalys

Ribban 5,6 och 7 Nyköping

Underlag för detaljplanearbete

2022-10-13



Dokumenttyp: Detaljerad riskanalys
Uppdragsnamn: Ribban 5,6 och 7 Nyköping
Nybyggnation bostäder och skola
Uppdragsnummer: 505503/505504
Datum: 2022-10-13
Status: Underlag för detaljplanearbete
Uppdragsledare: Lisa Smas
Handläggare: Felicia Klint
Tel: 08 588 188 16
E-post: Felicia.klint@bsl.se
Uppdragsgivare: Kungsleden Skotpunkten AB (502715)/Svefa AB (502716)

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Version
2022-01-14	FKT/LSS	EMM	Granskningshandling
2022-01-28	FKT	LSS	Version 1 – Underlag för detaljplanearbete
2022-09-23	LSS	-	Version 2 – Samrådsversion <i>(mindre förtydligande avseende balkonger)</i>
2022-10-13	FKT	-	Version 2 – Samrådsversion <i>(mindre förtydligande avseende verksamheter)</i>

Sammanfattning

Inom kv. Ribban 5,6 och 7 i Nyköping har ett planarbete påbörjats som syftar till att möjliggöra bland annat skola, vård och bostadsbebyggelse. Då området ligger i anslutning till ett antal riskkällor behöver riskerna förknippade med dessa och eventuell påverkan på den tänkta bebyggelsen analyseras. Denna rapport utgår från en tidigare inledande riskanalys för området där följande riskkällor identifierades:

- Hamnvägen och Arnöleden (transporter av brandfarliga vätskor och gaser)
- TGOJ-järnvägen (godstransporter, inklusive farligt gods)
- Verksamheter
 - Idbäckverket (kraftvärmeverk)
 - Stena Recycling (återvinning/skrotning)
 - Woody Bygghandel (hantering brandfarliga varor)
 - OKQ8 Teatergatan (hantering brandfarliga varor)

I den inledande analysen bedömdes det vara olycksrisker förknippade med TGOJ-järnvägen som har störst påverkan på risknivån. Även transporter med farligt gods på Hamnvägen påverkar risknivån, men i begränsad omfattning till följd av lågt antal transporter.

Planförslaget innebär en omledning av trafik från Arnöleden till vad som då kommer att benämnas Järnvägsgatans förlängning väster om planområdet. Trafik med farligt gods som går till Woody Bygghandel kan fortsättningsvis gå på Arnöledens norra del men transporter till gasolmacken kan förväntas gå via Järnvägsgatans förlängning. Ingen av dessa vägar är rekommenderade vägar för farligt gods och riskbidraget till området från dessa transporter är mycket litet.

För de olycksrisker som enligt den inledande analysen bedöms ha en påverkan på risknivån har nu en fördjupad analys genomförts med beräkning av samhällsrisk och individrisk. Resultatet av analysen visar att med avseende på individrisken föreligger inget krav på åtgärder eller anpassning av bebyggelsen för att hantera identifierade risker med planerad utformning av området. Detta då individrisken ligger inom ALARP på ett avstånd av 0-20 meter från TGOJ-järnvägen och därefter understiger risken den accepterade individrisknivån. För alla vägar, både rekommenderade för farligt gods och inte rekommenderade för farligt gods, understiger individrisken den accepterade risknivån utmed hela sträckan.

När det gäller samhällsriskerna visar genomförd analys att den hamnar på en sådan nivå (ALARP-området) där man ska sträva efter att sänka risknivån i den mån det är rimligt ur ett kostnads- och nyttoperspektiv. Exploateringar som planeras inom planområdet innebär dock inte att risknivån blir oacceptabel i någon del. För att reducera riskkällornas påverkan på områdets risknivå rekommenderades följande åtgärder vidtas för det aktuella planområdet:

TGOJ-järnvägen

- Ytor utomhus som är direkt exponerade mot TGOJ-järnvägen utan framförliggande bebyggelse ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Enbart ytor som ligger i skydd bakom bebyggelse kan utformas för stadigvarande vistelse. Detta gäller inom 70 meter från TGOJ-järnvägen.
- Ingen ny bebyggelse ska upprättas inom 30 meter till TGOJ-järnvägen. Detta uppfylls i aktuellt planförslag.
- Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse inom 150 meter från TGOJ-järnvägen ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från TGOJ-järnvägen.
- I ny bostadsbebyggelse inom 150 meter från TGOJ-järnvägen ska friskluftsintag placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från TGOJ-järnvägen alternativt på byggnadernas tak. För kontor eller verksamheter ska friskluftsintag placeras på en trygg sida inom 70 meter från TGOJ-järnvägen.

Rekommenderad väg för farligt gods - Hamnvägen

- Ytor inom 30 meter från Hamnvägen ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Ingen ny bebyggelse placeras inom 20 meter från Hamnvägen. Detta uppfylls i aktuellt planförslag.
- Från byggnader inom 30 meter från Hamnvägen det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från vägen.
- Ny bebyggelse inom 30 meter från Hamnvägen ska utföras med friskluftsintag placerat mot en trygg sida, d.v.s. bort från vägarna alternativt på byggnadernas tak.

Vägar som inte är rekommenderade för farligt gods – Arnöleden och Järnvägsgatans förlängning

- Från samtliga byggnader inom 30 meter från respektive väg ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från vägen.
- Ny bebyggelse inom 30 meter från vägarna ska utföras med friskluftsintag placerat mot en trygg sida, d.v.s. bort från vägarna alternativt på byggnadernas tak. Rekommendationen gäller inte för existerande bebyggelse.

Vidtas ovanstående åtgärder är bedömningen att en acceptabel risknivå uppnås i området. Observera att åtgärderna endast utgör förslag och det är upp till kommunen/projektet att ta beslut om åtgärder. För att säkerställa att ovanstående åtgärder vidtas krävs att dessa utformas som planbestämmelser i detaljplanen. De åtgärder som man beslutar om ska formuleras som planbestämmelser på ett sådant sätt att de är förenliga med Plan- och bygglagen (2010:900).

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING	6
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Syfte	7
1.3 Omfattning.....	7
1.4 Underlag	8
1.5 Internkontroll.....	8
1.6 Förutsättningar	8
2. OMRÅDESBESKRIVNING	9
2.1 Riskinventering	11
2.2 Identifiering av olycksrisker	11
3. FÖRDJUPAD RISKANALYS	12
3.1 Allmänt.....	12
3.2 Metodik.....	13
3.3 Resultat av riskberäkningar	14
3.4 Värdering av risk	16
3.5 Hantering av osäkerheter	18
4. SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER	21
4.1 Allmänna åtgärder	21
4.2 Sammanställning och effekt av riskreducerande åtgärder.....	26
5. SLUTSATSER	29
6. BILAGOR	29
7. REFERENSER	30

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Inom kv. Ribban 5,6 och 7 i Nyköping har ett planarbete påbörjats som syftar till att möjliggöra för bland annat vård, skola och bostäder. Då området ligger i anslutning till ett antal riskkällor behöver riskerna förknippade med dessa och eventuell påverkan på den tänkta bebyggelsen analyseras.

Denna rapport utgör en fördjupad riskanalys som bygger på en tidigare inledande riskanalys upprättad av Brandskyddslaget 2021-01-17.

Från den inledande riskanalysen identifierades följande riskkällor för Ribban 5 och 7:

- Hamnvägen och Arnöleden (transporter av brandfarliga vätskor och gaser)
- TGOJ-järnvägen (godstransporter, inklusive farligt gods)
- Verksamheter
 - Idbäcksverket (kraftvärmeverk)
 - Stena Recycling (återvinning/skrotning)
 - Woody Bygghandel (hantering brandfarliga varor)
 - OKQ8 Teatergatan (hantering brandfarliga varor)

I den inledande riskanalysen beskrivs respektive riskkälla och förekommande hantering/transporter av farliga ämnen kartläggs. Utifrån den inledande riskanalysen är den sammanfattande bedömningen att det finns ett antal olycksrisker som kan innebära sådan påverkan på områdets risknivå att säkerhetshöjande åtgärder behöver vidtas. Omfattning och behov av åtgärder är dock beroende av områdets utformning och vilka avstånd som kan hållas till de aktuella riskkällorna.

Det bedöms vara olycksrisker förknippade med TGOJ-järnvägen som har störst påverkan på risknivån, hur stor påverkan blir beror dock av hur området planeras. Även transporter med farligt gods på Hamnvägen och Arnöleden påverkar risknivån men i begränsad omfattning till följd av lågt antal transporter.

I tabell 1 nedan redovisas en sammanställning av de den preliminära bedömningen av åtgärder från den inledande riskanalysen.

Tabell 1 Bedömning av åtgärder för att reducera riskerna inom aktuellt planområde.

Riskkälla	TGOJ-järnväg	Hamnvägen/Arnöleden
<i>Skyddsavstånd utan åtgärder</i>	Vård, skola, bostäder: 150 meter Kontor: 70 meter Mindre känslig verksamhet*: 30 meter	30 meter
<i>Bebyggelsefritt</i>	15-30 meter**	0 meter
<i>Krav på utformning av ytor utomhus</i>	Inom 30 meter, dock bör skolgård ligga skyddad bakom annan bebyggelse eller på större avstånd	Inom 30 meter
<i>Utrymning möjlig bort från riskkälla</i>	Vård, skola, bostäder: inom 150 meter Kontor: inom 70 meter Mindre känslig verksamhet*: inom 30 meter	Inom 30 meter
<i>Skydd mot urspårning</i>	Inom 30 meter	-
<i>Skydd mot gaser – ny bebyggelse***</i>	Vård, skola, bostäder: 150 meter Kontor: 70 meter Mindre känslig verksamhet*: Inom 30 meter	Inom 30 meter, endast luftintag.
<i>Skydd mot brandspridning</i>	Inom 30 meter	Inga restriktioner
<i>Skydd mot explosion – fönster</i>	Inom 30 meter (kan även utgöra en kombination med skydd mot brand)	Inga restriktioner

* Exempelvis parkeringshus

** 15 meter avser icke känslig verksamhet som mindre garage/förråd, ej parkeringshus.

*** Åtgärd i befintlig bebyggelse endast om det bedöms tekniskt möjligt med hänsyn till befintlig utformning

I aktuellt planförslag som utgör underlag för den detaljerade analysen förutsätts att utformningen av Arnöleden kommer att ändras vilket innebär att transporterna på vägen begränsas i förhållande till vad som förutsattes i den inledande analysen.

Dessutom är Hamnvägen numera en rekommenderad sekundär transportväg för farligt gods utmed planområdet.

1.2 Syfte

Syftet med riskanalysen är att undersöka lämpligheten med aktuellt planförslag genom att utvärdera vilka risker som människor inom det aktuella området kan komma att utsättas för samt i förekommande fall föreslå hur risker ska hanteras så att en acceptabel säkerhet uppnås.

1.3 Omfattning

Analysen omfattar endast plötsliga, oväntade och oplanerade händelser med akuta konsekvenser för liv och hälsa för människor som vistas inom det studerade området. I analysen har hänsyn inte tagits till långsiktiga effekter av hälsofarliga ämnen, buller eller miljöfarliga utsläpp.

1.4 Underlag

Följande dokument har använts som underlag till analysen:

- Inledande riskanalys – Ribban 5 och 7, upprättad av Brandskyddslaget daterad 2021-01-14.
- Strukturplan Ribban 5,7 & 6. Daterad 2021-11-24.
- Funktionsutredning trafik och ledningar Kv Ribban 5 och 7 Nyköpings kommun. Upprättad av Sweco daterad 2021-07-02.
- Trafikhierarki upprättad av Urban minds.

Övriga källor som används redovisas löpande samt i avsnitt 7 *Referenser*.

1.5 Internkontroll

Riskanalysen omfattas av Brandskyddslagets kvalitetsledningssystem som innebär att en annan konsult i företaget har genomfört en övergripande granskning av rimligheten i de bedömningar som gjorts och de slutsatser som dragits (internkontroll). Initialer på interkontrollanten som bekräftar kontrollen redovisas i kolumnen för internkontroll på sidan 2.

1.6 Förutsättningar

1.6.1 Riskhänsyn vid ny bebyggelse

Ett flertal olika lagar reglerar när riskanalyser skall utföras. Enligt Plan- och bygglagen (2010:900) skall bebyggelse lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till boendes och övrigas hälsa. Sammanhållen bebyggelse skall utformas med hänsyn till behovet av skydd mot uppkomst av olika olyckor. Översiktsplaner skall redovisa riskfaktorer och till detaljplaner ska vid behov en miljökonsekvensbeskrivning tas fram som redovisar påverkan på bland annat hälsa. Utförande av miljökonsekvensbeskrivning regleras i Miljöbalken (1998:808).

Denna analys utgår från länsstyrelsen i Södermanlands läns vägledning för hur hänsyn bör tas i den fysiska planeringen i anslutning till vägar och järnvägar med transport av farligt gods /1/. I vägledningen presenteras riktlinjer och rekommenderade skyddsavstånd till olika typer av verksamheter vilket presenteras i figur 1 nedan. Skyddsavstånden avser exploatering i områden där det inte finns några riskreducerande faktorer.

0 - 30 meter	30 - 70 meter	70 - 150 meter	över 150 meter
E- Tekniska anläggningar <small>Ska ej orsaka skada vid avvikning eller urspämning</small> L- Odling & djurhållning <small>Ej byggnader</small> N- Friluftsliv & camping <small>Ex. motionspår</small> P- Parkering <small>Ej parkeringsthus</small> T- Trafik	E- Tekniska anläggningar G- Drivmedelsförsäljning J- Industri <small>vk 1</small> P- Parkering Z- Verksamheter <small>vk 1</small>	B- Bostäder <small>Erfaringsbostäder <small>vk 3A</small></small> C- Centrum H- Detaljhandel <small>vk 2B</small> K- Kontor <small>vk 1</small> R- Besöksanläggningar <small>Utan omfattande åskådarplats</small> Z- Verksamheter	B- Bostäder D- Vård K- Kontor O- Tillfällig vistelse R- Besöksanläggningar S- Skola

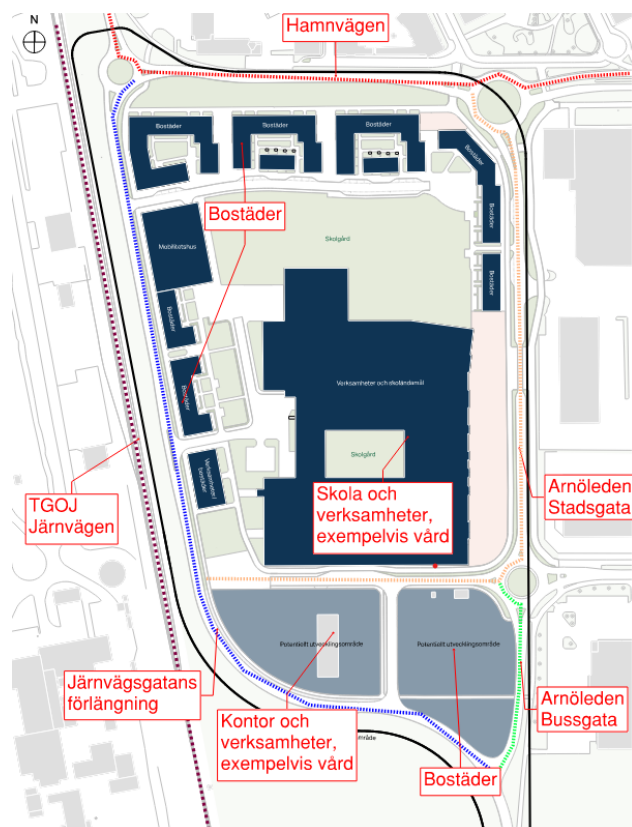
Figur 1 Rekommenderade skyddsavstånd till olika typer av markanvändning /1/

Vidare anger Trafikverket att ny bebyggelse generellt inte bör tillåtas inom 30 meter från järnväg (spårmitt) /2/. 30 meter anses ge utrymme för räddningsinsats och möjliggör viss utveckling av järnvägsanläggningen.

2. Områdesbeskrivning

Det aktuella området är beläget i området Spelhagen i Nyköping och avgränsas av Hamnvägen i norr, Järnvägsgatans förlängning och TGOJ-järnvägen i väster samt Arnöleden i öster. Inom området finns idag en befintlig byggnad med ett antal olika verksamheter. Området upptas också till stora delar av naturmark. Den södra delen av området är ett utvecklingsområde, exakt utformning är inte bestämt.

I figur 2 visas ett förslag på utformning av området som förutsätts för analysen. Förslaget utgår från att möjliggöra för bland annat vård, skola och bostäder. Vård är föreslaget dels i befintlig bebyggelse och i utvecklingsområdet. Föreslagen utformning kan i viss del komma att ändras då utformningen av utvecklingsområdet inte är fastställt.

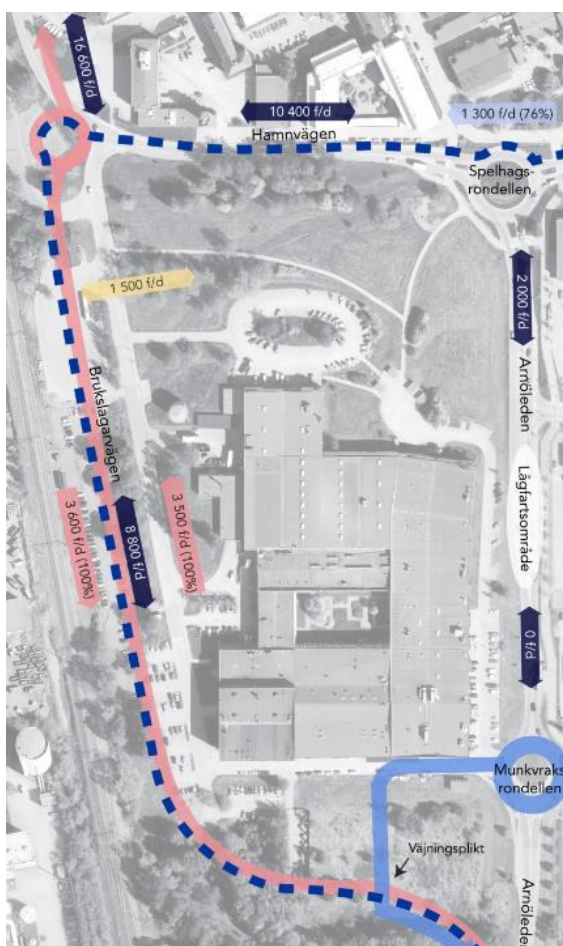


Figur 2 Förslag till utformning av område. Planen är preliminär och kan komma att ändras. Hamnvägen är en rekommenderad transportled för farligt gods och är markerad i rött, Järnvägsgatans förlängning i blått och Arnöleden i gult och grönt.

Idag går det transporter med farligt gods på Arnöleden. Det pågår en utredning att leda om en del av trafiken från Arnöleden till vad som kallas Järnvägsgatans förlängning, se figur 2 ovan för vägarnas lokalisering. Detta skulle innebära att trafiken, inklusive transporter med farligt gods till gasolmacken, i framtiden kommer att gå på Hamnvägen och vidare på Järnvägsgatans förlängning. Detta för att Arnöleden utmed planområdet planeras bli en stadsgata. Transporter till Woody Bygghandel kan dock förekomma på norra Arnöleden men kommer då inte passera skolområdet. På Hamnvägen kan det därmed gå flera transporter med farligt gods och vägen har nyligen klassats om till en rekommenderad sekundär transportled för farligt gods.

I den fortsatta analysen förutsätts att trafiken i området kommer att ledas om enligt ovanstående, detta utgör i sig en förutsättning för områdets aktuella utformning med avseende på skolans utformning etc.

Enligt utredningen Trafikanalys Västra infarten Nyköping, Bilaga Arnöleden och Spelhagen /3/ är trafikflödet på Hamnvägen förbi planområdet i dagsläget ca 17 500 fordon/dygn (ÅDT). Motsvarande för Arnöleden är 17 600 fordon/dygn och för Brukslagargatan 2200 fordon/dygn. Utifrån en förstudie för aktuellt planområde /4/ beräknas det gå ungefär 10 400 fordon på Hamnvägen. För Arnöleden kommer fordonstransporterna att minska till cirka 2000 fordon/dygn och på Järnvägsgatans förlängning (Brukslagarvägen) kommer transporterna att öka till 8800 fordon/dygn, se figur 3 nedan för uppskattade trafikflöden.



Figur 3 Utredning av trafikflöden efter omlodning av trafik. (Förstudie ribban 5 & 7, Nyköpings kommun)

2.1 Riskinventering

I den inledande analysen gjordes en inventering av riskkällor i anslutning till det studerade området. Riskinventeringen omfattar de riskkällor (transportleder för farligt gods, järnvägar, verksamheter som hanterar farligt gods m.m.) som kan innebära plötsliga och oväntade olyckshändelser med konsekvens för det aktuella området.

Inventeringen fokuserar på de riskkällor som ligger på ett sådant avstånd att Länsstyrelsens riktlinjer anger att de ska beaktas eller om de utgör en farlig verksamhet som bedöms kunna påverka risknivån inom planområdet.

Vid inventering av transporter av farligt gods framkommer det att Woody och Gasolmacken får leveranser av gasol 1 gång/vecka. Woody får leveranser av gasolflaskor och Gasolmacken i tankbil. Dessa transporter förväntas gå på Hamnvägen. Transporterna till Woody kan även förväntas passera bostadsområdet på Arnöleden, dock inte skolområdet. Vid omledningen kommer transporter till Gasolmacken att gå på Järnvägsgatans förlängning. En normal bensinstation erhåller uppskattningsvis 2-3 drivmedelstransporter i veckan och en transport med gasolflaskor (några specifika uppgifter har inte kunnat erhållas). Detta antas gälla för OKQ8.

På TGOJ-järnvägen utgör transporter, enligt erhållna uppgifter från SSAB samt Oxelösunds Hamn /5/, i dagsläget i huvudsak stål. På TGOJ-järnvägen går ca 3 transporter med stål per dag (i vardera riktningen förbi området). Utöver ståltransporterna transporteras även kalciumkarbid på banan vilket utgör farligt gods klass 4. I dagsläget sker två transporter per veckan med 65 ton/transport. Totalt transporteras 6800 ton kalciumkarbid/år. I framtiden planeras även för LNG-transporter (flytande naturgas som i gasfas är brännbar) via järnväg från Oxelösund. Aktuellt tillstånd medger 3800 vagnar/år med 50 ton/vagn. Dessa transporter förväntas starta 2022 och transporter kommer att ske i vacuumisolerade dubbelmantlade tankar.

2.2 Identifiering av olycksrisker

I den inledande riskanalysen framkommer det att följande olycksscenarioer ska studeras vidare med avseende på hög riskpåverkan på området:

TGOJ-järnvägen

- Ursparning
- Tågbrand
- Olycka vid transport av LNG (farligt gods klass 2.1)

Hamnvägen och Arnöleden

- Olycka vid transport av brandfarliga gaser (tankbil och gasolflaskor) och vätskor (drivmedel)

För mer information kring respektive olycksscenarioer se den inledande riskanalysen upprättad av Brandskyddslaget 2021-01-14. Aktuell data som används i denna fördjupade analys redovisas övergripande i bifogade bilagor, bilaga A, bilaga B samt bilaga C.

3. Fördjupad riskanalys

3.1 Allmänt

I denna fördjupade analys kvantifieras frekvensen för, samt konsekvenserna av, respektive olycksrisk. Vilken metod som används är beroende av riskkällans egenskaper. Underlag till beräkningar, valda metoder samt beräkningarna redovisas i bilaga A och B.

Frekvens- och konsekvensberäkningarna vägs sedan samman och redovisas i form av individrisk och samhällsrisk. Riskberäkningarna redovisas i bilaga C.

Beräkningar beaktar följande olycksrisker:

TGOJ-järnvägen

- Urspårning
- Tågbrand
- Olycka vid transport av LNG (farligt gods klass 2.1)

Rekommenderad väg för farligt gods - Hamnvägen

- Olycka vid transport av brandfarliga gaser (tankbil och gasolflaskor) och vätskor (drivmedel)

Vägar som inte är rekommenderade för farligt gods – Arnöleden och Järnvägsgatans förlängning

- Olycka vid transport av brandfarliga gaser (tankbil och gasolflaskor)

När det gäller Hamnvägen var den i den inledande analysen inte en rekommenderad transportled på sträckan förbi planområdet utan klassningen upphörde i anslutningen till rondellen mot Arnöleden. Detta har nu enligt NVDB /6/ ändrats och klassningen upphör i stället i höjd med Brukslagargatan (framtida Järnvägsgatans förlängning). Antalet transporter med farligt gods på sträckan förbi området bedöms dock inte ha påverkats av den ändrade klassningen. Då sträckan är klassad bör dock bedömningen utgå från detta och en uppdelning i den detaljerade analysen görs avseende rekommenderad (Hamnvägen) och icke rekommenderad (Arnöleden och Järnvägsgatans förlängning). Den planerade omdirigeringen av trafiken i området förutsätts inte påverka klassningen av vägarna.

Andelen transporterad farligt gods på vägarna varierar vilket påverkar risknivån från respektive väg. I analysen har därför rekommenderad väg för farligt gods och vägar som inte är rekommenderade för farligt gods värderats separat.

Vid beräkning av individ och samhällsrisk för kringliggande vägar har en representativ väg använts. Beräkningarna utgår från transportflödena på Hamnvägen som är den väg där det förväntas gå störst andel farligt gods jämfört med övriga vägar. Däremot är avståndet mellan bebyggelse och väg kortare för Arnöleden och Järnvägsgatans förlängning än för Hamnvägen. Vid beräkning av individ och samhällsrisk har därför avståndet till bebyggelse för Arnöleden använts. Genom att vid beräkning använda de största transportflödena som kan förekomma samt det minsta avståndet mellan bebyggelse och väg ger resultatet konservativa värden som bedöms kunna tillämpas på alla vägar. Vid värdering av risknivån har hänsyn tagit till huruvida vägen är rekommenderad transportled för farligt gods eller inte.

Eftersom kartläggning av farligt gods utgår från existerande verksamheter där eventuella tillkommande transporter av farligt gods i framtiden inte har beaktats kommer enbart ett nuläge beräknas. Det har inte identifierats någon ny verksamhet i området i förhållande till den inledande riskanalysen.

3.2 Metodik

Nedan beskrivs den metodik som har används vid analysering av risker.

3.2.1 Individrisk

Individrisk är den risk som en enskild person utsätts för genom att vistas i närheten av en riskkälla. Individrisken redovisas som platsspecifik individrisk. Detta görs i form av individriskkonturer som visar den kumulerade frekvensen (per år) för att en fiktiv person på ett visst avstånd omkommer till följd av en exponering från den studerade riskkällan. Detta innebär att på en punkt t.ex. 100 meter från riskkällan så är individrisken densamma som den sammanlagda frekvensen för alla skadescenarier med ett skadeområde \geq 100 meter.

Individrisken beräknas inledningsvis för obebyggd mark där ingen hänsyn tas till eventuell konsekvensreducerande effekt av exempelvis framföriggande bebyggelse (vare sig befintlig eller planerad) och andra avskärmande barriärer.

3.2.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk är det riskmått som en riskkälla utgör mot hela den omgivning som utsätts för risken. Frekvenser för olika händelser vägs samman med konsekvenserna av dessa. Detta redovisas sedan i ett F/N-diagram (frequency/number of fatality) där den kumulerade frekvenser plottas mot konsekvenser i ett logaritmerat diagram. Frekvenser uttrycks i förväntat antal olyckor per år (år^{-1}) och konsekvenser i antal omkomna, då dessa enheter ger en uppfattning om vilken risk samhället utsätts för till följd av en riskkälla.

Samhällsrisk redovisas för nollalternativet samt aktuellt utförandealternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom planområdet.

Acceptanskriterierna för samhällsrisk avser 1 km^2 med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km järnväg respektive väg. Samhällsrisk beräknas därmed för det studerade området samt omgivande bebyggelse. Konsekvensberäkningarna avseende antal omkomna kommer därför att omfatta både det studerade planområdet samt omgivande bebyggelse.

3.2.3 Värdering av risk

För att avgöra om de beräknade risknivåerna är acceptabla eller inte så jämförs de mot angivna acceptanskriterier. Vilken risknivå som kan betraktas som acceptabel är inte entydigt specificerat eller uttryckt i någon idag gällande lagstiftning.

I Sverige finns det inga nationella acceptanskriterier eller tydliga riktlinjer kring värdering av risk. För riskvärdering av bebyggelse intill farligt godsleder används i denna analys acceptanskriterierna från rapporten *Värdering av risk /7/*. I rapporten ges förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk, se tabell 2.

Tabell 2 Förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk.

Riskkriterier	Individrisk	Samhällsrisk för en väg- /järnvägssträcka på 1 km
Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras	10^{-5}	$F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1
Övre gräns för områden där risker kan anses vara små	10^{-7}	$F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1

Acceptanskriterierna i tabell 2 omfattar en lägre och en övre gräns. Risker som hamnar under den lägre gränsen är acceptabla och innebär normalt inga krav på åtgärder. Risker som hamnar över den övre gränsen är oacceptabla och ska reduceras genom åtgärder eller restriktioner.

Området mellan den lägre och den övre gränsen benämns ALARP (As Low As Reasonably Practicable). Inom detta område anses riskerna vara så stora att de noga måste beaktas och rimliga åtgärder vidtas för att sänka riskerna. För att bedöma rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder behöver därför begreppet *tolerabel risk* beaktas:

1. Till att börja med är det viktigt att beakta att omfattningen av riskreducerande åtgärder normalt är beroende av den planerade verksamheten, d.v.s. acceptansnivån varierar något mellan olika verksamheter och markanvändning. Detta gäller framför allt avseende individrisk. Individrisken beräknas normalt under antagandet att en individ är kontinuerligt närvarande på en given plats.

För bebyggelse och utrymmen som inte innebär stadigvarande vistelse, t.ex. parkeringsplatser samt gång- och cykelstråk, kan accepteras en risknivå som hamnar över den övre gränsen i angivna riskkriterier.

2. Rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder beror även på inom vilken del av ALARP som risknivån ligger. Enligt Värdering av risk /7/ så bör en rimlig utgångspunkt vara att risker som ligger inom den övre delen av ALARP-området, d.v.s. nära gränsen för "oacceptabla risker" endast tolereras om nyttan med verksamheten anses mycket stor och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av ALARP-området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Underlåtenhet att genomföra ytterligare åtgärder skall då motiveras.

3.2.4 Hantering av osäkerheter

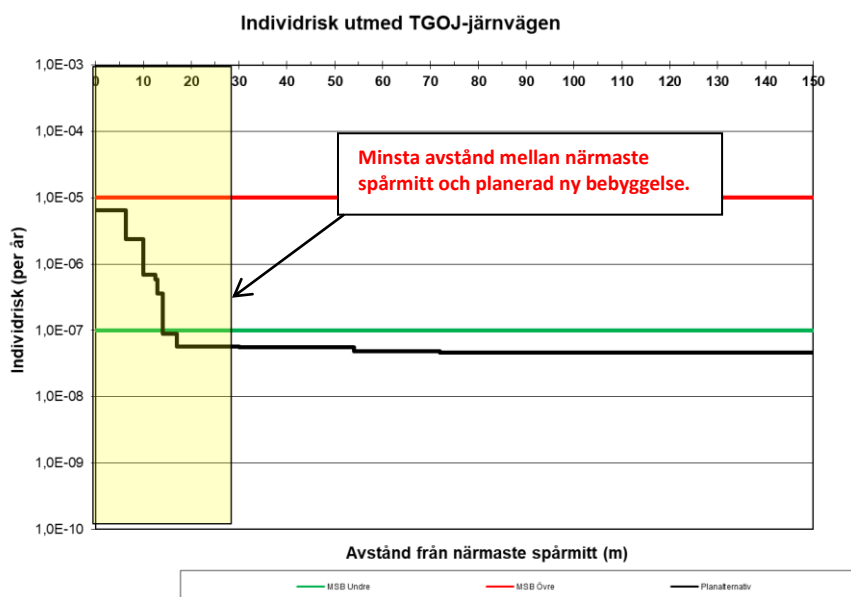
Det finns stora osäkerheter när det gäller indata och underlag i den här typen av analyser. För att hantera vissa av dessa osäkerheter görs en känslighetsanalys där indata varierar på olika sätt. Genom känslighetsanalysen skapas en så fullständig bild av risknivån som möjligt.

Känslighetsanalysen redovisas i avsnitt 3.5.

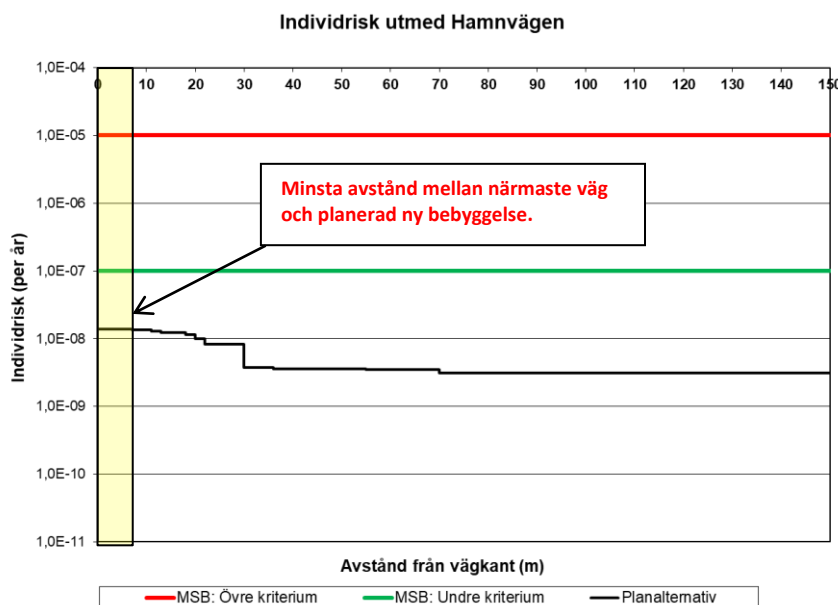
3.3 Resultat av riskberäkningar

3.3.1 Individrisk

Nedan redovisas den beräknade risknivån inom områden utmed TGOJ-järnvägen (se figur 4 samt Hamnvägen (se figur 5). För beräkningar se bilaga C. Avståndet i figurerna utgår från närmaste spårmitt respektive väggkant.



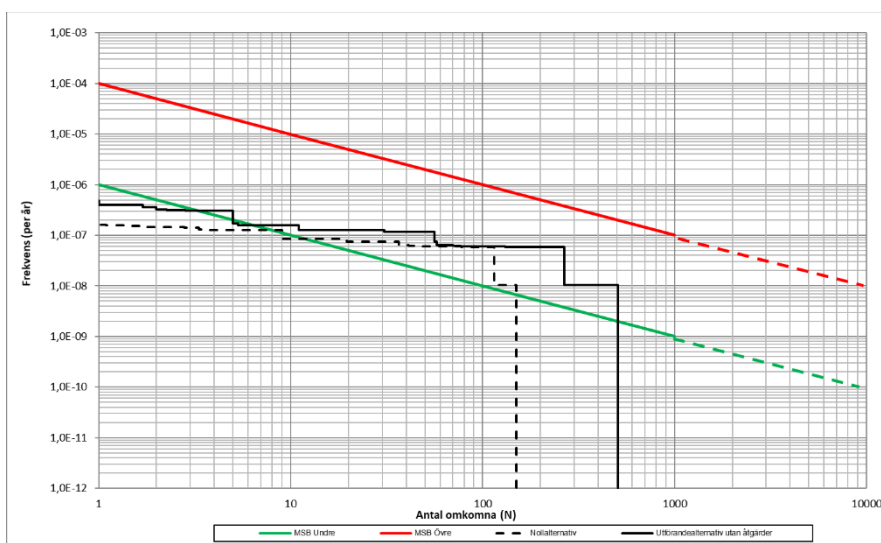
Figur 4 Individrisk utomhus med avseende på TGOJ-järnvägen.
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)



Figur 5 Individrisk med avseende på Hamnvägen.
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

3.3.2 Samhällsrisk

I figur 6 redovisas den beräknade samhällsrisken utmed både TGOJ-järnvägen och Hamnvägen. För beräkningar se bilaga C. Samhällsrisken presenteras med, utförandealternativet, respektive utan, nollalternativet, planerad ny bebyggelse inom det aktuella planområdet. Beräkningarna har gjorts för dagens trafik som identifierades i den inledande analysen för området, inga tillkommande verksamheter som kan tillföra transporter av farligt gods har identifierats.



Figur 6 F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för planområdet och dess närmaste omgivning med avseende på olycksrisker förknippade med TGOJ-järnvägen och Hamnvägen (Observera att frekvens och konsekvens redovisas med logaritmisk skala.)

3.4 Värdering av risk

3.4.1 Individrisk

TGOJ-Järnväg

Med avseende på individrisk bedöms olycksriskerna förknippade med transporter på TGOJ-järnvägen kunna hamna under acceptabel nivå ($< 10^{-7}$) redan 20 meter från järnvägens närmaste spårmitt. Individrisken hamnar aldrig på en oacceptabel nivå ($> 10^{-5}$ per år).

Rekommenderad väg för farligt gods – Hamnvägen

Med avseende på den beräknade individrisken för Hamnvägen visar beräkningarna att med dagens trafiksituation så är risknivån för området acceptabel oavsett avstånd från aktuell riskkälla.

Vägar som inte är rekommenderade för farligt gods – Arnöleden och Järnvägsgatans förlängning

Med avseende på den beräknade individrisken för de vägar som inte är rekommenderade för farligt gods, Arnöleden och Järnvägsgatans förlängning, visar beräkningarna att med dagens trafiksituation så är risknivån för området acceptabel oavsett avstånd från aktuell riskkälla. Det ska noteras att detta gäller även då beräknad andel transporter är högre än det verkliga. Individrisken kommer därmed att bli ännu lägre än det beräknade utmed dessa vägar.

Sammanvägd bedömning

Då planerad bebyggelse utgörs av bostäder, vård samt skola som innebär att personer kan förväntas vistas i området stor del av tiden och därmed utsättas för en förhöjd risknivå kontinuerligt kan det dock vara rimligt att vidta vissa enklare säkerhetshöjande åtgärder med hänsyn till försiktighetsprincipen även om risknivån är låg. Vidare anser Länsstyrelsen att vid korta avstånd ska större vikt läggas vid konsekvensen av en olycka än frekvensen, vilket är att beakta med avseende på det korta avståndet mellan planområde och järnväg respektive väg.

3.4.2 Samhällsrisk

Sammanvägd bedömning

Den sammanlagda risknivån ligger inom ALARP-området som innebär att man ska sträva efter att sänka risknivån så långt det är möjligt. Det går även att urskilja att risknivån är högre för utbyggnadsalternativet än nollalternativet. Området består idag främst av industri men det finns även padelhall och en mindre restaurang. Med föreslagen exploatering kommer personantalet både inomhus och utomhus öka i jämförelse med dagens persontäthet vilket bidrar till de ökade konsekvenser. Framför allt kan personantalet utomhus (skolgård) etc. förväntas öka markant i och med den tänkta exploateringen.

Med hänsyn till den beräknade samhällsriskens bedöms risknivån vara så hög att säkerhets-höjande åtgärder behöver vidtas för att sänka risknivån vid ny bebyggelse och ändrad markanvändning inom det studerade området. Se vidare avsnitt 4.

Nedan redovisas vidare en bedömning av respektive riskkällas påverkan på risknivån.

TGOJ-järnvägen

Den olycksrisk som framför allt bidrar till att risknivån med avseende på samhällsrisk är förhöjd är olycka som medför BLEVE från TGOJ-järnvägen. Under dagtid är det personer utomhus som främst påverkas men vid "fullsatt" område påverkas även risknivån av att personer inomhus omkommer. Personer som vistas utomhus är dock skyddade av bebyggelse i alla riktningar vilket inte beaktats i beräkningarna. I vilken grad personer verkligen påverkas är svår att bedöma och det verkliga antalet döda bedöms kunna vara mindre än det beräknade då risken är beräknat konservativt. Fullsatt område innebär att det är maximalt personantal inom bostäder, skola, samtliga verksamheter samt utomhus vid olyckstillfället. Detta är ett scenario som med mycket stor sannolikhet aldrig kommer att inträffa. Dessa scenarier kan därför ses som en övre gräns när det gäller studerade risker.

Rekommenderad väg för farligt gods – Hamnvägen

Den bidragande risknivån från Hamnvägen är liten. Vid beräkning av samhällsriskens enbart från vägarna framkom det att samhällsriskens låg på en accepterad nivå. Hamnvägen förbi planområdet är däremot en rekommenderad väg för farligt gods.

Vägar som inte är rekommenderade för farligt gods – Arnöleden och Järnvägsgatans förlängning

Likt ovan är samhällsriskens enbart från vägarna på en accepterad nivå. Detta är dessutom beräknad för en större andel farligt gods än vad som kommer att förekomma på Arnöleden och Järnvägsgatans förlängning. Den bidragande risknivån till samhällsriskens från dessa vägar är mycket liten.

3.5 Hantering av osäkerheter

Riskanalyser utgår generellt från underlag och metoder som innefattar osäkerheter. Dessa kan bland annat beröra antalet transporter av farligt gods, fördelningen mellan de olika farligt godsklasserna, konsekvenser av olyckor samt persontätheter.

Överlag görs konservativa bedömningar för att hantera osäkerheter i underlag och metoder. Ytterligare hantering av osäkerheterna kan dock vara nödvändigt.

Som indata i bedömningar och beräkningar erfordras värden på eller information om bl.a. utformning, olycksstatistik, väder, vind och hur olika ämnen beter sig med mera. Underlaget har i vissa fall varit bristfälligt och antaganden har varit nödvändiga för att kunna genomföra analysen. I denna analys är bedömningen att det främst är följande beräkningar, antaganden och förutsättningar som är belagda med osäkerheter:

- **Frekvensberäkningarna har utförts med schablonmetoder**

Frekvensberäkningarna utgår från modeller som baseras på olyckskvoter och statistik. Beräkningarna för urspåringsfrekvenser utgår från den vägledning som utgör underlag till gällande kravställning för dimensionering av konstruktioner i anslutning till järnvägsspår, se kraven enligt SS-EN 1991-1-7:2006 (Eurokod 1-7).

De olyckskvoter som redovisas utgör genomsnittliga värden för en längre järnvägssträcka. Sannolikheten för bl.a. utsläpp och antändning av utsläpp m.m. utgör genomsnittliga värden baserade på statistik.

Eftersom frekvensberäkningarna görs för relativt långa sträckor (1 km) så innebär aktuella antaganden höga olycksfrekvenser. Uppskattningsvis så innebär aktuella antaganden konservativa värden på olycksfrekvenser.

Det finns en annan modell som ofta används för frekvensberäkningar avseende järnvägsolycka: Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen /8/. Denna beräkningsmodell är endast applicerbar på olycka med godståg och utgår från ett flertal olika typer av felfaktorer (rälsbrott, solkurvor, spårålagessfel, vagnfel, växelfel m.m.). Utslaget på den aktuella godstrafiken så kan det konstateras att de använda olyckskvoterna ligger i samma härad även med denna modell. Någon känslighetsanalys utförs inte specifikt för skillnader i olika beräkningsmetoder utan osäkerheterna kring frekvenser bedöms kunna hanteras i känslighetsanalysen som redovisas nedan.

- **Uppskattad mängd och antal transporter med farligt gods förbi planområdet**

Det statistiska underlaget som används i analysen är behäftat med osäkerheter främst vad gäller antalet transporter av respektive farligt godsklass.

Den totala mängden farligt gods samt fördelningen mellan respektive klass har uppskattats utifrån kringliggande verksamheter samt utifrån information om dessa eller statistik från liknande verksamheter.

För att säkerställa att risknivån för området inte underskattas görs en känslighetsanalys avseende antal transporter med farligt gods, se vidare avsnitt 3.5.1.

- **Val av olycksscenarier, konsekvensberäkningar**

Även konsekvensberäkningarna omfattar relativt stora osäkerheter, vilket bl.a. är beroende av bedömningar av skadeområdet samt förväntat antal omkomna för de studerade skadescenarierna.

Generellt så bedöms de skadescenarier och förutsättningar som studeras inte vara de mest troliga, men anses vara de som rimligtvis kan ge upphov till mest omfattande konsekvenser. Beräkningarna av förväntat antal omkomna utförs med grova antaganden om bl.a. en jämn fördelning av persontätheten inom det aktuella området med utgångspunkt från närmaste bebyggelse respektive närmaste yta som kan uppmuntra till stadigvarande vistelse utomhus. Att avståndet mellan riskkälla och bebyggelse kan variera utmed den studerade sträckan beaktas endast i begränsad utsträckning.

Konsekvenserna av respektive skadescenario har beräknats utifrån förutsättningen att det bedöms inträffa där det gör som mest skada inom det aktuella planområdet.

- **Uppskattat personantal**

Personantalet har uppskattats utifrån planerade volymer inom planområdet. Utgångspunkten har sedan varit att motsvarande persontätheter även gäller för omkringliggande områden eftersom dessa kommer att exploateras med liknande bebyggelse.

För att säkerställa att risknivån för området inte underskattas med hänsyn till ovanstående parametrar görs en känslighetsanalys avseende förändrade konsekvenser av respektive skadescenario, se vidare avsnitt 3.5.1.

3.5.1 Känslighetsanalys

Resultatet av känslighetsanalysen har studerats med avseende på påverkan på samhällsrisk. Känslighetsanalysen beaktar följande olycksscenarier:

Förändrat antal godstransporter

En av de största osäkerheterna i riskanalysen bedöms ligga i den antagna mängden farligt gods på angränsande riskkällor. Känslighetsanalysen beaktar antalet transporter av respektive farligt godsklass enligt följande:

- Det uppskattade antalet farligt godstransporter på TGOJ-järnvägen samt Hamnvägen och Arnöleden antas öka med en faktor 2 i förhållande till de dimensionerande transportmängderna.

Att ökningen av transporter enbart uppgår till det dubbla i känslighetsanalysen utgår från att givet antal transporter är grundat på information från verksamheterna. Det bedöms därför inte förekomma större fluktuationer i antalet transporter.

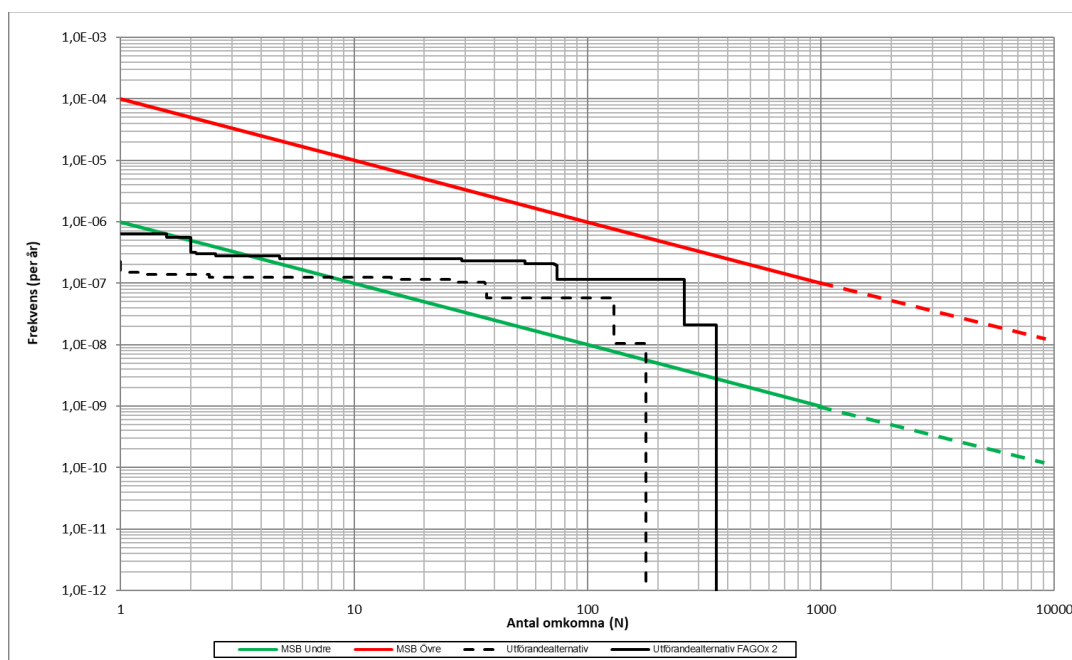
Förändrat antal omkomna

De antaganden som görs avseende förväntat personantal m.m. som används i analysen är behäftat med osäkerheter. Känslighetsanalysen beaktar konsekvenserna av respektive skadescenario enligt följande:

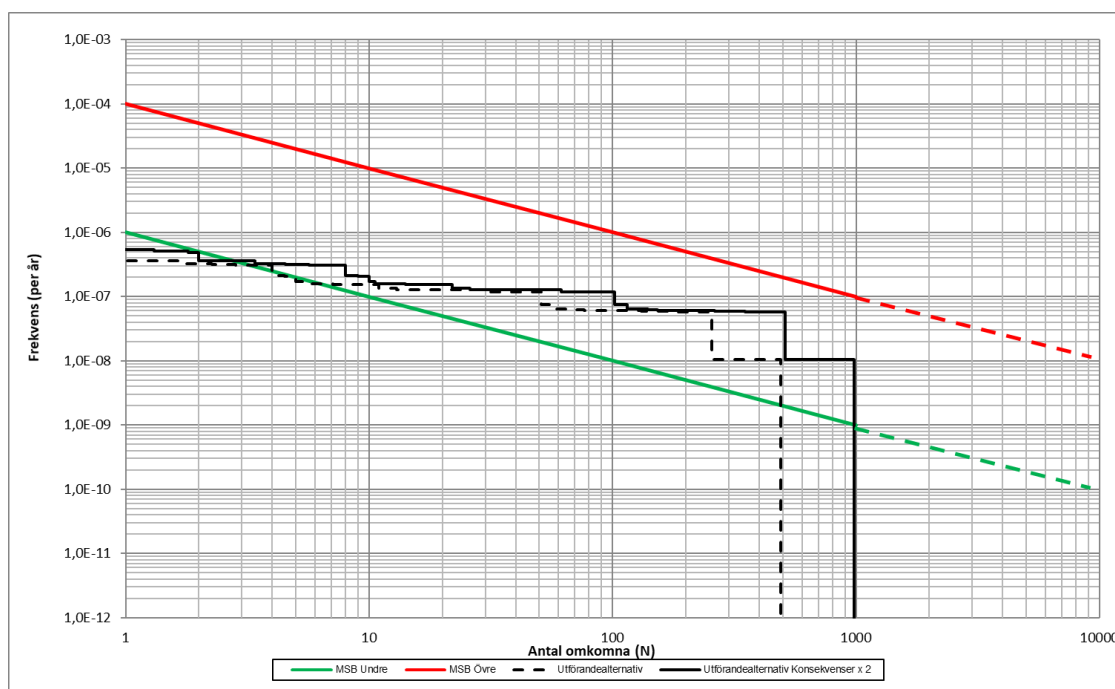
- Beräknade antal omkomna för respektive skadescenario antas öka med en faktor 2 i förhållande till genomförda konsekvensberäkningar i bilaga B.

Resultat

Resultatet av känslighetsanalysen har studerats med avseende på påverkan på samhällsrisk och redovisas i figur 7 och figur 8.



Figur 7 F/N-kurva som redovisar samhällsriskenivån med avseende på skadescenarier på TGOJ-järnvägen och Hamnvägen i anslutning till aktuellt planområde. Känslighetsanalys del 1 – Förändrat antal farligt godsvagnar på TGOJ-järnvägen och antal farligt godstransporter på Hamnvägen.



Figur 8 F/N-kurva som redovisar samhällsriskenivån med avseende på skadescenarier på TGOJ-järnvägen och Hamnvägen i anslutning till aktuellt planområde. Känslighetsanalys 2 – Förändrade konsekvenser.

Resultatet av känslighetsanalysen har studerats med avseende på påverkan på samhällsrisik.

Utförd känslighetsanalys påvisar följande:

- Även vid en ökning av antalet farligt godstransporter på både TGOJ-järnvägen och Hamnvägen där fördelningen mellan farligt godsklasser utgår från lokala kartläggningar så hamnar samhällsrisiken fortfarande inom ALARP. Samhällsrisiken hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.
- En kraftig ökning av konsekvenserna för respektive skadescenario bedöms också ha en begränsad påverkan på resultatet. Samhällsrisiken hamnar fortfarande inom ALARP. Samhällsrisiken hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.

4. Säkerhetshöjande åtgärder

Enligt den fördjupade riskanalysen bedöms samhällsrisiknivån för det studerade planområdet vara så hög att riskreducerande åtgärder ska beaktas vid exploatering. Åtgärdernas omfattning behöver dock diskuteras, då acceptansnivån är beroende av markanvändning samt avstånd till den aktuella riskkällan.

Med utgångspunkt från ovanstående resonemang så redovisas i nedanstående avsnitt separata bedömningar av rimligheten i att vidta åtgärder med avseende på de olycksrisker som studeras i den fördjupade riskanalysen.

4.1 Allmänna åtgärder

4.1.1 Skyddsavstånd och placering av verksamheter

Vid lokalisering i ett utsatt område bör man alltid sträva efter att lokalisera bebyggelsen på ett tillräckligt stort avstånd från eventuella störningskällor. Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (se figur 1) bör användas som riktvärden för placering av verksamheter.

Normalt innebär uppfyllande av Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd att ytterligare säkerhetshöjande åtgärder inte behöver vidtas.

I tätbebyggda områden med högt tryck på exploatering kan det vara svårt att tillämpa stora skyddsavstånd. Man kan då kompensera för minskade skyddsavstånd med byggnadstekniska åtgärder i viss utsträckning. Byggnadstekniska åtgärder kan bland annat avse utformning eller placering av en byggnad.

Generellt gäller att känsligare verksamheter bör placeras längre från riskkällan, vilket även framgår av redovisade riktlinjer. Sådana omfattar bland annat förskolor och skolor, äldreboende och större publika lokaler, dvs. verksamheter som kan ta längre tid att utrymma och där personerna i byggnaden kan ha svårt att uppfatta en nödsituation eller har svårt att sätta sig själva i säkerhet. Känsliga verksamheter rekommenderas generellt av försiktighetsskäl att placeras så att rekommenderade skyddsavstånd uppfylls.

TGOJ-järnvägen

Det är endast större olyckor med LNG som bedöms innebära en möjlig påverkan på den befintliga bebyggelsen. Rekommenderat skyddsavstånd till skolor och vård (150 meter) och bostäder (70 meter) uppnås ej. Planområdets utformning kan accepteras trots det kortare avståndet under förutsättning att åtgärder vidtas, se nedan.

I beräkning av risknivån i området framkommer det att de flesta riskerna påverkar inom 30 meter till järnvägen. För den tillkommande bebyggelsen ska därför ett minsta avstånd på 30 meter till järnvägen hållas oavsett användning. Detta uppfylls i aktuellt planförslag för all bebyggelse. Utöver skyddsavstånd till ny bebyggelse ska byggnadstekniska åtgärder vidtas enligt för att säkerställa att personer inte utsätts för höga risknivåer, se avsnitt 4.1.2-4.17.

Rekommenderad väg för farligt gods – Hamnvägen

Hamnvägen förbi planområdet är en sekundär transportväg för farligt gods men antalet transporter är mycket begränsat då rekommendationen upphör i anslutning till området och det endast finns en bensinstation som bedöms generera transporter på sträckan. Individrisken är även mycket låg. Med hänsyn till att vägen ändå är rekommenderad för farligt gods och den sammanvägda samhällsrisken för området ligger inom ALARP-området bör ingen ny bebyggelse placeras inom 20 meter till vägen. Detta uppfylls i aktuellt planförslag. Utöver detta kan vissa enklare byggnadstekniska åtgärder vara rimliga att vidta för bebyggelse som vetter direkt mot Hamnvägen och områden utomhus mellan väg och bebyggelse.

Vägar som inte är rekommenderade för farligt gods – Arnöleden och Järnvägs gatans förlängning

Med hänsyn till ett lågt antal transporter med farligt gods förbi planområdet är bedömningen att bebyggelse, enligt planförslaget, kan uppföras utan skyddsavstånd till Arnöleden och Järnvägs gatans förlängning. Det kan dock förekomma enstaka transporter med farligt gods på Järnvägs gatans förlängning och på norra delen av Arnöleden varav vissa enklare byggnadstekniska åtgärder bedöms vara rimliga att vidta för bebyggelse.

4.1.2 Utformning av obebyggda ytor

Utformningen av obebyggda områden i anslutning till riskkällor bör göras med hänsyn tagen till risknivån. Detta gäller främst för områden mellan ny bebyggelse och riskkällor. Området bör inte utformas så att det uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Detta innebär att området inte ska innehålla faciliteter som medför att personer kommer att befinna sig i området under en längre tid, som t.ex. uteserveringar, lekplatser. Däremot kan utrymmena innehålla exempelvis parkeringsplatser i markplan. Enstaka parkbänkar bedöms kunna accepteras. Se figur 8 längre ner för omfattning av ytor för ej stadigvarande vistelse.

TGOJ-järnvägen

Inom 30 meter från TGOJ-järnvägen är risknivån hög till följd av risk för urspårning och tågbrand och obebyggda områden bör utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. På avstånd över 30 meter från TGOJ-järnvägen är det främst BLEVE som bedöms påverka risknivån för området. Områden som är direkt exponerade av TGOJ-järnvägen inom ca 70 meter från TGOJ-järnvägen bör därför inte utformas för att uppmuntra stadigvarig vistelse. Personer som vistas i området med framförliggande bebyggelse till TGOJ-järnvägen bedöms vara relativt skyddade mot tryckvågor och brand vid BLEVE.

Rekommenderad väg för farligt gods – Hamnvägen

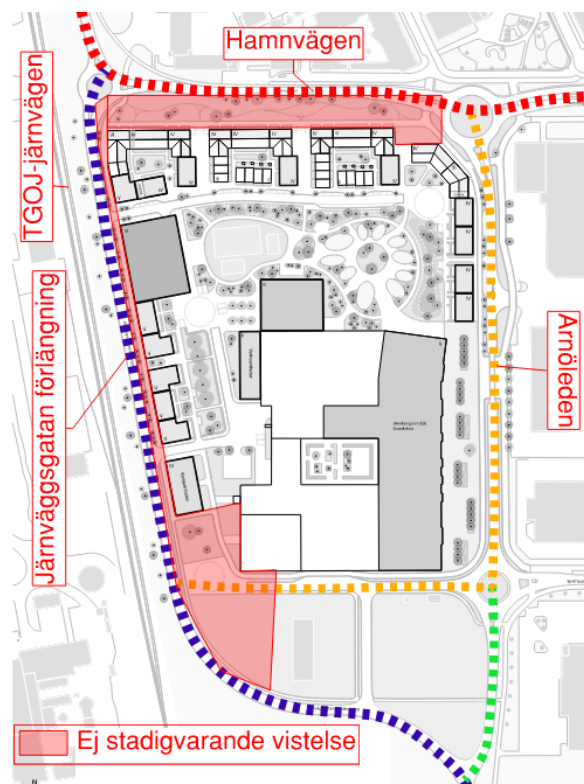
Utrymmen utomhus inom 30 meter från Hamnvägen, utformas så de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Detta gäller ytor som är direkt exponerade mot väg, det vill säga inte i skydd av någon bebyggelse.

Rekommendationen avseende stadigvarande vistelse avser allmänna gemensamma ytor. Däremot bör balkonger i fasader som vetter mot Hamnvägen kunna medges även inom zonen för icke stadigvarande vistelse. I jämförelse med allmänna ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse, t.ex. uteserveringar och lekplatser m.m. som normalt brukar regleras i detaljplan enligt ovan så innebär balkonger att ett begränsat personantal kan vistas inom dessa ytor. Det är inte heller troligt att ytan nyttjas under lika långa tidsperioder som allmänna ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse eftersom det endast är enstaka personer som har tillgång till balkongerna.

Balkonger innebär även bättre förutsättningar för personer att sätta sig i säkerhet inomhus jämfört med allmänna ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse. För allmänna ytor kan bakomliggande byggnader innebära långa gångavstånd innan personerna kan sätta sig i säkerhet eller ta sig bort från riskkällan. För balkonger handlar det om några enstaka meter och därefter goda möjligheter att stänga om sig. Personerna som vistas på balkongen har dessutom mycket god lokalkännedom.

Vägar som inte är rekommenderade för farligt gods – Arnöleden och Järnvägsgatans förlängning

På Arnöleden och Järnvägsgatans förlängning förekommer det enbart enstaka transporter i veckan. På Arnöleden går det enbart gasol som transporteras i gasflaskor till Woody norr om Arnöleden. Detta innebär att det enbart är en liten del av vägen som är exponerad under en kort stund. Påverkan på risknivån från dessa vägar är mycket liten. Med avseende att enbart enstaka transporter förekommer samt att vägarna inte är rekommenderade vägar för farligt gods ställs det inga krav på utformning av ytor mellan bebyggelse och respektive väg.



Figur 9 Illustration över de ytor som ska utformas för ej stadigvarande vistelse.

4.1.3 Utrymningsstrategi

Utrymningsstrategin för bebyggelse i anslutning till en riskkälla kan behöva beakta möjliga externa olyckor. Detta innebär att utrymningsvägar behöver dimensioneras och utformas så att utrymning kan ske tillfredställande även vid en utvändigt olycka.

TGOJ-järnvägen

Bebyggelse som inte uppfyller länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd bör utformas med åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från TGOJ-järnvägen. Det rekommenderas att denna utrymningsväg utgörs av "normal" entré för att på så sätt ta hänsyn till personers benägenhet att utrymma samma väg som de kom in.

Rekommenderad väg för farligt gods – Hamnvägen

Med hänsyn till att vägen är en rekommenderad väg för farligt gods bör ny bebyggelse inom 30 meter från Hamnvägen utföras med möjlighet att utrymma bort från vägen.

Vägar som inte är rekommenderade för farligt gods – Arnöleden och Järnvägsgatans förlängning

Med hänsyn till försiktighetsprincipen samt att åtgärden utgör ett mindre ingrepp för ny bebyggelse bör ny bebyggelse inom 30 meter från Arnöleden samt Järnvägsgatans förlängning utföras med möjlighet att utrymma bort från vägen.

4.1.4 Skydd mot urspårning

Konsekvenserna av en urspårning kan minskas antingen genom att hindra ett tåg att lämna spårområdet genom att exempelvis uppföra mur/vägg mellan byggnader och spår eller att byggnader konstrueras på ett sådant sätt att fortskridande ras förhindras.

TGOJ-järnvägen

Utifrån frekvensberäkningarna bör ett urspårat tåg inte hamna längre bort från spåret än 12 meter. Då bebyggelse inte uppförs inom 30 meter från TGOJ-järnvägen bedöms åtgärder som skydd mot urspårning inte vara nödvändiga.

4.1.5 Skydd mot gaser

För att kunna reducera konsekvenserna av ett större gasutsläpp så krävs relativt stora skyddsavstånd mellan bebyggelse och riskkälla, alternativt restriktioner på bebyggelse och områdesutformning som reducerar persontätheten, främst utomhus. Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd bedöms innebära ett relativt begränsat skydd mot stora utsläpp av brännbar gas. Beroende på gastyp går det att reducera konsekvenserna inomhus genom att vidta ventilationstekniska åtgärder för att förhindra spridning av brännbara gaser in i byggnader. De åtgärder som ofta föreslås innebär att friskluftsintag placeras mot sidor med bra luftkvalitet och dit det är mindre sannolikt att gasen sprids vid ett eventuellt gasutsläpp på den närliggande järnvägen (t.ex. bort från järnvägen/vägen alternativt på tak). Om ventilationssystemet utförs mekaniskt så kan det dessutom utformas så att det på ett enkelt sätt kan stängas av, genom exempelvis central nödavsängning.

TGOJ-järnvägen

Då ventilationsåtgärder enligt ovan normalt innebär en relativt låg kostnad och inte inkräktar mer än marginellt på byggnadsutformningen bedöms det rimligt att vidta dessa åtgärder för ny bebyggelse som placeras inom rekommenderade skyddsavstånd från TGOJ-järnvägen (varierande avstånd beroende på användning). För befintlig bebyggelse ska åtgärder vidtas i den utsträckning det är tekniskt möjligt. Det bedöms inte rimligt att ställa krav på åtgärder i befintligt ventilationssystem om det i övrigt inte ändras.

Rekommenderad väg för farligt gods – Hamnvägen

Eftersom placering av friskluftsintag inte bedöms innebära någon större merkostnad eller begränsningar i val av byggmetod bedöms det med hänsyn till att Hamnvägen är en rekommenderad transportled rimligt att vidta denna åtgärd för ny bebyggelse som placeras inom 30 meter från Hamnvägen. Med hänsyn till den låga riskpåverkan bedöms det dock inte rimligt att göra några begränsningar i val av ventilationssystem och därför inte heller krav på möjlighet till enkel avstängning eller central nödavstängning.

Vägar som inte är rekommenderade för farligt gods – Arnöleden och Järnvägsgatans förlängning

Eftersom placering av friskluftsintag inte bedöms innebära någon större merkostnad eller begränsningar i val av byggmetod bedöms det med hänsyn till försiktighetsprincipen rimligt att vidta denna åtgärd för ny bebyggelse som placeras inom 30 meter från Arnöleden och Järnvägsgatans förlängning. Med hänsyn till den låga riskpåverkan bedöms det dock inte rimligt att göra några begränsningar i val av ventilationssystem och därför inte heller krav på möjlighet till enkel avstängning eller central nödavstängning. Det bedöms med hänsyn till förväntat låg risknivå inte skäligt att vidta åtgärder i befintlig bebyggelse.

4.1.6 Skydd mot brand

För att minska sannolikheten att en brand i anslutning till intilliggande riskkällor (brand i godståg, olycka med brandfarliga vätskor och gaser) sprider sig in i kringliggande byggnader innan människor i byggnaden har hunnit utrymma kan fasader som vetter mot riskkällan utföras i material som begränsar risken för brandspridning in i byggnaden under den tid det tar att utrymma. Som ett riktvärde bör brandspridning begränsas i åtminstone 30 minuter. Hur omfattande kraven behöver vara för att erhålla skydd mot brandspridning är beroende av avståndet mellan byggnad och riskkälla. Nivåskillnad och framförliggande barriärer behöver också beaktas.

Exempelvis kan väggar utföras i obrännbart material eller med konstruktioner som uppfyller brandteknisk avskiljning avseende täthet och isolering. Krav på att förhindra brandspridning gäller även fönster och glaspartier, t.ex. kan fönster utföras så att de är intakta och sitter kvar under hela brandförloppet genom att använda brandklassade, härdade eller laminerade glas.

TGOJ-järnvägen

Olycka med brand i godståg bedöms ha stor påverkan på risknivån på korta avstånd från TGOJ-järnvägen. Konsekvensområdet är dock relativt kort. Eftersom bebyggelse planeras på ett avstånd som överstiger 30 meter från TGOJ-järnvägen bedöms det inte vara skäligt att ställa krav på fasader och fönster.

Rekommenderad väg för farligt gods – Hamnvägen

Det bedöms inte skäligt att ställa krav på byggnadernas fasad utmed Hamnvägen, oberoende av avstånd. Åtgärderna innebär både en stor kostnad och begränsningar i byggnadsutformning som inte kan motiveras med hänsyn till den låga risknivån.

Vägar som inte är rekommenderade för farligt gods – Arnöleden och Järnvägsgatans förlängning

Det bedöms inte heller skäligt att ställa krav på byggnadernas fasad utmed Arnöleden eller Järnvägsgatans förlängning, oberoende av avstånd. Åtgärderna innebär både en stor kostnad och begränsningar i byggnadsutformning som inte kan motiveras med hänsyn till den låga risknivån och att vägarna inte är rekommenderade transportleder.

4.1.7 Skydd mot explosion

Olycka med brännbara gaser (klass 2.1) kan leda till explosion (BLEVE). En säkerhetshöjande åtgärd är då att utföra fönster med härdat och/eller laminerat glas alternativt trycktåligt glas. Detta förhindrar att människor innanför fönster skadas till följd av att glas trycks in i byggnaden till följd av tryckvågen.

TGOJ-järnvägen

Olyckor med brännbara gaser (LNG) bedöms ha en relativt stor påverkan på risknivån, på avstånd över 30 meter från TGOJ-järnvägen är det dock endast mycket stora olyckor, som BLEVE, som innebär en påverkan. Sannolikheten för en mycket stor gasmolnsexplosion bedöms som extremt låg och dessutom visar beräkningarna att det främst är personer utomhus som omkommer utomhus som påverkar risknivån. Dessa personer är skyddade av framförliggande bebyggelse vilket innebär att risknivån blir väldigt konservativ. Den höga risknivån beror även på beräkning vid fullsatt område vilket bedöms vara väldigt osannolikt. Trycktåligt glas skulle inte ge en tillräckligt stor riskreducerande effekt och det bedöms därför inte skäligt att ställa krav på åtgärder till följd av explosion på avstånd över 30 meter.

Rekommenderad väg för farligt gods – Hamnvägen

Det bedöms inte skäligt att ställa krav på byggnadernas fasad avseende skydd mot gasexplosion utmed Hamnvägen oberoende av avstånd. Åtgärderna innebär både en stor kostnad och begränsningar i byggnadsutformning som inte kan motiveras med hänsyn till den låga risknivån.

Vägar som inte är rekommenderade för farligt gods – Arnöleden och Järnvägsgatans förlängning

Det bedöms inte skäligt att ställa krav på byggnadernas fasad avseende skydd mot gasexplosion utmed Arnöleden eller Järnvägsgatans förlängning oberoende av avstånd. Åtgärderna innebär både en stor kostnad och begränsningar i byggnadsutformning som inte kan motiveras med hänsyn till den låga risknivån.

4.2 Sammanställning och effekt av riskreducerande åtgärder

I aktuellt förslag rekommenderas nedanstående åtgärder, för att reducera riskerna inom området:

TGOJ-järnvägen

- Ytor utomhus som är direkt exponerade mot TGOJ-järnvägen utan framförliggande bebyggelse ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Enbart ytor som ligger i skydd bakom bebyggelse kan utformas för stadigvarande vistelse. Detta gäller inom 70 meter från TGOJ-järnvägen.
- Ingen ny bebyggelse ska upprättas inom 30 meter till TGOJ-järnvägen. Detta uppfylls i aktuellt planförslag.
- Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse inom 150 meter från TGOJ-järnvägen ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från TGOJ-järnvägen.
- I ny bostadsbebyggelse inom 150 meter från TGOJ-järnvägen ska friskluftsintag placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från TGOJ-järnvägen alternativt på byggnadernas tak. För kontor eller verksamheter ska friskluftsintag placeras på en trygg sida inom 70 meter från TGOJ-järnvägen.

Rekommenderad väg för farligt gods – Hamnvägen

- Ytor inom 30 meter från Hamnvägen ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Ingen ny bebyggelse placeras inom 20 meter från Hamnvägen. Detta uppfylls i aktuellt planförslag.
- Från byggnader inom 30 meter från Hamnvägen det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från vägen.
- Ny bebyggelse inom 30 meter från Hamnvägen ska utföras med friskluftsintag placerat mot en trygg sida, d.v.s. bort från vägarna alternativt på byggnadernas tak.

Vägar som inte är rekommenderade för farligt gods – Arnöleden och Järnvägsgatans förlängning

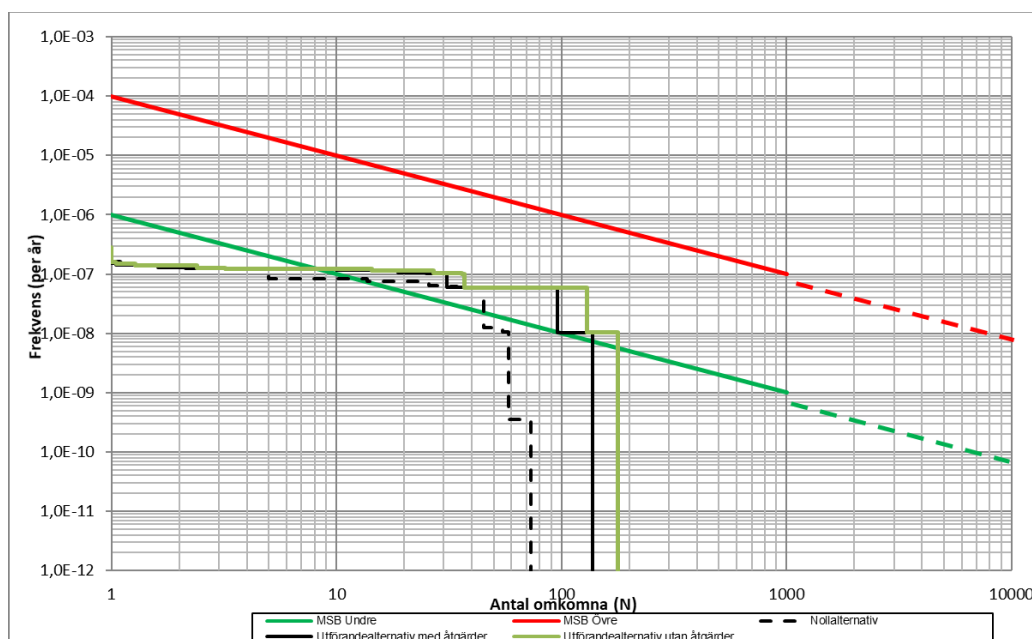
- Från samtliga byggnader inom 30 meter från respektive väg ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från vägen.
- Ny bebyggelse inom 30 meter från vägarna ska utföras med friskluftsintag placerat mot en trygg sida, d.v.s. bort från vägarna alternativt på byggnadernas tak. Rekommendationen gäller inte för existerande bebyggelse.

De åtgärder som redovisas ovan bedöms ha följande effekt inom planområdet:

- Begränsning av sannolikheten för att personer utsätts för en förhöjd risknivå under längre tidsperioder genom att tillgodose skyddsavstånd mellan TGOJ-järnvägen och ny bebyggelse samt områden med stadigvarande vistelse utomhus.
- Begränsning av möjligheten för att oskyddade personer skadas utomhus inom områden med förhöjd risknivå genom att tillgodose skyddsavstånd till områden med stadigvarande vistelse. Samt skydd genom framförliggande bebyggelse.
- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av eventuella gasutsläpp med avseende på transporter med brännbara gaser genom skyddsavstånd i kombination med ventilationstekniska åtgärder.
- Ökad möjlighet för personer att utrymma byggnader innan kritiska förhållanden uppstår inomhus till följd av en olycka på TGOJ-järnvägen genom att tillgodose utrymningsmöjligheter bort från vägen.

I figur 10 redovisas en uppskattning av föreslagna åtgärders riskreducerande effekt. Som underlag till beräkningarna har följande antaganden gjorts avseende den riskreducerande effekten:

- Minskad andel omkomna **inomhus** till följd av placering av utrymningsvägar mot trygg sida uppskattas till 5%.
- Minskad andel omkomna **inomhus** till följd av ventilationstekniska åtgärder uppskattas uppnås till 10 %.



Figur 10 F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för planområdet och dess närmaste omgivning med avseende på olycksrisker förknippade med TGOJ-järnvägen och Hamnvägen (Observera att frekvens och konsekvens redovisas med logaritmisk skala.) I samhällsrisken har de riskreducerande åtgärderna presenterade i den inledande analysen implementerats.

Föreslagna åtgärder innebär en sänkning av samhällsrisken inom planområdet så att risknivån hamnar under den nedre halvan av ALARP. Åtgärden kring att personer utomhus inte ska vara direkt exponerade av TGOJ-järnvägen är svårbedömd och effekten av att personer är skyddade bakom bebyggelse har inte beaktats vid beräkning av samhällsrisken. Denna åtgärd anses dock som viktig för att hålla nere risknivån i området.

5. Slutsatser

Genomförd riskanalys för förändring inom Ribban 5, 6 och 7 visar att de riskkällor som bedöms innebära påverkan på områdets risknivå utgörs av transporter med farligt gods på TGOJ-järnvägen och Hamnvägen. Arnöleden och Järnvägsгатans förlängning påverkar risknivån i mycket liten utsträckning

Planförslaget innebär att eventuella olyckor både på TGOJ-järnvägen och närliggande vägar kan påverka planerad bebyggelse. Närheten till dessa har utretts och risknivån har beräknats i form av individrisk och samhällsrisk. Individrisknivån är acceptabel på det avstånd där ny bebyggelse planeras både när det gäller järnväg och respektive väg. Det innebär att inga åtgärder är nödvändiga med hänsyn till individrisken. Samhällsrisknivån däremot innebär att åtgärder ska vidtas om de är rimliga i förhållande till bland annat den riskreducerande effekten och kostnaden för att genomföra åtgärden. Detta gäller framförallt olyckor kopplade till trafiken på TGOJ-järnvägen. Bidraget till samhällsrisknivån från vägarna är mycket begränsat men med hänsyn till de korta avstånd som planeras till ny bebyggelse utmed vägar för farligt gods bör åtgärder ändå vidtas. Ett antal åtgärder har därför föreslagits som syftar till att reducera risknivån.

Den känslighetsanalys som har genomförts visar att trots ändrade förutsättningar blir inte risknivån oacceptabel, vilket visar på en robusthet i genomförda beräkningar och antaganden.

Den övergripande bedömningen är att studerat planförslag inte medför att människor utsätts för oacceptabla risker. Genom genomförd analys och vidtagna åtgärder har risker för människors hälsa och säkerhet beaktats i skälig omfattning.

6. Bilagor

BILAGA A – Frekvensberäkningar

BILAGA B – Konsekvensberäkningar

BILAGA C - Riskberäkningar

7. Referenser

- /1/ Farligt gods, Vägledning, Länsstyrelsen i Södermanlands län, fastställd juni 2015
- /2/ Trafikverkets hemsida – Säkerhetsavstånd vid byggande intill järnväg, <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/samhallsplanering/Sakerhet-och-konflikter/Sakerhetsavstand-mellan-infrastruktur-ny-bebyggelse-samt-ovriga-anordningar/sakerhetsavstand-vid-byggande-intill-jarnvag/> hemsida besökt 2021-01-04
- /3/ Trafikanalys Västra infarten Nyköping, Bilaga Arnöleden och Spelhagen, Ramböll 2020-09-02.
- /4/ Förstudie Ribban 5&7, Nyköpings kommun, 2021-09-10.
- /5/ E-postkorrespondens med Jonas Lindsten, Brandingenjör SSAB, 2020-11-09, Tomas Hirsch, Director and Head of Energy and ETS SSAB, 2020-11-05 samt Magdalena Johansson, Traffic Manager Oxelösunds Hamn, 2020-10-30
- /6/ Trafikverkets hemsida – NVDB på webb. <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket> hemsida besökt 2022-01-28
- /7/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997
- /8/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001

Bilaga A - Frekvensberäkningar**Uppdragsnamn**

Ribban 5, 6 & 7

UppdragsgivareKungsleden Skotpunkten AB (505503)/Svefa AB
(505504)**Uppdragsnummer**

505503/505504

Datum

2022-10-13

Handläggare

Felicia Klint

Egenkontroll

FKT 2022-10-13

Internkontroll

LSS 2022-09-23

1. Inledning

I denna bilaga beräknas frekvensen för de olycksrisker (skadescenarier) som bedömts kunna påverka risknivån för bebyggelse inom det studerade planområdet. I den inledande analysen /1/ bedöms en fördjupad analys av följande olycksscenarier som nödvändig:

TGOJ-järnvägen

- Ursparning
- Tågbrand
- Olycka vid transport av LNG (farligt gods klass 2.1)

Hamnvägen

- Olycka vid transport av brandfarliga gaser (tankbil och gasolflaskor) och vätskor (drivmedel)

2. TGOJ-Järnväg

2.1 Förutsättningar och indata

I tabell A.1 nedan visas de förutsättningar som gäller för TGOJ-järnvägen.

/1/ Inledande riskanalys – Ribban 5 och 7, upprättad av Brandskyddslaget daterad 2021-01-14.

Tabell A.1. Förutsättningar för TGOJ-järnvägen – Indata till frekvensberäkningar. På järnvägen går det inte några persontåg.

Faktor	Antal 2022
Järnvägssträcka	1
Antal spår	2
Hastighetsbegränsning (km/h):	
- Persontåg	-
- Godståg	100
Årsmedeldygnstrafik (tåg per dygn):	
- Persontåg	-
- Godståg	6,0
Olyckskvoter per tågkm	
- Persontåg	-
- Godståg	2,5E-08 /2/
Antal farligt godsvagnar per år*	4000
Andel av godsvagnar som rymmer farligt gods**	5,9%

*Räknat med de planerade LNG transportererna som förväntas starta 2022.

** Antaget att en tågtransport innefattar 30 vagnar.

2.2 Beräkningar järnvägsolycka

I detta avsnitt beräknas frekvensen för järnvägsolycka på den aktuella järnvägssträckan där denna passerar planområdet. Avsnittet behandlar först skadescenariot urspårning, där resultatet sedan nyttjas för frekvensberäkningar för scenarier förknippade med transporter av farligt gods.

2.2.1 Urspårning

En urspårning kan medföra att de urspårade järnvägsvagnarna hamnar en bit från spåret. Urspårningen kan då leda till skador inom planområdet även om tåget inte rymmer farligt gods. Huruvida personer i planområdet skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning.

Frekvensen för urspårning beräknas utifrån följande olyckskvoter för urspårning förknippade med tågtyp samt spårutformning enligt uppgifter som redovisas i *Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone /2/*:

	<u>Spår utan växlar</u>	<u>Spår med växlar</u>
Godståg	2,5·10 ⁻⁸ per tågkm	25·10 ⁻⁸ per tågkm

/2/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002

Ytterligare järnvägsolyckor som kan medföra efterföljande olycksscenarier är kollisioner, antingen mellan spårfordon och i plankorsningsolyckor. Enligt /3/ bedöms sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje vara så låg att den försvinner i den allmänna osäkerheten. Därför beaktas skadescenariot inte vidare i de fortsatta beräkningarna.

Frekvensen för urspårning beräknas för persontåg respektive godståg på en **1 km järnvägssträcka** i anslutning till det aktuella planområdet. Beräkningarna utgår från olyckskvot för **spår med växlar**. Frekvensen utförs för trafiksiffror utifrån given information från verksamheten.

- Urspårning godståg: 5,5E-04 urspårningar per år

Den genomsnittliga olyckskvoten för tågtrafik i Sverige, under perioden 2001-2015 /4, 5/, är ca 7E-08 per tågkm. För aktuell sträcka motsvarar detta 1,53E,4 urspårningar per år vilket är lägre än ovan. Statistiken över bantrafikskador redovisar dock ingen fördelning av antalet urspårning för persontåg respektive godståg. Det kan dock konstateras att för den aktuella perioden så utgör persontågskm ca 70 % av det totala antalet tågkm i Sverige. På den aktuella järnvägssträckan förekommer enbart godstrafik och inga persontåg, detta kan bidra till att den beräknade urspårningssekvensen är högre än för den genomsnittliga olyckskvoten.

Urspårning i anslutning till bebyggelse

Vid en urspårning så är det troligaste följdscenariot att ett hjulpar hoppar av rälen och tåget förblir upprätt inom några enstaka meter från spåret. Sannolikheten att de urspårade vagnarna lämnar spårområdet är begränsad. Beroende på tågets hastighet och längd, rälsens kvalitet, förekomst av främmande föremål på spåret, omgivningens topografi etc. kan dock tåget spåra ur och hamna utanför spårområdet. Då kan människor utomhus skadas om de står i vägen för tåget. Om tåget kör in i byggnader nära spårområdet kan delar av byggnaden skadas.

Skadeområdet understiger i princip alltid 25-30 meter vinkelrätt ut från spåret (om järnvägen ligger mycket högre än omgivningen kan skadeområdet bli större). Detta skadescenario motsvarar en helt snedställd tågagn. Sannolikheten för detta värsta tänkbara scenario är mycket låg.

De fortsatta frekvensberäkningarna för urspårning och dess påverkan på kringliggande bebyggelse utförs utifrån den metodik som redovisas i UIC Code 777-2 R /2/.

I avsnitt 2.1 ovan redovisas urspårningsfrekvensen för urspårning på en 1 km lång järnvägssträcka i höjd med det aktuella planområdet. Vid beräkning av hur mycket urspårningen påverkar risknivån inom områdena utmed järnvägen och sannolikheten för att ett urspårat tåg kolliderar med intilliggande bebyggelse används först en reducerande faktor som motsvarar den längsta sträcka som den urspårade vagnen kan gå längs med spåret. Denna faktor beräknas som $V^2/80$, där V är tågets hastighet (km/h) vid urspårningstillfället.

Frekvensen för urspårning i anslutning till bebyggelse per år (F_1) beräknas med följande ekvation:

/3/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001

/4/ Bantrafikskador 2015 (Statistikrapport 2016:20), Trafikanalys

/5/ Bantrafik 2017 (Rapportnr 2018:17), Statistikrapport från Trafikanalys

$$F_1 = F_r \times d \times 10^{-3} \quad \text{där}$$

F_r = urspårningsfrekvens per km (se avsnitt 2.1)

d = den längsta sträcka som den urspårade vagnen kan gå längs med spåret, vilket beräknas som $V^2/80$, där V är tågets hastighet (km/h) vid urspårningstillfället

$$d_{\text{godståg, 100 km/h}} = 100^2/80 = 125 \text{ m}$$

Sannolikheten för kollision med byggnad kan beräknas som funktion av avståndet från spåret enligt följande ekvation för dubbelspår:

$$P_2 = \left(\left(\frac{b-a}{b} \right)^2 + \left(\frac{b-(a+4,2)}{b} \right)^2 \right) \times 0,25 \times \frac{c}{d}$$

d = den längsta sträcka som den urspårade vagnen kan gå längs med spåret, vilket beräknas som $V^2/80$, där V är tågets hastighet (km/h) vid urspårningstillfället

b = det maximala vinkelräta avståndet (m) från spåret som vagnen kan hamna, vilket beräknas som $V^{0,55}$

$$b_{\text{godståg, 100 km/h}} = 100^{0,55} = 12,6 \text{ m}$$

a = vinkelrätt avstånd (m) mellan spårmittpunkt och byggnad

c = det, längs spåret, parallella avståndet inom vilket byggnad löper risk att träffas av urspårad vagn på ett avstånd a , vilket beräknas med ekvationen:

$$c = \frac{d}{b} \times (b - a) \quad \text{om } b > a. \quad \text{Är } b < a \text{ blir } c = 0.$$

Sannolikheten för byggnadskollaps till följd av kollision beräknas vidare med följande ekvation:

$$P_3 = \left(1 - \frac{2}{3} \times \frac{t \times (2b - 2a - t)}{(b - a)^2} \right) \times \alpha \quad \text{för } b - t - a > 0 \quad \text{där}$$

t = det vinkelräta avståndet (m) från spåret där den urspårade vagnens hastighet sjunkit under 60 km/h, vilket beräknas med ekvationen:

$$t = \frac{a \times d'}{d - d'}$$

a = se ovan

d' = det, längs spåret, längsta avståndet som den urspårade vagnen kan gå, där hastigheten överstiger eller är lika med 60 km/h. Antaget 45 m /2/.

α = sannolikheten för ras beroende av konstruktionens robusthet. $\alpha = 1$ innebär att alla kollisioner där hastigheten överstiger 60 km/h leder till ras.

$$F_{1,\text{godståg}} = 5,5 \cdot 10^{-4} \times 125 \times 10^{-3} = 6,8 \cdot 10^{-5}$$

I tabell A.2 redovisas resultaten av sannolikhetsberäkningar med avseende på urspårning på den aktuella järnvägssträckan.

Tabell A.2. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarioer på aktuell järnvägssträcka. Avståndet utgår från närmaste genomgående spår.

a (meter)	P_2	P_3	Frekvens kollision ($F_1 \times P_2$)	Frekvens byggnadskollaps ($F_1 \times P_2 \times P_3$)
0	36,1%	100,0%	2,5E-05	2,5E-05
1	27,4%	93,7%	1,9E-05	1,8E-05
2	20,3%	86,6%	1,4E-05	1,2E-05
3	14,5%	78,6%	9,9E-06	7,8E-06
4	10,0%	69,6%	6,9E-06	4,8E-06
5	6,6%	59,7%	4,5E-06	2,7E-06
6	4,1%	49,2%	2,8E-06	1,4E-06
7	2,3%	39,2%	1,6E-06	6,2E-07
8	1,2%	33,4%	8,3E-07	2,8E-07
9	0,6%	0,0%	4,1E-07	0,0E+00
10	0,3%	0,0%	2,1E-07	0,0E+00
11	0,2%	0,0%	1,3E-07	0,0E+00
12	0,1%	0,0%	6,8E-08	0,0E+00
13	0,0%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00
14	0,0%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00
15	0,0%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00
16	0,0%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00

2.2.2 Brand i godståg

I underredet till en järnvägsvagn sitter ett flertal olika komponenter och system som kan orsaka rökutveckling eller brand. Orsakerna till bränder i tåg är bland annat tekniska fel som t.ex. el-, motor- eller bromsfel. Tågbränder kan också starta inne i järnvägsvagnen, till följd av t.ex. elfel. Inne i vagnen kan även anlagda bränder vara en möjlig brandorsak.

Enligt statistik från Trafikverket så rapporterades 107 brandhändelser i godståg under perioden januari 2002 till juli 2012 /6, 7/. Under motsvarande tidsperiod producerades ca 0,44 miljarder godstågskm på järnvägen /8,9/. Detta ger en total olyckskvot på $2,4 \cdot 10^{-7}$ bränder per godstågskm.

Utifrån den redovisade statistiken i /7/ kategoriseras tågbränderna utifrån brandstorlek där statistiken visar på följande fördelning, se tabell A.3.

/6/ Tunnelsäkerhet Dimensionerande brandeffektkurvor i godståg (Trafikverket publ.nr. 2016:117), Brandskyddslaget AB på uppdrag av Trafikverket, 2016

/7/ PM Statistik godståg (Trafikverket rapport 101107-22-025-121), Brandskyddslaget på uppdrag av Trafikverket, 2015

/8/ Bantrafik 2006, Statens institut för kommunikationsanalys Rapport 2008:2

/9/ Bantrafik 2012, Trafikanalys, Statistik Rapport 2013:28

Tabell A.3. Fördelning av brandstorlek vid brand i godståg.

Kategori	Beskrivning	Andel
Mycket stor brand	Branden är så stor att motsvarande en hel vagn blivit utbränd eller att beskrivningen i insatsrapporten visar på en brand som varit svårt att släcka p.g.a. intensitet eller omfattning.	3,7%
Stor brand	Branden är så stor att det krävs mer än en handbrandsläckare för att släcka den. Detta bedöms likvärdigt med att branden är större än 1 MW.	32,7%
Liten brand	Branden har självslocknat eller släckts med maximalt en handbrandsläckare.	46,7%
Väldigt liten brand	I händelsebeskrivningen beskrivs endast rökutveckling och ingen faktisk brand.	16,8%

I tabell A.4 redovisas resultaten av sannolikhetsberäkningar med avseende på brand i godståg på den aktuella järnvägssträckan.

Tabell A.4. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för brand i godståg på aktuell järnvägssträcka.

Scenario	Frekvens [per år]
Brand i godståg	5,3E-04
Mycket stor brand (3,7 %)	1,9E-05
Stor brand (32,7 %)	1,7E-04
Liten brand (46,7 %)	2,5E-04
Väldigt liten brand / rökutveckling (16,8 %)	8,8E-05

2.3 Järnvägsolycka med farligt gods

2.3.1 Allmänt

Olycksfrekvensen för järnvägsolycka med farligt gods beräknas utifrån motsvarande metodik som redovisas i avsnitt 2.1. Med hänsyn till potentiella följdscenarier så kommer beräkningarna att omfatta dels **järnvägsolycka utan brand** ($F_{\text{urspärning}} + F_{\text{sammanstötning}}$) och dels **järnvägsolycka med brand** ($F_{\text{tågbrand}}$).

Frekvensberäkningarna för järnvägsolycka med godståg innefattar även farligt godsvagnar.

Sannolikheten för att en farligt godsvagn ingår i det olycksdrabbade tåget och påverkas av olyckan beräknas utifrån andelen farligt godsvagnar i förhållande till det totala antalet godsvagnar (X).

Järnvägsolycka utan brand: Följdscenarier med farligt gods vid järnvägsolycka utan brand förknippas med starka påkänningar till följd av t.ex. att vagnar spårar ur eller påverkas av motsvarande kraftiga påkänningar. Vid en urspärning spårar i genomsnitt 3,5 vagnar ur /10/. Sannolikheten för att en farligt godsvagn spårar ur beräknas då utifrån följande ekvation:

$$P = 1 - (1-X)^{3,5}$$

Järnvägsolycka med brand: Sannolikheten för att en farligt godsvagn utsätts för brandpåverkan beräknas utifrån ekvationen: $P = X$.

I tabell A.5 redovisas den förväntade frekvensen för järnvägsolycka med farligt gods. Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för järnvägsolycka med farligt godsvagn är oberoende av vilken last som ryms i vagnarna, d.v.s. fördelningen av olyckor mellan de olika farligt godsklasserna är direkt kopplad till andelen av respektive klass. Det antas att ca 5,9 % av den totala godsmängden per år utgör farligt gods.

Tabell A.5. Beräknad olycksfrekvens för olycka med farligt godstransport (totalt samt per farligt godsklass) på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Andel	Olycksfrekvens (per år)
klass 1	0,00%	0,0E+00
Klass 2	97,34%	1,0E-04
klass 3	0,00%	0,0E+00
klass 4	2,66%	2,8E-06
klass 5	0,00%	0,0E+00
klass 6	0,00%	0,0E+00
klass 7	0,00%	0,0E+00
klass 8	0,00%	0,0E+00
klass 9	0,00%	0,0E+00
Totalt		1,1E-04

I tabell A.6 redovisas den förväntade frekvensen för järnvägsolycka med brand i farligt godsvagn. Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för järnvägsolycka är oberoende av vilken last som ryms i vagnarna, d.v.s. fördelningen av olyckor mellan de olika farligt godsklasserna är direkt kopplad till andelen av respektive klass.

Tabell A.6. Beräknad olycksfrekvens för olycka med farligt gods med brand (totalt samt per farligt godsklass) på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Andel	Olycksfrekvens (per år)
Klass 1	0,00%	0,0E+00
Klass 2	97,34%	3,0E-05
Klass 3	0,00%	0,0E+00
Klass 4	2,66%	8,3E-07
Klass 5	0,00%	0,0E+00
Klass 6	0,00%	0,0E+00
Klass 7	0,00%	0,0E+00
Klass 8	0,00%	0,0E+00
Klass 9	0,00%	0,0E+00
Totalt		3,1E-05

Utifrån resultatet av tabell A.5 och tabell A.6 beräknas att järnvägsolycka med brand (3,1E-05 per år) utgör ca 16 % av den totala frekvensen för olycka med farligt gods (d.v.s. järnvägsolycka utan brand 1,1E-04 per år + järnvägsolycka med brand 2,1E-05 per år).

2.3.2 Klass 2.1 – Brännbara gaser

Allmänt

Utifrån den inledande analysen är det enbart LNG i klass 2.1 som kommer att förekomma på den aktuella sträckan. Enligt analysen ska gasen transporteras tryckkondenserade i vacuumisolerade dubbelmantlade tankar med hög hållfasthet.

Sannolikheten för läckage av farligt gods till följd av järnvägsolycka varierar beroende på om godset transporteras i en tunn- eller tjockväggig vagn. Eftersom LNG transporterarna kommer att vara tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl är sannolikheten för utsläpp är mycket låg. Generellt gäller att tjockväggiga tankar har en sannolikhet för läckage som är 1/30 av den för tunnväggiga tankar /10/. För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 %.

Observera att det i /10/ redovisas en *not* att de sannolikheter som är angivna för tjockväggiga tankar främst har angetts för att markera att sannolikheten för utsläpp är mycket nära 0. Med hänsyn till detta kommer utsläppsfördelningen att utgå från ovanstående uppgifter om en generell reducering av sannolikheten för utsläpp från tjockväggiga tankar i förhållande till tunnväggiga tankar. För tjockväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp då 1 %.

I /10/ anges en fördelning mellan olika utsläppsstorlekar för järnvägstankar givet utsläpp: litet (62,5 %); medelstort (20,8 %); stort utsläpp (16,7 %). Värdena avser både tunnväggiga och tjockväggiga vagnar.

I konsekvensberäkningarna studeras endast litet respektive stort läckage. I de fortsatta beräkningarna antas det grovt att samtliga medelstora utsläpp motsvarar stora utsläpp. Sannolikheten för litet (punktering) respektive stort utsläpp givet olycka är då ca 0,625 % respektive ca 0,375 %.

Klass 2.1. Brännbara gaser

För brännbara gaser kan tre scenarier antas uppstå beroende på typen av antändning:

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck.
- *Gasmolnexplosion*: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck.
- *Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (BLEVE)*: gasexplosion där hela en tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en brand under en längre tid vilket hettar upp den kondenserade gasen så att den kokar upp och expanderar tills tanken exploderar.

Beroende på utsläppsstorleken varierar sannolikheten för direkt respektive fördröjd antändning. För utsläpp på järnväg finns fördelningsstatistik /11/:

	Litet	Stort
• omedelbar antändning: (jetflamma)	10 %	20 %
• fördröjd antändning: (gasmolnexplosion/gasmolnsbrand)	0 %	50 %
• ingen antändning:	90 %	30 %

Enligt *VROM – Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book"* /12/ kan vidare fördelningen mellan gasmolnsbrand och gasmolnexplosion givet en fördröjd antändning ansättas till 60 respektive 40 %.

En **BLEVE** antas kunna uppstå i en oskadad tankvagn utan fungerande säkerhetsventil antingen om en stor jetflamma från intilliggande skadad tank är riktad direkt mot tanken eller om järnvägsolyckan omfattar en tågbrand som är så omfattande att större delar av den oskadade tanken påverkas under en längre tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning.

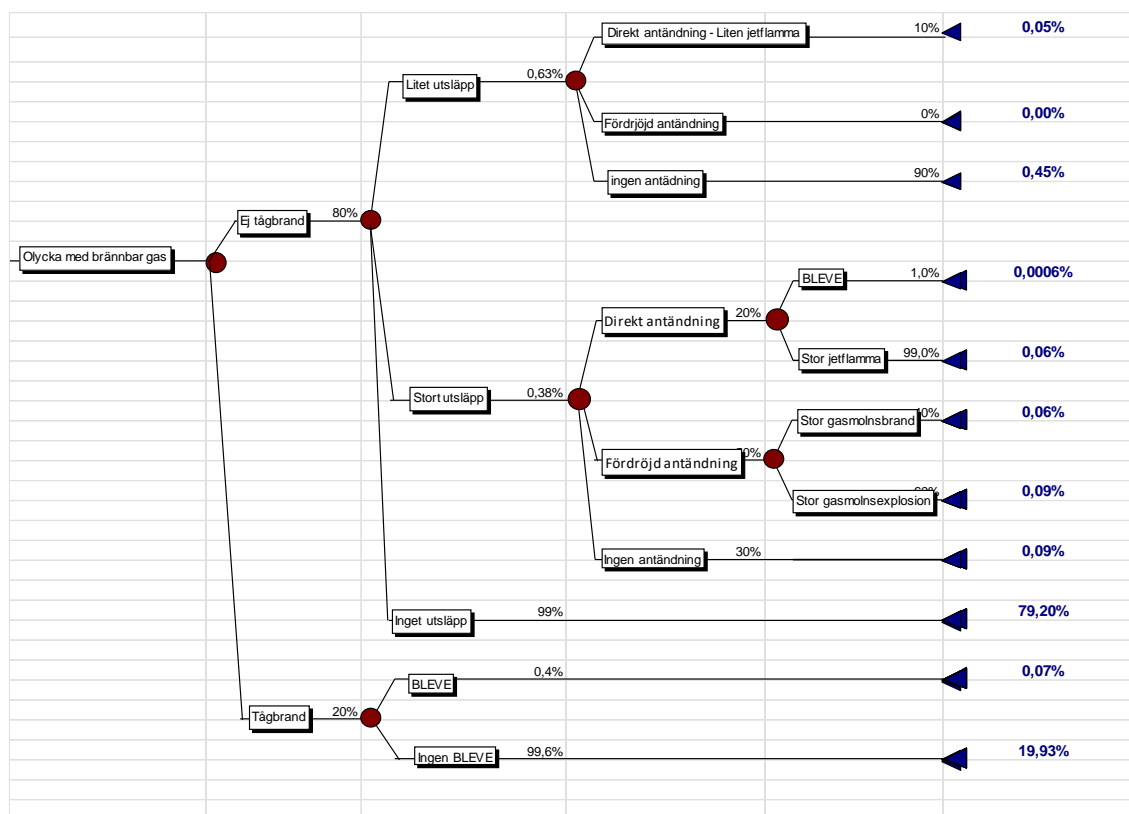
Sannolikheten för att förhållandena kring något av dessa scenarier är sådana att en BLEVE uppstår bedöms vara mycket låg, uppskattningsvis mindre än 1 % för respektive scenario.

Sannolikheten för BLEVE till följd av tågbrand antas (p.g.a. att det förutsätter en icke fungerande säkerhetsventil m.m.) endast vara 10 % givet en mycket stor brand i godsvagn. Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca 3,7 % enligt avsnitt 2.2.2 (se tabell A.3).

Beräknade frekvenser för olika olyckshändelser redovisas i figur A.1 och tabell A.7.

/11/ Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993

/12/ Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book". Ministerie van Verkeer en Waterstaat (VROM), Nederländerna, 2005



Tabell A.7. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 2.1	2,0E-05
Urspårning	1,0E-04
Tågbrand	3,0E-05
Direkt antändning av litet utsläpp - jetflamma	6,7E-08
Fördröjd antändning av litet utsläpp	0,0E+00
Direkt antändning av stort utsläpp - jetflamma	7,9E-08
Fördröjd antändning av stort utsläpp	2,0E-07
-Stor gasmolnsbrand	8,0E-08
-stor gasmolnsexplosion	1,2E-07
BLEVE	9,9E-08
-pga jetflamma	8,0E-10
-pga brand i godsvagn	9,9E-08

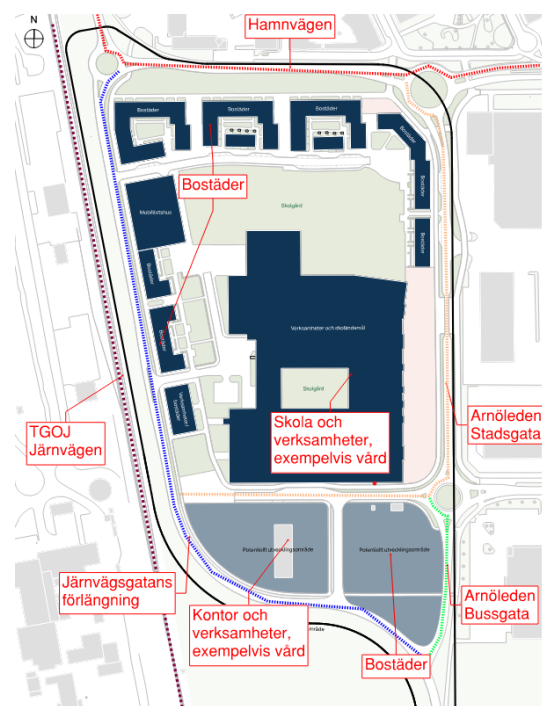
3. Hamnvägen

3.1 Förutsättningar och indata

I den inledande och den fördjupande analysen studeras exploateringsområdet söder om Hamnvägen, väster om Arnöleden och öster om Järnvägsgatans förlängning. Enbart Hamnvägen är en rekommenderad väg för transporter av farligt gods, men det förekommer enstaka transporter av gas till lokala verksamheter på Arnöleden. Det bedöms troligt att gastransporter till gasolmacken som idag går på Arnöleden i framtiden ska kunna gå på Järnvägsgatans förlängning. På Arnöleden kommer då enbart transporter till Woody förekomma, de transporter som kommer enbart kunna gå på norra delen av Arnöleden och inte förbi skolområdet. Aktuella vägar förbi områden illustreras i figur A.2.

Vägarna har ett körfält i respektive riktning.

Hastighetsbegränsningen på sträckorna utmed planområdet är 50 km/h för Hamnvägen och Arnöleden och 30 km/h för Järnvägsgatans förlängning. Verklighet för Arnöleden kommer att bli mycket lägre när denna utvecklas till en stadsgata.



Figur A.2 Studerade sträckor utmed planområdet.

3.1.1 Trafik

Hamnvägen utgör en sekundär transportled för farligt gods utmed aktuellt planområde. Att vägen är en sekundär transportled innebär att vägen rekommenderas att användas för transporter av farligt gods till och från verksamheter i anslutning till vägen. Däremot tillåts inte genomfartstransporter. Restriktionerna för genomfartstransporter innebär att mängden farligt gods på en sekundär transportled kan uppskattas utifrån vilka verksamheter som ligger i anslutning till vägen. Från den inledande analysen framkom det att det i huvudsak är följande verksamheter som kan tänkas generera transporter med farligt gods förbi det aktuella området:

- Woody Bygghandel (transporter av gasolflaskor samt styckegods)
- Gasolmacken (tanktransporter av gasol)
- OKQ8 (transporter av drivmedel (bensin, diesel, etanol samt gasolflaskor))

Woody och Gasolmacken får leveranser av gasol 1 gång/vecka. Woody får leveranser av gasolflaskor och Gasolmacken i tankbil.

Transporter till OKQ8 uppskattas till 2-3 drivmedelstransporter i veckan och en transport med gasolflaskor.

Utifrån förstudien för aktuellt planområde /13/ beräknas det gå ungefär 10 400 fordon på Hamnvägen. Denna prognos utgår från utformning av aktuellt förslag.

3.1.2 Framtid

Inga nya verksamheter planeras i området vilket kan generera transporter av farligt gods på aktuella vägar.

3.1.3 Indata till frekvensberäkningarna

Den fördjupade riskanalysen baseras på trafiksiffror för nuläge. Siffrorna bedöms inte ändras i framtiden då enbart transporter till närliggande områden förekommer på vägarna. I analysen har det inte identifierats några planer på nya verksamheter som kan öka antalet transporter med farligt gods.

Mängden transporterad farligt gods utgår från kartläggningen i den inledande analysen /1/ vilket beskrivs i avsnitt 3.1.1 ovan. Eftersom Hamnvägen är en rekommenderad väg för farligt gods samt den mest trafikerade vägen kommer frekvensberäkningarna för farligt gods konservativt utgå från denna väg. På Arnöleden och Järnvägsgatans förlängning kommer enbart enstaka transporter av farligt gods förekomma.

I tabell A.8 redovisas antagen fördelning samt antal transporter av respektive farlig godsklass utifrån trafiksiffrorna.

¹³ Förstudie Ribban 5&7, Nyköpings kommun, 2021-09-10.

Tabell A.8 Uppskattad fördelning och antal transporter av farligt gods på respektive vägar

Klass	Hamnvägen*	
	Andel	Antal FaGo
1. Explosiva ämnen och föremål	0,0%	0
2. Gaser	50,0%	156
3. Brandfarliga vätskor	50,0%	156
4. Brandfarliga fasta ämnen	0,0%	0
5. Oxiderande ämnen, organiska peroxider	0,0%	0
6. Giftiga ämnen	0,0%	0
7. Radioaktiva ämnen	0,0%	0
8. Frätande ämnen	0,0%	0
9. Övriga farliga ämnen och föremål	0,0%	0
Totalt	0,0%	312

* Beräkningarna utgår från Hamnvägen.

3.2 Beräkningar Trafikolycka

I detta avsnitt beräknas frekvensen för trafikolycka på aktuella vägsträckor där dessa passerar planområdet. Avsnittet behandlar först skadescenariot trafikolycka, där resultatet sedan nyttjas för frekvensberäkningar för scenarier förknippade med transporter av farligt gods. Frekvensberäkningarna utförs utifrån den metodik som presenteras i MSB:s rapport "Farligt gods – riskbedömning vid transport" /14/.

Beräkningarna utgår från den indata som redovisas i avsnitt 0 avseende faktorerna:

- Antal fordonskilometer (fkm) – aktuell sträcka x antal fordon
- Vägstandard
- Hastighetsbegränsning

3.2.1 Trafikolycka allmänt

Frekvensen för en trafikolycka på den aktuella vägsträckan beräknas utifrån en schablonolyckskvot enligt /14/ med hänsyn till aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning. För den aktuella sträckan blir den genomsnittliga olyckskvoten 1,2 trafikolyckor per 10⁶ fordonskilometer.

Vid beräkning av antal förväntade fordonsolyckor används följande ekvation:

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

Där det totala trafikarbetet per år beräknas enligt följande:

$$\text{Totalt trafikarbete} = 365 \times \text{ÅDT} \times \text{Aktuell vägsträcka}$$

Frekvensen för trafikolycka beräknas utifrån maximala trafiksiffror på den aktuella vägsträckan. Frekvensen beräknas för total trafik på en **1 km vägsträcka** i anslutning till det aktuella planområdet.

$$\text{Hamnvägen: } O = 1,2 \times (365 \times 10400 \times 1,0) \times 10^{-6} = 4,6 \text{ olyckor per år}$$

/14/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

3.2.1.1 Fordonsbrand

En fordonsbrand kan antingen uppstå till följd av en trafikolycka eller till följd av fordonsfel. Det statistiska underlag som ska användas för beräkning av frekvensen för fordonsbrand går dock inte att dela upp avseende dessa två scenarier. Detta beror på underlaget utgör antalet fordonsbränder i Sverige vid polisrapporterade vägtrafikolyckor och huruvida trafikolyckan startade som en fordonsbrand eller om branden uppkom till följd av trafikolyckan går ej att urskilja.

Under åren 1994-1999 rapporterades årligen i genomsnitt 64,7 fordonsbränder i Sverige vid polisrapporterade vägtrafikolyckor till Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS) /15/. Under motsvarande år rapporterades ca 15 700 trafikolyckor med personskada per år /16/. Utifrån detta så uppskattas sannolikheten för brand i fordon vid olycka till ca 0,4 % (64,7 / 15 700). Detta bedöms vara ett konservativt antagande då de polisrapporterade olyckorna med personskador inte utgör samtliga olyckor som kan leda till fordonsbrand.

3.2.1.2 Trafikolycka med farligt gods

Den förväntade frekvensen för en trafikolycka där farligt godstransport är inblandad beräknas utifrån följande ekvation /14/:

$$O_{FaGo} = O \times (X \times Y) + (1 - Y) \times (2X - X^2)$$

där

X = Andelen transporter skyltade med farligt gods (antal farligt godstransporter delat med totalt antal fordon).

Y = Andelen singelolyckor på vägdelen.

Andelen singelolyckor ansätts utifrån uppgifter i /14/ med hänsyn till aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning. För aktuella sträckor blir värdet på Y maximalt 15 %.

Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för trafikolycka är oberoende av vilken last som ryms i lastbilen, d.v.s. sannolikheten för att en farlig godstransport är inblandad är direkt kopplad till hur stor andel av det totala antalet transporter som rymmer farligt gods. Fördelningen av olyckor mellan de olika klasserna antas därmed vara densamma som andelen av respektive klass enligt tabell A.8.

I tabell A.9 redovisas den beräknade frekvensen för trafikolycka med farligt gods på Hamnvägen.

/15/ Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS), uppgifter erhållna av Arne Land, Statens Väg- och Transportforskningsinstitut 2003-05-27

/16/ Vägtrafikskador 2004, Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA), Rapport 2005:14, 2005

Tabell A.9 Beräknad olycksfrekvens per farlig godsklass på studerad vägsträcka.

Scenario	Frekvens [per år] Hamnvägen	
	Andel	Frekvens
Klass 1	0,0%	0,0E+00
Klass 2	50,0%	3,5E-04
klass 3	50,0%	3,5E-04
klass 4	0,0%	0,0E+00
Klass 5	0,0%	0,0E+00
Klass 6	0,0%	0,0E+00
Klass 7	0,0%	0,0E+00
klass 8	0,0%	0,0E+00
klass 9	0,0%	0,0E+00
Totalt		6,9E-04

3.2.1.3 Klass 2.1 Brännbara gaser

På aktuella vägar kan transporter av gasol förekomma vilket tillhör ADR-klass 2.1 (brännbara gaser).

Enligt tidigare riskinventering /1/ förekommer det tre transporter i veckan totalt till kringliggande verksamheter där transporter kan förekomma på Hamnvägen.

Transportsättet påverkar följdscenarierna vid olycka med gas. De identifierade transportererna transporterar gasol dels med gasflaskor, dels i tank.

Sannolikheten för utsläpp av farligt gods till följd av en trafikolycka (Index för farligt godsolyckor) ansätts utifrån uppgifter i /14/ med hänsyn till aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning. För aktuell motorvägssträcka blir sannolikheten för utsläpp 3 %.

Transporter med tankbil

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek, vilket innebär högre tålighet. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset då sänks till 1/30 /14/. Sannolikheten för läckage av gas blir då 3 %·1/30 = 0,1 %.

Givet utsläpp antas fördelningen mellan olika läckagestorlekar till följande i enlighet med /14/:

- Litet läckage: 62,5 %
- Medelstort läckage: 20,8 %
- Stort läckage: 16,7 %

För brännbara gaser kan följande scenarier antas uppstå beroende på typen av antändning:

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck
- *Gasmolnexplosion*: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck
- *BLEVE*: Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion kan uppkomma om tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en utbredd brand under en längre tid.

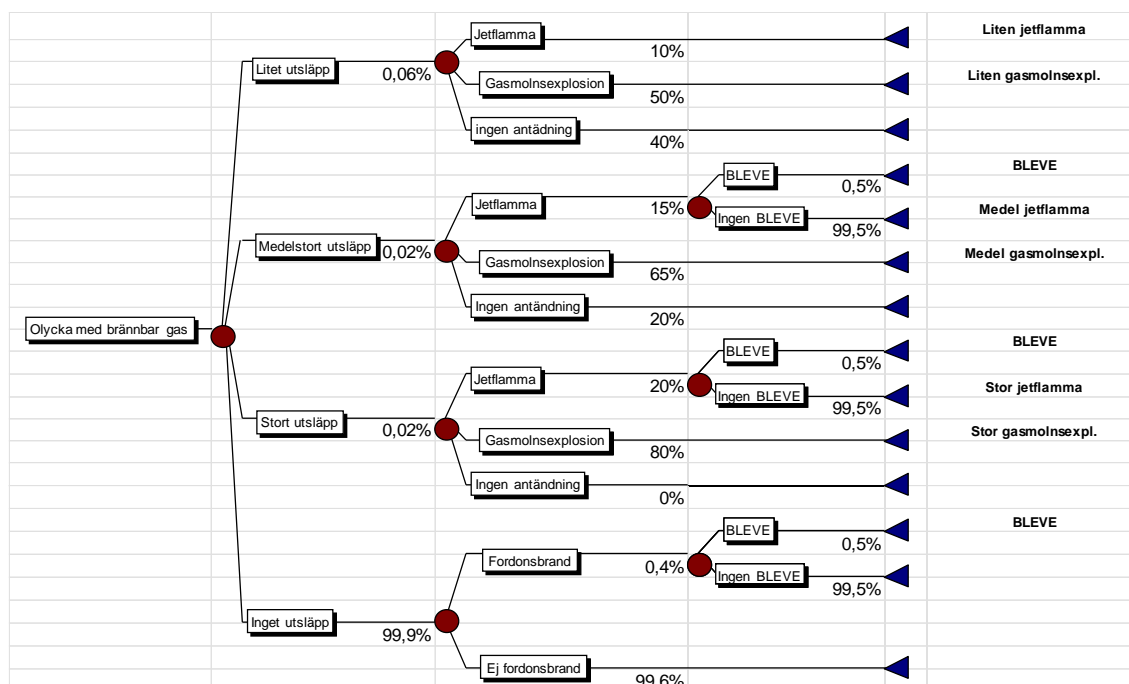
För utsläpp vid trafikolycka med tankbil ansätts följande fördelning över sannolikhet för antändning beroende på utsläppsstorlek /17/:

	Litet utsläpp	Medelstort utsläpp	Stort utsläpp
• Jetflamma (omedelbar antändning):	10 %	15 %	20 %
• Gasmolnexplosion (fördröjd antändning):	50 %	65 %	80 %
• ingen antändning:	40 %	20 %	0 %

En BLEVE antas kunna uppstå i en oskadad tank utan fungerande säkerhetsventil antingen om en medelstor eller stor jetflamma från intilliggande skadad tank är riktad direkt mot tanken eller om trafikolyckan leder till fordonsbrand som är så omfattande att större delar av den oskadade tanken påverkas under en längre tid. Sannolikheten för att förhållandena kring något av ovanstående scenarier är sådana att en BLEVE uppstår bedöms dock vara mycket låg, uppskattningsvis mindre än 0,5 % för respektive scenario.

Figur A.3 redovisar händelsesträd över följdscenarier vid en olycka med transport av brännbar gas i flaskpaket. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.10.

/17/ Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993



Figur A.3 Händelsetråd över olycka med transport av brännbar gas (klass 2.1) där gasen transporteras i tankbil.

Tabell A.10 Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brännbar gas i tankbilar på aktuell vägsträcka.

Scenario	Frekvens [per år] Hamnvägen
Olycka med klass 2.1	3,5E-04
Liten jetflamma	2,2E-08
Liten gasmolnsexplosion	1,1E-07
Medelstor jetflamma	1,1E-08
Medelstor gasmolnsexplosion	4,7E-08
Stor jetflamma	1,2E-08
Stor gasmolnsexplosion	4,6E-08
BLEVE	
- P.g.a. jetflamma riktad mot oskadad tank	1,1E-10
- P.g.a. fordonsbrand under oskadad tank	6,9E-09

Transporter med flaskpaket i lastbil

För gastransporter med flaskpaket i lastbil antas det att sannolikheten för läckage motsvarar Index för farligt godsolyckor enligt ovan, dvs. 3 %. Någon reduktion görs inte på grund av eventuell högre tålighet. Vidare så antas sannolikheten för läckage vara oberoende av antalet flaskor per transport.

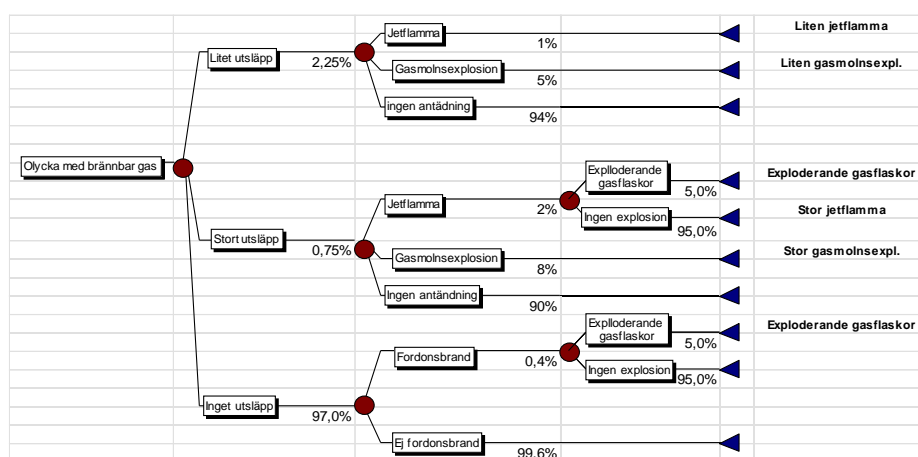
Den mest kritiska punkten på en gasflaska för utsläpp bedöms vara ventilen som vid en olycka kan slås av. Flaskornas egentyngd innebär att sannolikheten för att det ska gå håll på själva flaskan bedöms vara mycket låg. Utsläppsmängden beror därmed på antalet flaskor som skadas så allvarligt vid olyckan att dess respektive ventil slås av. Det antas att maximalt 5 flaskor skadas tillräckligt allvarligt, vilket utgör scenariot stort utsläpp. Sannolikhetsfördelningen för utsläpp från en flaska och 5 flaskor bedöms vara 75 % respektive 25 %.

För gasflaskor uppskattas sannolikheten för antändning baserat på fördelningsstatistiken för tankbil enligt ovan, men hänsyn tas till de begränsade utsläppsmängderna. Vid utsläpp från gasflaskor uppskattas sannolikheten för antändning mycket grovt vara 10 % av sannolikheten för utsläpp från tankbil:

	Litet	Stort
• omedelbar antändning (jetflamma):	1 %	2 %
• fördröjd antändning (gasmolnsexplosion):	5 %	8 %
• ingen antändning:	94 %	90 %

Sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon är enligt tidigare ca 0,4 %. Vid transport av gasflaskor antas mycket grovt att sannolikheten för att en fordonsbrand blir så utbredd att den sprids till lasten och hettar upp en eller flera gasflaskor så mycket att de exploderar är 5 %. Uppskattningsvis exploderar ett stort antal av flaskorna i lasten, men sannolikheten för att flera flaskor exploderar samtidigt bedöms vara mycket låg. Explosionslasten blir därmed också låg.

Figur A.4 redovisar händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brännbar gas i flaskpaket. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.11.



Figur A.4 Händelsetråd över olycka med transport av brännbar gas (klass 2.1) där gasen transporteras i gasflaskor.

Tabell A.11 Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brännbar gas i gasflaskor på aktuella vägsträckor.

Scenario	Frekvens [per år] Hamnvägen
Olycka med klass 2.1	3,5E-04
Liten jetflamma	7,8E-08
Liten gasmolnexplosion	3,9E-07
Stor jetflamma	4,9E-08
Stor gasmolnexplosion	2,1E-07
Exploderande gasflaskor	
- P.g.a. jetflamma	2,6E-09
- P.g.a. fordonsbrand	6,7E-08

3.2.1.4 Klass 3. Brandfarliga vätskor

På Hamnvägen går det drivmedeltransporter (bensin, diesel, etanol) till OKQ8 som ligger norr om aktuellt planområde. I de fortsatta beräkningarna så antas det konservativt att samtliga vätsketransporter rymmer klass 1-vätskor, d.v.s. vätskorna har en låg flampunkt som innebär en hög sannolikhet för antändning.

Sannolikheten för utsläpp av farligt gods till följd av en trafikolycka (Index för farligt godsolycka) ansätts enligt ovan utifrån uppgifter i /14/ med hänsyn till aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning. Den genomsnittliga sannolikheten för utsläpp av farligt gods för den aktuella sträckan antas enligt avsnitt 3.2.1.3 till 3 %.

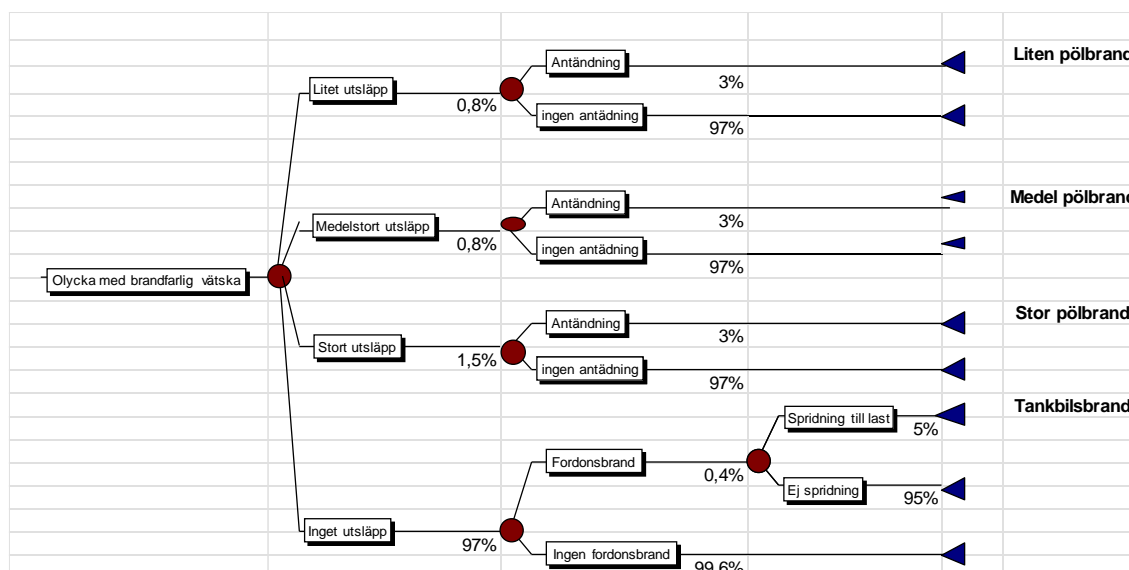
Det antas att en stor andel av transporterna utgörs av tankbil med släp. Givet utsläpp antas fördelningen mellan olika läckagestorlekar till följande i enlighet med /14/:

- Litet läckage: 25 %
- Medelstort läckage: 25 %
- Stort läckage: 50 %

Sannolikheten för att klass 1-vätskor antänds vid utsläpp till följd av en trafikolycka antas vara ca 3 % /14, 17/ oberoende av utsläppsstorleken.

Omfattande brand kan även uppstå om t.ex. en motorbrand sprider sig till lasten vid en olycka med brandfarliga vätskor. Enligt tidigare uppskattas sannolikheten för att en trafikolycka leder till fordonsbrand till ca 0,4 %. I ADR-S // anges det krav på fordon som ska användas för transport av brandfarliga vätskor, vilket bl.a. innebär en begränsad sannolikhet för spridning av t.ex. motorbränder till lasten. Sannolikheten för antändning av lasten till följd av fordonsbrand vid trafikolycka uppskattas grovt vara ca 5 %.

Figur A.5 redovisar händelseträd över följdscenarier vid en olycka med transport av brandfarlig vätska. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.12.



Figur A.5. Händelseträd över olycka med transport av brandfarlig vätska (klass 3) på Hamnvägen.

Tabell A.12 Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brandfarlig vätska på aktuell vägsträcka.

Scenario	Frekvens [per år]
	Hamnvägen
Trafikolycka med brandfarlig vätska (klass 3)	3,5E-04
Liten pölbrand	7,8E-08
Medelstor pölbrand	7,8E-08
Stor pölbrand	1,6E-07
Tankbilsbrand	6,7E-08

Bilaga B - Konsekvensberäkningar**Uppdragsnamn**

Ribban 5, 6 & 7

UppdragsgivareKungsleden Skotpunkten AB (505503)/Svefa AB
(505504)**Uppdragsnummer**

505503/505504

Datum

2022-10-13

Handläggare

Felicia Klint

Egenkontroll

FKT 2022-10-13

Internkontroll

LSS 2022-09-23

1. Inledning

I denna bilaga beräknas konsekvenserna av de olycksrisker (skadescenarier) som bedömts kunna påverka risknivån för ny bebyggelse inom det studerade området. Beräkningarna beaktar följande olycksrisker:

TGOJ-järnvägen

- Ursparning
- Tågbrand
- Olycka vid transport av LNG (farligt gods klass 2.1)

Hamnvägen

- Olycka vid transport av brandfarliga gaser (tankbil och gasolflaskor klass 2.1) och vätskor (drivmedel klass 3).

Konsekvenserna för skadescenarierna beräknas alternativt bedöms med simuleringsprogram, handberäkningar samt litteraturstudier.

I riskanalysen används riskmått *individrisk* och *samhällsrisk*, se vidare i bilaga C. Med hänsyn till detta består konsekvensberäkningarna av beräkning av skadeavstånd/-område respektive beräkning/bedömning av antal omkomna till följd av respektive olycksrisk.

Konsekvenserna beräknas för Hamnvägen och bedöms konservativt kunna användas även för Arnöleden och Järnväggatans förlängning.

2. Förutsättningar

2.1 Allmänt om det studerade området

För att kunna få en uppfattning om hur stora konsekvenserna blir för respektive skadescenario kommer följande förutsättningar och antaganden att gälla i beräkningarna.

TGOJ-järnvägen

- Det område som kommer att studeras omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse. Konsekvenserna kommer att beräknas för det planerade utförandealternativet med planerad ny bebyggelse inom planområdet. Konsekvenserna beräknas dessutom för ett nollalternativ, som innebär befintliga förhållanden inom planområdet samt eventuella planerade förändringar i omgivningen.
- Figur B.1 visar det aktuella området som studeras i denna riskutredning samt dess närmaste omgivning. Frekvensberäkningarna i bilaga A omfattar en 1 km lång sträcka av TGOJ-järnvägen. Konsekvensberäkningarna kommer att avgränsas till att studera respektive olycksscenario där de innebär så stora konsekvenser som möjligt för det studerade planområdet.
- Det område som beaktas i konsekvensberäkningarna motsvarar det maximala skadeområdet för aktuella skadescenarier (ca 300 meter radie kring riskkällan med hänsyn tagen till att den avskärmade effekten av ny och befintlig bebyggelse. Det beaktade området markeras med rött i figur B.1.



Figur B.1. Översiktbild över området för planerad bebyggelse inom Ribban 5,6 och 7. Blått markering visar ungefärligt maximalt påverkansområde för olycka på TGOJ-järnvägen, ca 300 meter. Maximalt konsekvensområde är markerat i grönt.

Avståndet till befintlig kringliggande bebyggelse på den östra sidan av järnvägen varierar utmed den studerade sträckan. Närmaste bebyggelse ligger ca 300 meter från spårmit. Eftersom dessa ytor ligger utanför aktuellt betraktade område i figur B.1 bedöms dessa verksamheter enbart påverkas i lägre grad av aktuella riskkällor.

2.2 Ribban 5, 6 och 7

2.2.1 Uppskattning av personantal inom studerat område

Enligt BBR /1/ ska dimensioneringen av utrymningsvägar för lokaler och verksamheter utgå från en genomsnittlig persontäthet på 0,5 personer per m² nettoarea, detta bedöms även gälla för vård. I kontor uppskattas persontätheten bli 0,1 personer per m² nettoarea. Vid beräkning av totalt personantal inom en byggnad behöver avdrag göras för allmänna utrymmen och utrymmen utan stadigvarande vistelse (t.ex. lager, förråd, teknikutrymmen, korridorer och trapphus m.m.). Det antas mycket grovt att persontätheten per BTA är ca 30 % lägre än ovanstående värden.

För bostäder finns inget värde på dimensionerande persontäthet. Det antas grovt att i genomsnitt bor 2-3 personer per lägenhet beroende på storlek.

Det bör observeras att ovanstående schablonvärden ger mycket höga personantal inom det studerade området. De dimensionerande persontätheterna avser dimensionering av en byggnads utrymnings säkerhet, vilket innebär att de utgör maximal personbelastning. Så höga persontätheter bedöms uppstå vid relativt begränsade tillfällen och det är mycket konservativt att förutsätta detta som genomsnittliga persontätheter inom hela bebyggelsen samtidigt. De verksamheter som ska möjliggöras i planområdet är bland annat skola, bostäder, kontor, vård och övriga lokaler. För kontor, vård och övriga lokaler har det inte skett någon specifik uppdelning utan personantalen är istället konservativt uppskattade.

För nollalternativet med befintlig bebyggelse bedöms de dimensionerande persontätheterna enligt ovan inte fullt ut motsvara förutsättningarna inom planområdet, vilket innebär att det beräknade personantalet sannolikt överstiger maximal verklig belastning. Förväntade personantal för nollalternativet ska dock beräknas utifrån potentiella förutsättningar inom området enligt gällande detaljplan, vilken medger ombyggnation och anpassning av befintlig bebyggelse som kan innebära en högre personbelastning.

2.2.2 Nollalternativ

Öster om TGOJ-järnvägen

Den planerade bebyggelsen förläggs på ett område som idag utgörs delvis obebyggda ytor med växtlighet eller parkering. På planområdet finns idag en större byggnad som innefattar främst industri men även padelhall och en mindre restaurang.

Markytan för planområdet motsvarar ca 90 000 m². Befintlig byggnad är cirka 11 000 m² och uppskattas innehålla främst industri. Som störst uppskattas personantalet i området vara cirka 420 personer baserad på låga personantal i befintliga verksamheter.

För de verksamheter som finns i den befintliga byggnaden bedöms personer enbart vistas i lokalerna under dagen. Under nattetid förväntas personantalet bli mycket lägre.

/1/ Boverkets byggregler BFS 2011:6 med ändringar t o m BFS 2020:4 (BBR 29)

2.2.3 Planalternativ

Öster om TGOJ-järnvägen

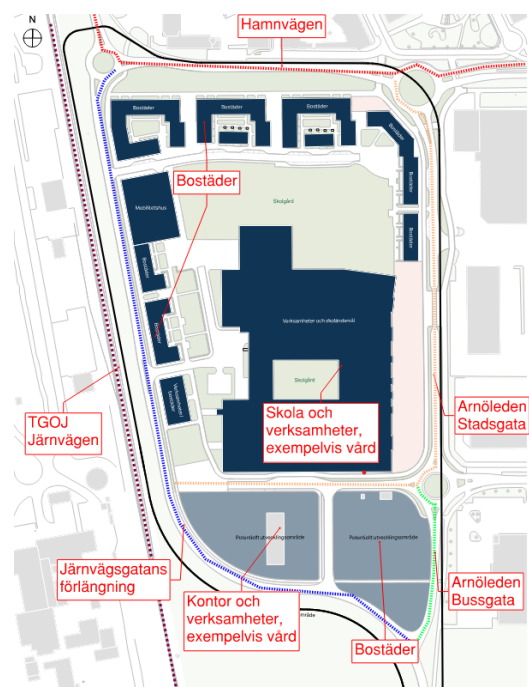
Syftet med detaljplanen är att utreda lokalisering av bland annat bostäder, vård och skola.

Sammantaget skapas det drygt 345 bostäder. Bostadskvarteren planeras anläggas runt skolgården. Bostadsbebyggelsen kan komma att upprättas i en kvartersstruktur med bostäder i två till sex plan med möjlighet till verksamhetsetableringar på entréplan. För att minska antalet parkeringsplatser planeras ett mobilitetshus upprättas inom planområdet. Med ett uppskattat personantal på två till tre personer per lägenhet blir personantalet i bostadsområdet 863 personer.

I den befintliga byggnaden möjliggörs det i dagsläget bland annat en grundskola och lokaler för övriga verksamheter som exempelvis vård. Enligt planförslaget ska skolgården dimensioneras för cirka 750 elever. Det antas därmed att skolan kommer att innefatta samma antal elever. I byggnaden finns det befintliga verksamheter men även tillkommande. Den nya planen möjliggör för olika typer av verksamheter som exempelvis vård, restaurang, idrottsverksamheter, kiosk, och kontorsytor. Inom den befintliga bebyggelsen uppskattas ett personantal på maximalt 400 personer.

Södra delen av planområdet är i nuläget ett utvecklingsområde vilket gör att exakt personantal inte kan beräknas. Ett uppskattat alternativ för användning av området utgår från blandade verksamheter. För utvecklingsområdet är uppskattat personantal i aktuellt område 500 personer.

Figur B.2 visar planerad bebyggelsestruktur inom planområdet efter föreslagen nybyggnation enligt beskrivningen ovan.



Figur B.2. Planförslag Ribban 5,6 och 7.

Med föreslagen utformning enligt figur B.2 blir avståndet mellan TGOJ- järnväg och bebyggelse som minst 30 meter (mätt från närmaste spårmitt). Avståndet mellan bebyggelse och vägar blir cirka 23 meter med avseende på Hamngatan och cirka 7 meter för Arnöleden.

2.3 Kringliggande bebyggelse

Öster om TGOJ-järnvägen

Bostäderna motsvarar en totalt uppskattad personmängd om cirka 863 personer. Vidare görs bedömningen att det under nattetid kommer bostäderna att vara fullsatta. Detta eftersom flest människor bedöms vara hemma under natten. Under dagtid görs ett konservativt antagande om att ca 50% av bostäderna är fulla av människor. I bostadshusen förekommer det även cirka 200 m² verksamhetslokaler. Verksamheterna bedöms rymma maximalt antal personer på dagarna och enbart 0-10 % kvälls och nattetid.

Resterande del av området som innefattar skola, verksamheter och utvecklingsområde Skolgården är planerad för cirka 750 personer, dessa bedöms kunna vistas utomhus dock inte samtidigt som skolan är fullsatt. Nattetid bedöms det inte förekomma någon verksamhet i skolan.

Väster om TGOJ-Järnvägen

Väster om järnvägen finns det industriområde samt parkering. Personantalet i dessa området bedöms kunna uppgå till cirka 300 personer inomhus vid fullsatt område respektive cirka 50 personer utomhus vid fullsatt område.

Norr om Hamnvägen.

Norr om planområdet består bebyggelse främst av bostadsområde. Den närmsta bebyggelsen norr om Hamnvägen består av seniorboende. Det kan därför antas att det i bostäderna förekommer personer under hela dygnet.

2.4 Sammanställning

Både planerad bebyggelse inom det aktuella planområdet och kringliggande bebyggelse bedöms kunna innebära att antalet personer inom det studerade området kan variera relativt kraftigt mellan olika tidpunkter.

Det skulle kunna identifieras ett otal olika förutsättningar som i sin tur påverkar antalet personer som kan omkomma vid de studerade olycksriskerna. Enligt avsnitt 2.1 beräknas konsekvenserna för respektive olycksscenario där de bedöms innebära så stora konsekvenser som möjligt för det studerade planområdet.

Beräkningarna avgränsas vidare till tre scenarier, nämligen:

1. **Genomsnittligt normaldygn:**

- 1.1 Dagtid (kl 08-22) – Ca 100 % beläggning inom skola respektive 50 % inom bostadshus och verksamheter. Äldreboendet norr om planområdet bedöms ha en beläggning på 100 %.
- 1.2 Nattetid (kl 22-08) – i huvudsak personer inom bostadsbebyggelse. 100 % beläggning inom bostadshus och 0 % inom övrig bebyggelse.
- 1.3 **"Fullbelagt område"** – Full beläggning inom all bebyggelse (kontor, verksamheter och bostäder m.m.), vilket bedöms kunna förekomma under begränsade perioder i samband med morgon- respektive eftermiddagsrusningen.
Öster om järnvägen antas ca 10 % vistas utomhus för bostäder samt verksamheter. Skolan har en dimensionerad skolgård för cirka 750 personer.
Väster om järnvägen antas personantalet till 1300 personer samt att 10 % vistas utomhus.

I tabell B.1 redovisas en sammanställning av förutsatta personantal inom det studerade området, uppdelat på planområde respektive kringliggande bebyggelse.

Tabell B.1. Tabell med förutsatta personantal inom det studerade området.

Område	Planalternativ			Nollalternativ		
	Normaldygn - dag	Normaldygn - natt	Fullsatt område	Normaldygn - dag	Normaldygn - natt	Fullsatt område
Planområden öster om TGOJ-järnvägen						
<i>Inomhus</i>	1 181	863	2 363	192	6	405
<i>Utomhus</i>	270	7	270	21	0	21
Kringliggande områden väster om TGOJ-järnvägen						
<i>Inomhus</i>	150	0	300	150	0	300
<i>Utomhus</i>	50	10	50	50	10	50
Totalt	1 551	880	2 883	413	16	777
<i>Inomhus</i>	1 331	863	2 663	342	6	705
<i>Utomhus</i>	220	17	220	71	10	71

3. Beräkning av skadeavstånd/-områden

3.1 Järnväg

3.1.1 Urspårning

I bilaga A redovisas beräkningar av urspårningsfrekvens samt sannolikheten för att en järnvägsvagn kolliderar med kringliggande bebyggelse med sådan kraft att byggnaden rasar. Skadefrekvensen reduceras som funktion av avståndet från järnvägen och är beroende av tågets hastighet vid urspårningstillfället.

Skadeområdet vid en urspårning understiger i princip alltid 25-30 meter vinkelrätt ut från spåret. Detta skadescenario motsvarar en helt snedställd tågagn. Sannolikheten för detta värsta tänkbara scenario är extremt låg. Resultatet av frekvens och sannolikhetsberäkningarna visar att det maximala vinkelräta avståndet från spåret som vagnen kan hamna är 13 meter, se bilaga A.

De ekvationer som används för beräkning av sannolikhet och frekvens som funktion av avståndet från järnvägen i bilaga A gäller för en obebyggd omgivning som ligger ungefär i samma nivå som järnvägen. Utmed den aktuella sträckan går järnvägen i samma marknivå som planområdet. Både befintlig och planerad bebyggelse ligger dessutom minst 30 meter från närmaste spårmittpunkt.

Konsekvensberäkningarna, med avseende på järnvägen, kommer att omfatta nedanstående skadescenarier. Beräkningarna kommer att omfatta två dimensionerande scenarier med skadeavstånd som motsvarar de beräkningar som redovisas i bilaga A. För att inte underskatta konsekvenserna av det aktuella skadescenariot studeras dessutom ett worst case scenario med skadeavstånd som motsvarar de maximala skadeavstånd som uppmätts vid urspårning. Det antas mycket konservativt att skadeavståndet för worst case scenario är oberoende av hastighetsbegränsningen. Sannolikheten för worst case scenario antas utgöra en mycket låg andel av den sammanlagda frekvensen för dimensionerande scenario.

- Urspårning godståg (hastighetsbegränsning 100 km/h)
 - Dimensionerande scenario, medel: skadeavstånd < 6 meter
 - Dimensionerande scenario, max: skadeavstånd 6-13 meter
 - Worst case scenario: skadeavstånd 30 meter (1 % av frekvens för dim. scenario, max)

Skadezonen utbredning i längsled utmed järnvägen antas konservativt motsvara den längsta sträcka som den urspårade vagnen kan gå längs med spåret, vilket beräknas i bilaga A. För samtliga scenarier ovan antas skadezonen i längsled utmed järnvägen vara 125 meter vid urspårning med godståg.

Bedömningskriterier

Det antas mycket grovt att personer utomhus omkommer om de vistas inom det avstånd från järnvägsspåret som den urspårade vagnen hamnar.

Sannolikheten för att omkomma till följd av byggnadskollaps eller att av byggnadsdelar rasar bedöms däremot vara beroende av byggnadens våningsantal. Ju lägre våningsantal desto lägre sannolikhet att omkomma. I ett absolut värsta fall kan byggnader inom 30 meter till järnvägen påverkas, utifrån Bilaga A kollapsar enbart byggnader inom 8 meter till järnvägen. Inga byggnader kommer att upprättas inom 30 meter till järnvägen vilket innebär att personer inte förväntas omkomma till följd av en byggnadskollaps.

3.1.2 Brand i godståg

Konsekvenserna av en tågbrand med avseende på påverkan på kringliggande bebyggelse m.m. är beroende av tågtyp och brandens omfattning. I bilaga A redovisas beräkningar för tre olika skadescenarier, varav två (Stor tågbrand respektive Mycket stor tågbrand) bedöms vara så omfattande att de innebär skadeområden som påverkar ytor utanför spårområdet.

En brand i godståg kan innebära brandeffekter som uppnår över 100 MW. Stor godsbrand uppskattas motsvara ca 100 MW och en mycket stor godsbrand uppskattas kunna motsvara ca 200 MW.

Beräkningarna av den infallande värmestrålning som det analyserade området utsätts för i händelse av olycka med påföljande brand genomförs med handberäkningar enligt beskrivningen nedan (metoden motsvarar den som används för strålningsberäkningar för pölbränder):

Brandeffekt (Q) – Brandeffekten beräknas utifrån pölarean och ansätts till att 1 MW genereras per kvadratmeter pölarea /2/.

Flamhöjd (H_f) – Flamhöjden (m) kan beräknas som funktion av brandeffekten och pöldiametern (D) enligt följande ekvation /3/:

$$H_f = 0,23 \times Q^{2/5} - 1,02 \times D$$

Ovanstående förhållande mellan brandeffekt och pölarea innebär att flamhöjden grovt kan uppskattas till $H_f = D / 2$.

Utfallande strålning (I₀) – Den utfallande strålningen (kW/m²) är beroende av pölbrandens diameter. Upp till en viss pölstorlek ökar strålningen från flammans, men efter en viss nivå minskar effektiviteten i förbränningen med påföljd att rökutvecklingen tilltar och temperaturen i flamzonen sjunker. En del av värmestrålningen absorberas därmed i omgivande rök, vilket innebär att den utfallande strålningen sjunker med ökande värde på pölbrandens storlek. Den utfallande strålningen kan beräknas med följande ekvation /4/:

$$I_0 = 58 \times 10^{-0,00823 \times D}$$

Synfaktor (F) – Synfaktorn (–) anger hur stor andel av den utfallande strålningen som når en mottagande punkt eller yta (se figur B.3). Vid beräkningen av synfaktorn antas att branden är rektangulär så att flammans diameter är lika stor i toppen som i botten. Detta är ett konservativt antagande då branden i själva verket normalt smalnar av väsentligt upptill.

Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flammans och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion

som beräknas enligt /5/: $F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$

där $F_{A1,2}$, $F_{B1,2}$, $F_{C1,2}$ och $F_{D1,2}$ beräknas enligt följande:

$$F_{A1,2} = \int_0^{A_1} \frac{\cos \Theta_1 \cos \Theta_2}{\pi d^2} \cdot dA_1 \quad \text{där}$$

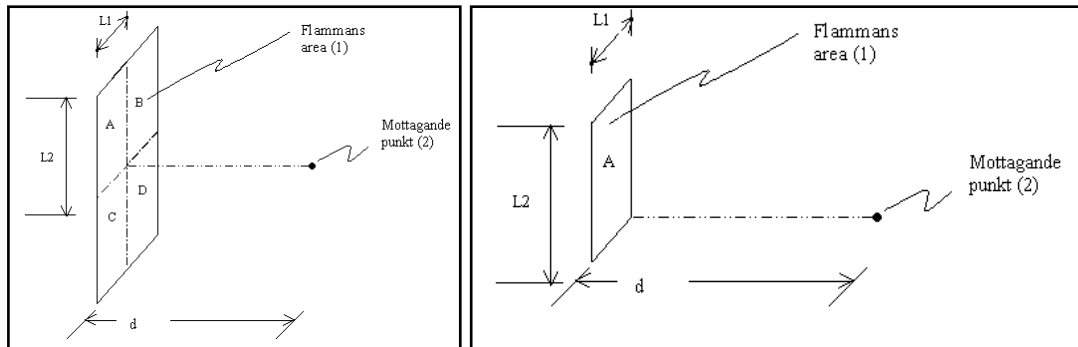
/2/ Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005

/3/ Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000

/4/ Radiation from large pool fires, Journal of Fire Protection Engineering, 1 (4), pp 141-150, Shokri & Beyler, 1989

/5/ An Introduction to Fire Dynamics – second edition, Drysdale, University of Edinburgh, UK 1999

$\theta_1 = \theta_2 =$ infallande vinkel (d.v.s. 0) och $A_1 = L_1 \times L_2$ enligt figur B.3.



Figur B.3. Synfaktor.

Ovanstående ekvation kan omvandlas till följande ekvation för beräkning av respektive ytas (A, B, C och D) synfaktor /6/:

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

$$X = \frac{L_1}{d} \quad \text{och} \quad Y = \frac{L_2}{d} \quad \text{enligt figur B.3.}$$

Infallande strålning (I) – Den från branden infallande värmestrålningen (kW/m^2) som når omgivningen minskar med avståndet från branden och beräknas genom: $I = F \times I_0$

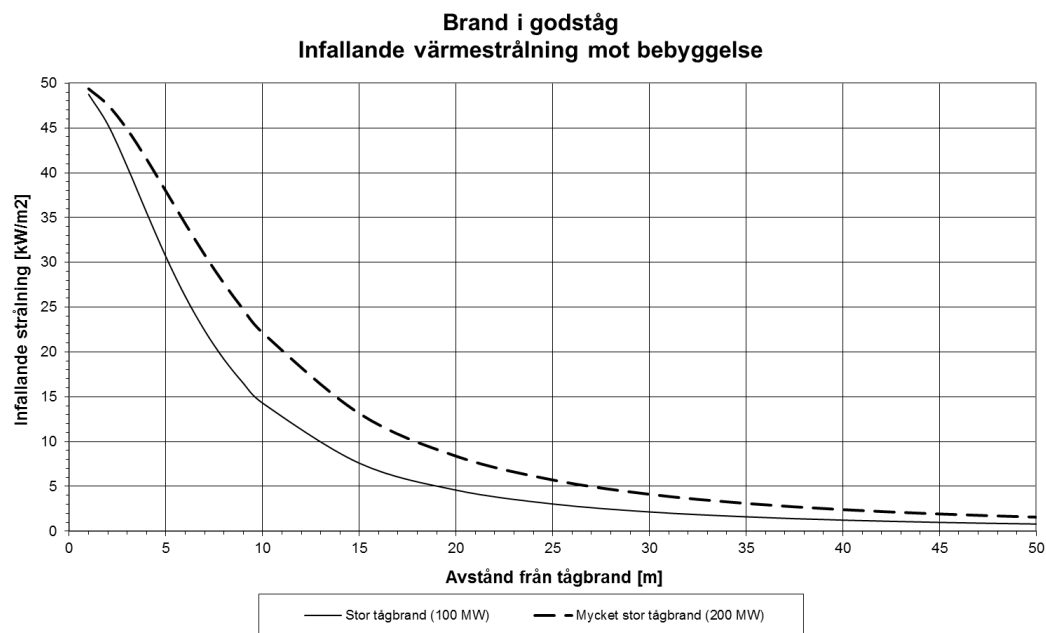
Med hjälp av ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flamhöjden för de olika scenarierna beräknats (se tabell B.2).

Tabell B.2. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flamhöjd samt utfallande värmestrålning.

Scenario	Brinnande yta A_f (m^2)	Utvecklad effekt Q (kW)	Brandens diameter D_f (m)	Flamhöjd H_f (m)	Utfallande strålning I_0 (kW/m^2)
Stor tågbrand	100	100 000	11,3	11,3	46,8
Mycket stor tågbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.4. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. Enligt tabell B.2 sjunker den utfallande strålningen med brandens storlek. Detta beror på att ekvationen beaktar att sotproduktionen ökar vid större bränder. Soten och röken döljer själva flammans och absorberar en avsevärd del av strålningen, vilket i sin tur minskar den utfallande värmestrålningen. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på 50 kW/m^2 för samtliga brandscenarier.

/6/ Thermal Radiation Heat Transfer, 3rd ed., Seigel & Howell, USA 1992



Figur B.4. Infallande strålning som funktion av avståndet från brand i godståg.

Bedömningskriterier

Hur hög värmestrålning en person klarar utan att erhålla skador beror bl.a. på dess varaktighet. Detsamma gäller med avseende på hur hög strålning som krävs för att antända olika byggnadsmaterial. Ju längre strålningspåverkan, ju högre sannolikhet för skada.

I tabell B.3 redovisas exempel på strålningsnivåer och vilka skador dessa kan medföra avseende personskada respektive brandspridning.

Tabell B.3. Effekter av olika strålningsnivåer /2, 7/.

Konsekvens	Strålningsintensitet [kW m ⁻²]
Ingen smärta vid långvarig bestrålning av bar hud	≤ 1
2:a gradens brännskada vid bestrålning under 1 minut	
- 100 % sannolikhet	19
- 50 % sannolikhet	7,5
Ingen smärta vid bestrålning av bar hud under 1 minut	< 2,5
2:a gradens brännskada vid bestrålning under 20 sekunder	
- 100 % sannolikhet	43
- 50 % sannolikhet	17
Outhärdlig smärta vid bestrålning av bar hud under 2	20
Antändning av lättantändliga material, t.ex. gardiner	
med sticklåga	10
vid långvarig bestrålning	20
Antändning av obehandlat trä	
med sticklåga eller vid bestrålning under 5 minuter	15
vid långvarig bestrålning	30

Sannolikheten för att personer som befinner sig **inomhus** omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. Den kritiska värmeinstrålningen ansätts till 15 kW/m² om inga byggnadstekniska åtgärder beaktas, vilket motsvarar det kriterium som anges i BBRAD 3 /8/ avseende brandspridning mellan byggnader. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändigt spridd brand sprids in i byggnaden. Mycket grovt uppskattas det att 5 % av de personer som befinner sig inomhus inom det område kring tågbranden där strålningsnivån överstiger 15 kW/m² omkommer.

En oskyddad person **utomhus** som upptäcker en större brand försöker med stor sannolikhet sätta sig i säkerhet. Tiden för varseblivning samt beslut och reaktion innebär dock att personen kan utsättas för värmeinstrålning under en kortare stund innan hen reagerar. Sannolikheten för att oskyddade personer utomhus omkommer bedöms utifrån tabell B.2. Nedan redovisas uppskattad andel omkomna beroende på strålningsnivå för personer som befinner sig utomhus:

- 10 kW/m²: < 5 % sannolikhet att omkomma
- 15-20 kW/m²: 50 % sannolikhet att omkomma
- > 40 kW/m²: 100 % sannolikhet att omkomma

/7/ Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – metoder för bedömning av risker, FOA, september 1997

/8/ BBRAD 3 – Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BFS 2013:12; Boverket 2013

Resultat

I tabell B.4 redovisas beräknade skadeavstånd för respektive skadescenario.

Tabell B.4. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid tågbrand.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
Stor tågbrand (100 MW)	5% inomhus	10
	100% utomhus	4
	50% utomhus	10
	5% utomhus	13
Mycket stor tågbrand (200 MW)	5% inomhus	14
	100% utomhus	5
	50% utomhus	14
	5% utomhus	17

Eftersom byggnaderna upprättas minst 30 meter från järnvägen kommer personer inne i byggnaderna inte att påverkas.

3.1.3 Olycka med farligt gods Klass 2.1 Brännbara Gaser

För brännbara gaser kan följande scenarier antas uppstå beroende på typen av antändning:

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck
- *Gasmolnexplosion*: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck
- *BLEVE*: Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion kan uppkomma om tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en utbredd brand under en längre tid

För ovanstående skadescenarier har utsläppssimuleringar gjorts med simuleringsprogrammet **ALOHA** för att avgöra storleken på de områden inom vilka personer kan förväntas omkomma.

LNG transporteras i kryptankar, d.v.s. den kondenseras genom kraftig nedkylning, vilket innebär att de vid ett utsläpp beter sig mycket annorlunda än en tryckkondenserad gas. Exempelvis kommer ett kontinuerligt utsläpp av LNG att först bilda en pöl som därefter förångas till ett gasmoln, istället för att en stor del av utsläppet förångas direkt när det kommer ut ur tanken (som gäller för tryckkondenserad gas). För utsläpp av LNG har kompletterande utsläppssimuleringar därför genomförts med programmet ALOHA v. 5.4.7. Utsläppssimuleringarna har utförts för olycka på järnväg har utförts för en tankvagn med total mängd ca 50 ton LNG. Vätskan håller en temperatur på -161,5°C och ett tryck på högst 10 bar. Skadeområdena för jetflamma och gasmolnexplosion beror, utöver utsläppsstorleken, även på om läckaget utgörs av gasfas, vätskefas eller i gasfas nära vätskeytan. I beräkningarna antas det konservativt att utsläppet sker nära vätskeytan då detta leder till de största skadeområdena.

Gasmolnexplosioner är väldigt komplexa förlopp. Sannolikheten för uppkomst av övertryckseffekter styrs av flera faktorer såsom hur reaktiv gasen i fråga är, typ av utsläpp, väder, om det finns risk för inneslutning/delvis inneslutning, etc. Skadeområdena för gasmolnexplosion är dessutom beroende av vindstyrkan, där skadeområdet blir större ju lägre vindstyrka. Även här antas det konservativt en relativt låg vindstyrka, ca 3 m/s.

Scenariot kan egentligen delas upp i två förlopp, gasmolnsbrand utan övertryck och gasmolnsbrand med övertryck. Fördelningen redovisas som 80 respektive 20 % av fallen i /10/.

Bedömningskriterier

Sannolikheten för att omkomma är bl.a. beroende av den infallande värmestrålningen. Hur hög värmestrålning en person klarar utan att erhålla skador beror bl.a. på dess varaktighet. Detsamma gäller med avseende på hur hög strålning som krävs för att antända olika byggnadsmaterial. Ju längre strålningspåverkan, ju högre sannolikhet för skada.

När det gäller gasmolnsexplosion kan människor skadas till följd av värmestrålning. Skador på byggnader begränsas dock generellt till ytliga skador även om små sprickor har uppträtt i metallkonstruktioner /11/. Enligt samma källa kan 50 % av fönstren inom skadeområdet skadas vid ett övertryck på 50 mbar eller mer. Övertrycket i sig bedöms således inte medföra skador på människor inomhus. Skador till följd av hög värmestrålning genom fönster kan dock inte uteslutas.

Utomhus: I tabell B.3 redovisas skadeområden där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a-3:e gradens brännskada. Enligt /7/ är sannolikheten att omkomma vid 2:a gradens brännskador ca 15 %. I riskberäkningarna uppskattas det grovt att ca 50 % av de människor som vistas inom belyst skadeområde enligt tabell B.6 riskerar att omkomma. Skadeavstånden för LNG bedöms utifrån kritiska strålningsnivåer enligt tabell B.3 i avsnitt 3.1.2.

Inomhus: Sannolikheten för att personer som befinner sig inomhus omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. För jetflamma uppskattas det grovt att skadeområdet för brandspridning till byggnad för de studerade scenarierna motsvarar skadeområdet där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a-3:e gradens brännskada. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändigt brand sprids in i byggnaden omkommer.

För gasmolnsexplosion och BLEVE bedöms sannolikheten för brandspridning vara låg med hänsyn till kortvariga brandförlopp. Konsekvenser inomhus kan dock uppstå p.g.a. tryckpåverkan. Utifrån detta uppskattas grovt att 5 % av personer som befinner sig inomhus inom belyst skadezon enligt tabell B.5 förväntas omkomma.

Resultat

I tabell B.5 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat, varför dess bredder även presenteras.

Beräkningarna i **ALOHA** utgår från fri spridning av gas och tar ingen hänsyn till framförliggande objekt och avskärmningar som kan reducera jetflammans längd, spridningen av gasmoln respektive BLEVE m.m. vilket i sin tur reducerar skadeavstånden.

/10/ Riskanalys av farligt gods i Hallands län, Meddelande 2011:19, Länsstyrelsen i Hallands län

/11/ Transportation of Dangerous Goods, methods and tools for reducing the risks of accidents and terrorist attack, NATO Science for Peace and Security series – C: Environmental Security, 2010

Vid tät bebyggelsestruktur så reducerar byggnaderna skadeavståndet och påverkan på bakomliggande byggnader relativt mycket. I tabellen redovisas skadeavstånden vid oskyddad bebyggelse. För skadescenarier med mindre skadeavstånd än avståndet till planerad bebyggelse görs ingen reducering. Där avståndet mellan järnväg och bebyggelse är kortare än skadeståndsområdet i tabellen nedan halveras skadeståndet. Detta för att ta hänsyn till att bakomliggande bebyggelse är skyddad.

Tabell B.5. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av LNG.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		bredd	längd
Liten jetflamma	5 % inomhus	14	14
	50 % utomhus	< 10	<10
Stor jetflamma	5 % inomhus	72	72
	50 % utomhus	<70	<70
Liten gasmolnsexplosion	5 % inomhus	20	<11
	50 % utomhus		
Stor gasmolnsexplosion	5 % inomhus	105	54
	50 % utomhus		
BLEVE	5 % inomhus	450	450
	50 % utomhus		

3.1.4 Beräkning av antal omkomna

I tabell B.6 redovisas beräknat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 2) inom det studerade området (aktuella planområden samt kringliggande bebyggelse).

Tabell B.6. Beräknade konsekvenser – antal omkomna vid olycka på TGOJ-Järnvägen

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Urspårning godståg,						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Urspårning godståg, worst case scenario						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0

Tabell B.6. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
2. Brand i godståg						
Stor tågbrand (100 MW)						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Mycket stor tågbrand (200 MW)						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
3. Olycka vid transport av farligt gods						
Klass 2.1 Brännbar gas						
Liten jetflamma						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Liten gasmolnsexplosion						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Stor jetflamma						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0

Tabell B.6. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandalternativ			Nollalternativ		
	<i>Inomhus</i>	<i>Utomhus</i>	<i>Totalt</i>	<i>Inomhus</i>	<i>Utomhus</i>	<i>Totalt</i>
Stor gasmolnsexplosion						
<i>Normaldygn - dag</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Normaldygn - natt</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Fullsatt område</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
BLEVE						
<i>Normaldygn - dag</i>	<i>48</i>	<i>83</i>	<i>130</i>	<i>12</i>	<i>32</i>	<i>45</i>
<i>Normaldygn - natt</i>	<i>29</i>	<i>7</i>	<i>37</i>	<i>0</i>	<i>5</i>	<i>5</i>
<i>Fullsatt område</i>	<i>95</i>	<i>83</i>	<i>178</i>	<i>25</i>	<i>32</i>	<i>58</i>

3.2 Hamnvägen

3.2.1 Olycka med farligt gods klass 2.1 Brännbara gaser

På Hamnvägen kan det förekomma brännbara gaser som ska till OKQ8 via Hamnvägen samt till Woody bygghandel och Gasolmacken. Gasoltransporter till OKQ8 och Woody bygghandel utgör främst av transporter med gasolflaskor. Transporter till Gasolmacken utgörs av tanktransporter. Konsekvenserna av en olycka med gasolflaska blir betydligt mindre än vid en olycka med tankbil. Sannolikheten för ett stort läckage är låg och skadeområdena begränsade.

För brännbara gaser kan följande scenarier antas uppstå beroende på typen av antändning:

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck
- *Gasmolnsexplosion*: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck
- *BLEVE*: Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion kan uppkomma om tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en utbredd brand under en längre tid

För ovanstående skadescenarier har utsläppssimuleringar gjorts med simuleringsprogrammet **Gasol** för att avgöra storleken på de områden inom vilka personer kan förväntas omkomma. Utsläppssimuleringarna har utförts för tankbil med ca 25 ton tryckkondenserad gas. I tabell B.7 redovisas den indata som anges i **Gasol** med avseende på tankutformning, väder etc.

Tabell B.7. Indata till Gasol för simulering av skadeområden vid jetflamma och gasmoln.

Faktor	
Lagringstemperatur	15°C
Lagringstryck	7 bar övertryck vid 15°C
Tankdiameter	2,0 m
Tanklängd	18 m
Tankfyllnadsgrad	80 %
Tankens tomma vikt	50 000 kg
Designtryck	15 bar övertryck
Bristningstryck	4 x designtrycket
Luftryck	760 mmHg
Väder	15°C, 50 % relativ fuktighet, dag och klart
Omgivning	Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

För gasol så beror skadeområdena för jetflamma och gasmolnsexplosion utöver utsläppsstorleken, även på om läckaget utgörs av gasfas, vätskefas eller i gasfas nära vätskeytan. I beräkningarna antas det konservativt att utsläppet sker nära vätskeytan då detta leder till de största skadeområdena.

Vid tät bebyggelsestruktur så reducerar byggnaderna skadeavståndet och påverkan på bakomliggande byggnader relativt mycket. I tabellen nedan redovisas skadeavstånden vid framförliggande skyddande bebyggelse. För skadescenarier med mindre skadeavstånd än avståndet till planerad bebyggelse görs ingen reducering.

Tabell B.8 Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser – komprimerade gaser (t.ex. gasol).

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse	
		bredd	längd	bredd	längd
Liten jetflamma	5 % <i>inomhus</i>	6	5	6	5
	50 % <i>utomhus</i>	6	5	6	5
Liten gasmolnexplosion	5 % <i>inomhus</i>	2	5	2	5
	50 % <i>utomhus</i>	2	5	2	5
Medelstor jetflamma	5 % <i>inomhus</i>	15	15	15	15
	50 % <i>utomhus</i>	15	15	15	15
Medelstor gasmolnexplosion	5 % <i>inomhus</i>	50	70	50	50
	50 % <i>utomhus</i>	50	70	50	50
Stor jetflamma	5 % <i>inomhus</i>	60	55	60	40
	50 % <i>utomhus</i>	60	55	60	40
Stor gasmolnexplosion	5 % <i>inomhus</i>	215	185	215	100
	50 % <i>utomhus</i>	215	185	215	100
BLEVE	5 % <i>inomhus</i>	440	220	440	150
	50 % <i>utomhus</i>	440	220	440	150

3.2.2 Olycka med farligt gods klass 3. Brandfarliga vätska

Metodik

För denna farligt godsklass utgörs skadescenarierna av att tanken skadas så allvarligt att vätska läcker ut och sedan antänds. Vid beräkning av konsekvensen av en farligt godsolycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensen. Beroende på utsläppstorleken antas olika stora pölar med brandfarlig vätska bildas vilket leder till olika mängder värmestrålning.

Konsekvensberäkningar utförs för följande pölbrandscenarier:

- Liten pölbrand: 50 m²
- Medelstor pölbrand: 200 m²
- Stor pölbrand: 400 m²
- Tankbilsbrand ca 300 MW ^{/12/} (antas grovt motsvara stor pölbrand, exkl. pölradiet)

Beräkningarna av den infallande värmestrålning som analyserade området utsätts för i händelse av olycka med påföljande brand genomförs med handberäkningar:

^{/12/} Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee of Road Tunnels, 1999

Brandeffekt (Q) – Brandeffekten beräknas utifrån pölarean och ansätts till att 1 MW genereras per kvadratmeter pölarea /13/.

Flamhöjd (H_f) – Flamhöjden (m) kan beräknas som funktion av brandeffekten och pöldiametern (D) enligt följande ekvation /14/: $H_f = 0.23 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1,02D$

Ovanstående förhållande mellan brandeffekt och pölarea innebär att flamhöjden grovt kan uppskattas till $H_f = D / 13$.

Utfallande strålning (I₀) – Den utfallande strålningen (kW/m²) är beroende av pölbrandens diameter. Upp till en viss pölstorlek ökar strålningen från flammans, men efter en viss nivå minskar effektiviteten i förbränningen med påföljd att rökutvecklingen tilltar och temperaturen i flamzonen sjunker. En del av värmestrålningen absorberas därmed i omgivande rök, vilket innebär att den utfallande strålningen sjunker med ökande värde på pölbrandens storlek. Den utfallande strålningen kan beräknas med följande ekvation /15/: $I_0 = 58 \cdot 10^{-0,00823 \cdot D}$

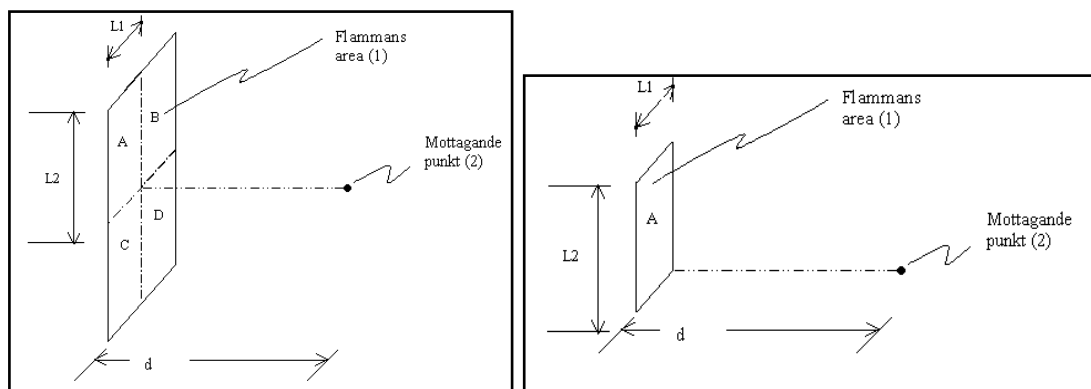
Synfaktor (F) – Synfaktorn (–) anger hur stor andel av den utfallande strålningen som når en mottagande punkt eller yta (se Figur 3.3). Vid beräkningen av synfaktorn antas att branden är rektangulär så att flammans diameter är lika stor i toppen som i botten. Detta är ett konservativt antagande då branden i själva verket normalt smalnar av väsentligt upptill.

Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flammans och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt /16/: $F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$

där $F_{A1,2}$, $F_{B1,2}$, $F_{C1,2}$ och $F_{D1,2}$ beräknas enligt följande:

$$F_{A1,2} = \int_0^{A_1} \frac{\cos \theta_1 \cos \theta_2}{\pi d^2} \cdot dA_1 \quad \text{där}$$

$\theta_1 = \theta_2 =$ infallande vinkel (d.v.s. 0) och $A_1 = L_1 \times L_2$ enligt Figur B.5.



Figur B.5. Synfaktor.

/13/ Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005

/14/ Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000

/15/ Radiation from large pool fires, Journal of Fire Protection Engineering, 1 (4), pp 141-150, Shokri & Beyler, 1989

/16/ An Introduction to Fire Dynamics – second edition, Drysdale, University of Edinburgh, UK 1999

Ovanstående ekvation kan omvandlas till följande ekvation för beräkning av respektive ytas (A, B, C och D) synfaktor /17/:

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

$$X = \frac{L_1}{d} \text{ och } Y = \frac{L_2}{d} \text{ enligt Figur 3.1.}$$

Infallande strålning (I) – Den från branden infallande värmestrålningen (kW/m^2) som når omgivningen minskar med avståndet från branden och beräknas genom: $I = F \times I_0$

Beräkningarna utgår från att strålningen fritt kan spridas mot planområdet. Pölen kan dock inte komma närmare planområdet än väggkant.

Med hjälp av ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden beräknats för de olika pölbrandscenarierna (se Tabell B.9).

Tabell B.9. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flammhöjd samt utfallande värmestrålning.

Scenario	Brinnande yta A_f (m^2)	Utvecklad effekt Q (kW)	Brandens diameter D_f (m)	Flammhöjd H_f (m)	Utfallande strålning I_0 (kW/m^2)
Liten pölbrand	50	50 000	8,0	8,0	49,8
Medelstor pölbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
Stor pölbrand / Tankbilsbrand	400	400 000	22,6	22,6	37,7

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i Tabell B.10. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. I strålningsberäkningarna används konservativt ett värde på den utfallande strålningen på 60 kW/m^2 för samtliga brandscenarier.

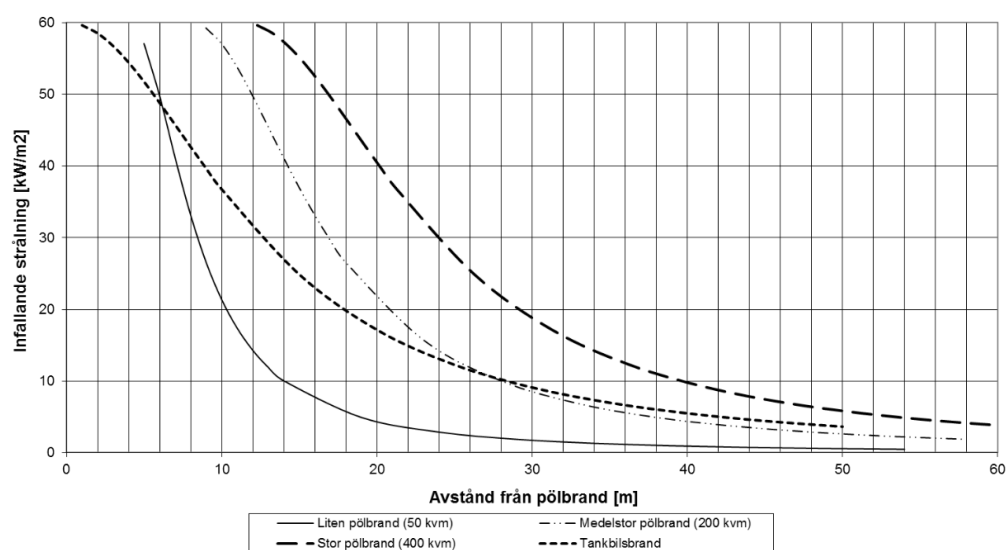
/17/ Thermal Radiation Heat Transfer, 3rd ed., Seigel & Howell, USA 1992

Tabell B.10. Beräkning av strålning och synfaktor på halva flammans höjd för olika avstånd från pölbranden.

Avstånd (m)	Liten pölbrand		Medelstor pölbrand		Stor pölbrand / Tankbilsbrand	
	$F_{1,2}$	q_r''	$F_{1,2}$	q_r''	$F_{1,2}$	q_r''
5	0,44	26,6	0,76	45,5	0,86	51,7
10	0,17	10,0	0,44	26,6	0,61	36,7
15	0,08	4,9	0,26	15,8	0,41	24,9
20	0,05	2,9	0,17	10,0	0,29	17,1
25	0,03	1,9	0,11	6,9	0,20	12,3
30	0,02	1,3	0,08	4,9	0,15	9,1
35	0,02	1,0	0,06	3,7	0,12	7,0
40	0,01	0,7	0,05	2,9	0,09	5,5
45	0,01	0,6	0,04	2,3	0,07	4,4
50	0,01	0,5	0,03	1,9	0,06	3,6

I Figur B.6 redovisas den infallande strålningen som funktion av avståndet från branden. I figuren beaktas även pölens radie, vilket ej beaktas i de avstånd som anges i Tabell B.10 som utgår från flammans kant.

Infallande värmestrålning mot bebyggelse



Figur B.6. Infallande strålning som funktion av avståndet från pölbrand inkl. pölradie

Bedömningskriterier

Hur hög värmestrålning en person klarar utan att erhålla skador beror bl.a. på dess varaktighet. Detsamma gäller med avseende på hur hög strålning som krävs för att antända olika byggnadsmaterial. Ju längre strålningspåverkan, ju högre sannolikhet för skada.

I Tabell B.11 redovisas exempel på strålningsnivåer och vilka skador dessa kan medföra avseende personskada respektive brandspridning. Enligt avsnitt 3.1.2 uppskattas att ca 15 % av de som får 2:a gradens brännskador kan omkomma.

Tabell B.11. Effekter av olika strålningsnivåer /13/.

Konsekvens	Strålningsintensitet [kW m ⁻²]
Ingen smärta vid långvarig bestrålning av bar hud	≤ 1
2:a gradens brännskada vid bestrålning under 1 minut	
- 100 % sannolikhet	19
- 50 % sannolikhet	7,5
Ingen smärta vid bestrålning av bar hud under 1 minut	< 2,5
2:a gradens brännskada vid bestrålning under 20 sekunder	
- 100 % sannolikhet	43
- 50 % sannolikhet	17
Outhärdlig smärta vid bestrålning av bar hud under 2 sekunder	20
Antändning av lättantändliga material, t.ex. gardiner	
med sticklåga	10
vid långvarig bestrålning	20
Antändning av obehandlat trä	
med sticklåga eller vid bestrålning under 5 minuter	15
vid långvarig bestrålning	30

En person som befinner sig utomhus och upptäcker en större brand försöker med stor sannolikhet sätta sig i säkerhet. Tiden för varseblivning samt beslut och reaktion innebär dock att personen kan utsättas för värmestrålning under en kortare stund innan hen reagerar. De strålningsnivåer och effekter som anges i Tabell B.11 har i Tabell B.12 omvandlats till en uppskattad andel omkomna beroende på strålningsnivå för personer som befinner sig utomhus.

Tabell B.12. Uppskattad sannolikhet för oskyddad person utomhus att omkomma som funktion av strålningsnivån vid pölbrand.

Strålningsnivå	Andel omkomna
10 kW/m ²	5 %
60 kW/m ²	15 %
80 kW/m ²	100 %

Sannolikheten för att personer som befinner sig **inomhus** omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. Utifrån Tabell B.11 så uppskattas den kritiska värmestrålningen vara 15 kW/m² om inga byggnadstekniska åtgärder beaktas. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändigt spridd brand sprids in i byggnaden. Mycket grovt uppskattas det att 10 % av de personer som befinner sig inomhus inom det område kring pölbranden där strålningsnivån överstiger 15 kW/m² omkommer.

Resultat

I tabell B.13 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario utifrån redovisade förutsättningar.

Tabell B.13. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brandfarliga vätskor.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
Liten pölbrand	5 % <u>inomhus</u>	11
	100 % <u>utomhus</u>	7
	15 % <u>utomhus</u>	11
	5 % <u>utomhus</u>	13
Medelstor pölbrand	5 % <u>inomhus</u>	22
	100 % <u>utomhus</u>	13
	15 % <u>utomhus</u>	22
	5 % <u>utomhus</u>	25
Stor pölbrand	5 % <u>inomhus</u>	30
	100 % <u>utomhus</u>	18
	15 % <u>utomhus</u>	30
	5 % <u>utomhus</u>	36
Tankbilsbrand	5 % <u>inomhus</u>	20
	100 % <u>utomhus</u>	7
	15 % <u>utomhus</u>	20
	5 % <u>utomhus</u>	25

3.2.3 Beräkning av antal omkomna

I tabell B.14 redovisas beräknat antal omkomna inom det studerade området (aktuella planområden samt kringliggande bebyggelse) med avseende på olycka med farligt gods klass 2.1 samt klass 3. Beräkningar för farligt gods utgår från Hamnvägen. För att vara konservativ har det kortaste avstånden till den närmaste vägen används. I beräkningarna har därför avståndet mellan väg och bebyggelse utgått från Arnöleden.

Tabell B.14. Uppskatta antal omkomna inom planområdet.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Klass 2.1 Brännbar gas						
Liten jetflamma						
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Liten gasmolnexplosion						
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Medelstor jetflamma						
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Medelstor gasmolnexplosion						
Fullsatt område	2	2	4	1	2	3
Stor jetflamma						
Fullsatt område	1	1	2	1	2	3
Stor gasmolnexplosion						
Fullsatt område	20	16	36	15	20	35
Bleve						
Fullsatt område	56	35	91	33	25	58
Klass 3 Brännbara vätskor						
Liten pölbrand						
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Medelstor pölbrand						
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Stor pölbrand						
Fullsatt område	0	1	1	0	1	1
Tankbilsbrand						
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0

Bilaga C - Riskberäkningar**Uppdragsnamn**

Ribban 5, 6 & 7

Uppdragsgivare

Kungsleden Skotpunkten AB (505503)/Svefa AB (505504)

Uppdragsnummer

505503/505504

Datum

2022-10-13

Handläggare

Felicia Klint

Egenkontroll

FKT 2022-10-13

Internkontroll

LSS 2022-09-23

1. Inledning

I denna bilaga beräknas den sammanvägda risken (frekvens x konsekvens) för de olycksrisker (skadescenarier) som bedömts kunna påverka risknivån för ny bebyggelse inom planområdet.

Den sammanvägda risken kommer att redovisas med riskmåtteten individrisk respektive samhällsrisk. Individrisk och samhällsrisk har beräknats för TGOJ-järnvägen respektive Hamnvägen. Hamnvägen är en sekundär rekommenderad transportväg för farligt gods vilket innebär att vägen får användas för genomfart av transporter med farligt gods, de transporter som kan tänkas gå på övriga kringliggande vägar kommer därmed att kunna gå på Hamnvägen. De beräknade risknivåerna för Hamnvägen används även för bedömning av Arnöleden och Järnvägsgatans förlängning.

2. Beräkning av individrisk

2.1 Metodik

Den platsspecifika individrisken redovisas i form av individriskprofiler som anger den avståndsberoende frekvensen för att en fiktiv person ska omkomma till följd av en negativ exponering från de studerade riskkällorna.

Individrisken beräknas som den kumulativa frekvensen för att omkomma på ett specifikt avstånd från respektive riskkälla. Detta innebär att på en punkt t.ex. 100 meter från riskkällan så är individrisken densamma som frekvensen för alla skadescenarier med ett skadeområde ≥ 100 meter.

Vid redovisning av individrisken är det ett par faktorer som behöver beaktas, dels var en olycka antas inträffa, dels skadeområdets utbredning:

1. De konsekvensberäkningar som redovisas i bilaga B visar att andelen personer inom skadeområdet som bedöms omkomna minskar med avståndet från riskkällan. Detta innebär även att sannolikheten för att den fiktiva personen som studeras vid beräkning av individrisk omkommer också minskar med avståndet för respektive skadescenario. Med avseende på respektive skadescenario reduceras därför individrisken för olika avståndsnivåer enligt konsekvensberäkningarna.

2. Beräknade skadeområden för olycksscenarierna skiljer sig i förhållande till den sträcka som studeras (1 000 m). Detta innebär att det inte är givet att en person som befinner sig inom kritiskt område i planområdet omkommer om en olycka inträffar på den aktuella sträckan. För skadescenarier med mycket stort skadeområde kan fallet vara det motsatta, d.v.s. personer inom planområdet kan omkomma även om olyckan inträffar utanför den studerade sträckan.

För att ta hänsyn till detta reduceras frekvensen beroende på skadeområdets utbredning. Grovt antas att ett scenario kan påverka en så stor andel av den studerade sträckan som scenariots skadeområde i båda riktningar utgör. Exempelvis innebär detta för ett olycksscenario med beräknat skadeområde ca 100 meter att frekvensen multipliceras med 0,2 för en 1 km lång sträcka.

3. För vissa olycksscenarier förknippade med gaser blir skadeområdet inte cirkulärt. Detta innebär i sin tur att det inte är givet att en person som befinner sig inom det kritiska området omkommer. För dessa scenarier reduceras frekvensen ytterligare med avseende på gasplymens spridningsvinkel.

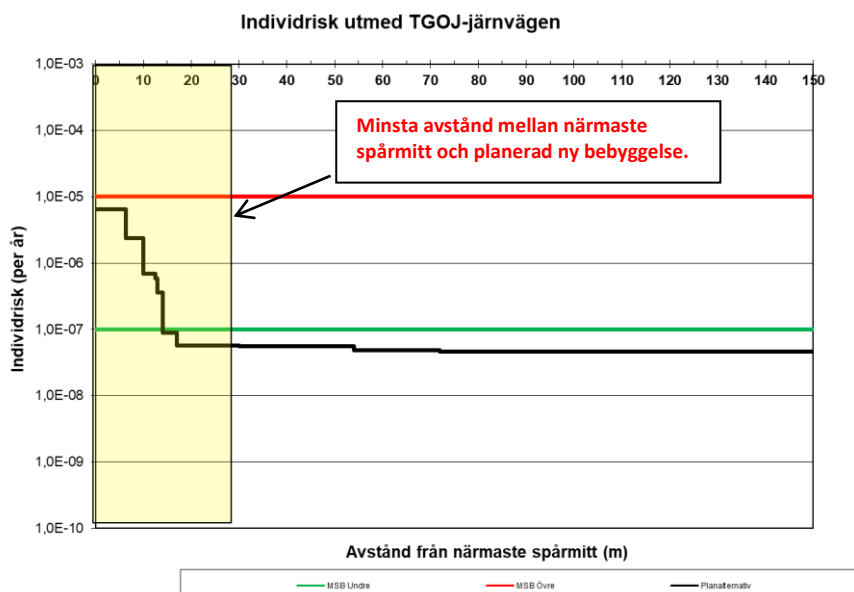
2.2 Bedömningskriterier

Den beräknade individrisken kommer att värderas utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk /1/*, se avsnitt 5.1 i huvudrapporten. Riskkriterierna redovisas även i diagrammen nedan.

/1/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997

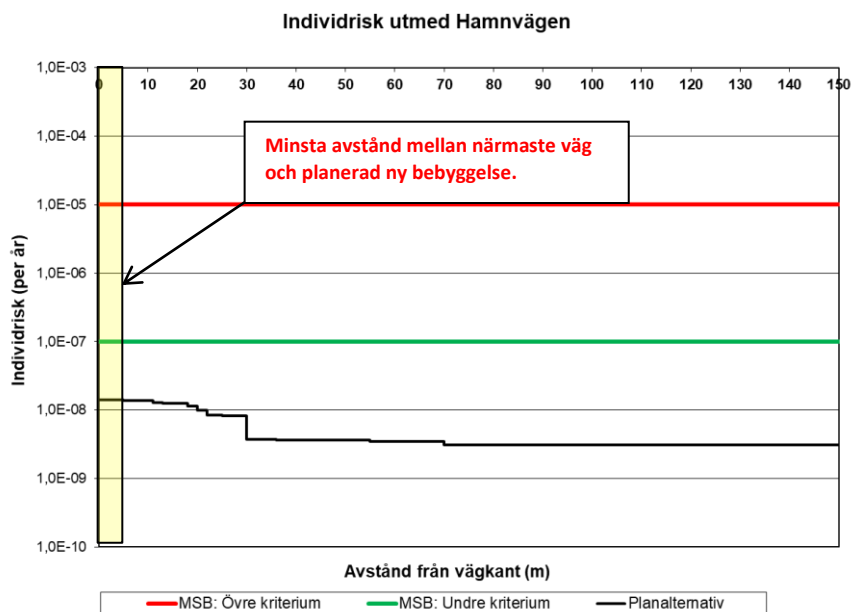
2.3 Resultat

I figur C.1 och C.2 redovisas individrisken för riskbidrag från TGOJ- Järnvägen samt Hamnvägen för det studerade planområdet och dess omgivning som funktion av avståndet till riskkällan. Eftersom avståndet mellan TGOJ-järnvägen och Hamnvägen överstiger 70 meter redovisas individrisken separat för respektive riskkälla.



Figur C.1. Individrisk för oskyddad person som funktion av avståndet från TGOJ-järnvägen (mätt från närmaste spårmitt).

Utan hänsyn tagen till bebyggelse och andra avskärmande barriärer inom planområdet.
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)



Figur C.2. Individrisk för oskyddad person som funktion av avståndet från Hamnvägen (mätt från närmaste väggkant. Individrisken beskrivs för Hamnvägen .

3. Beräkning av Samhällsrisk

3.1 Metodik

Samhällsrisknivån presenteras som en F/N-kurva, vilket anger den kumulativa frekvensen för N, eller fler än N, antal omkomna inom det studerade området till följd av olycka på järnvägen. I bilaga B redovisas omfattningen av det studerade området, vilket omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse. Samhällsrisken beräknas för planerat utförandealternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom det aktuella planområdet samt för nollalternativ med befintlig markanvändning inom planområdet. Vid beräkning av samhällsrisken beaktas såväl bebyggelse och markanvändning inom planområdet samt befintlig bebyggelse och markanvändning i närområdet.

Det finns ett flertal olika parametrar som påverkar samhällsrisken, framförallt med avseende på konsekvensernas storlek vid händelse av en olycka. Enligt bilaga B har konsekvensberäkningarna genomförts konservativt med avseende på den nya bebyggelsen:

- Respektive skadescenario antas inträffa där det medför så stora konsekvenser som möjligt för det aktuella planområdet, vilket innebär där avståndet är som kortast mellan järnvägen och bebyggelse inom planområdet. Med hänsyn till bebyggelsestrukturen inom kringliggande områden utmed den studerade järnvägssträckan samt vägar bedöms sannolikheten för att de beräknade konsekvenserna skulle uppstå oavsett var olyckan inträffar vara låg.

Vid sammanställningen av samhällsrisken för de studerade riskkällorna antas att dessa konsekvenser kan inträffa oavsett var på respektive järnvägssträcka och vägsträcka som olyckan inträffar. Detta är ett mycket konservativt antagande som säkerställer att risknivån för det aktuella planområdet inte underskattas med hänsyn till kringliggande bebyggelse.

- Enligt avsnitt 2.1, i denna bilaga, så blir skadeområdet för vissa skadescenarier förknippade med gaser samt urspårning inte cirkulära. Konsekvensberäkningarna för dessa scenarier har genomförts för förutsättningar som medför så stora konsekvenser som möjligt för det aktuella planområdet, d.v.s. skadeområdet är riktat mot planområdet.

Med hänsyn till bebyggelsestrukturen inom kringliggande områden på motstående sida om de studerade riskkällorna kan konsekvenserna bli annorlunda om olyckan riktas åt motsatt håll. Vid sammanställningen av samhällsrisken för de studerade riskkällorna antas dock att konsekvenserna kan inträffa oavsett åt vilket håll som olyckan riktas.

- Vidare antas respektive skadescenario inträffa då personantalet inom det studerade området är som störst, vilket innebär största möjliga konsekvenser.

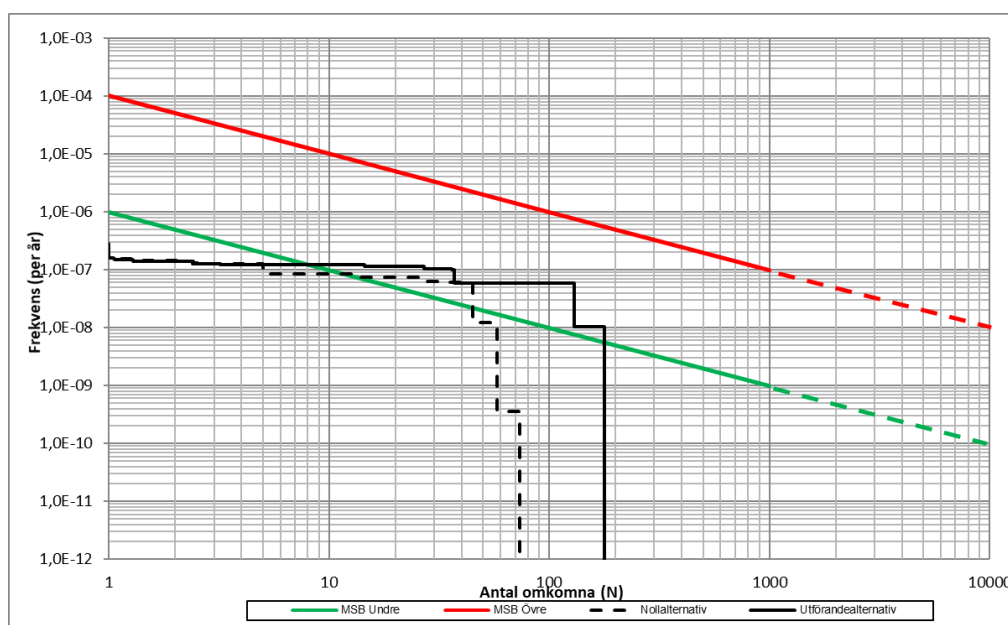
3.2 Bedömningskriterier

Den beräknade samhällsrisk kommer att värderas utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk /1/*, se avsnitt 3.4 i huvudrapporten. Riskkriterierna redovisas även i diagrammet nedan.

3.3 Resultat

3.3.1 Samhällsrisk

I figur C.3 redovisas den beräknade samhällsrisk inom det studerade området, d.v.s. aktuellt planområde samt kringliggande bebyggelse. Samhällsrisk beräknas för planerad bebyggelse och markanvändning inom det aktuella planområdet. Samhällsrisk har även beräknats för ett nollalternativ, som innebär befintliga förhållanden inom det aktuella planområdet. Samhällsrisk utgår från både TGOJ-järnvägen och Hamnvägen.



Figur C.3. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på TGOJ-järnvägen samt Hamnvägen i anslutning till aktuellt planområde. Samhällsrisknivån avser utan implementerade åtgärder.

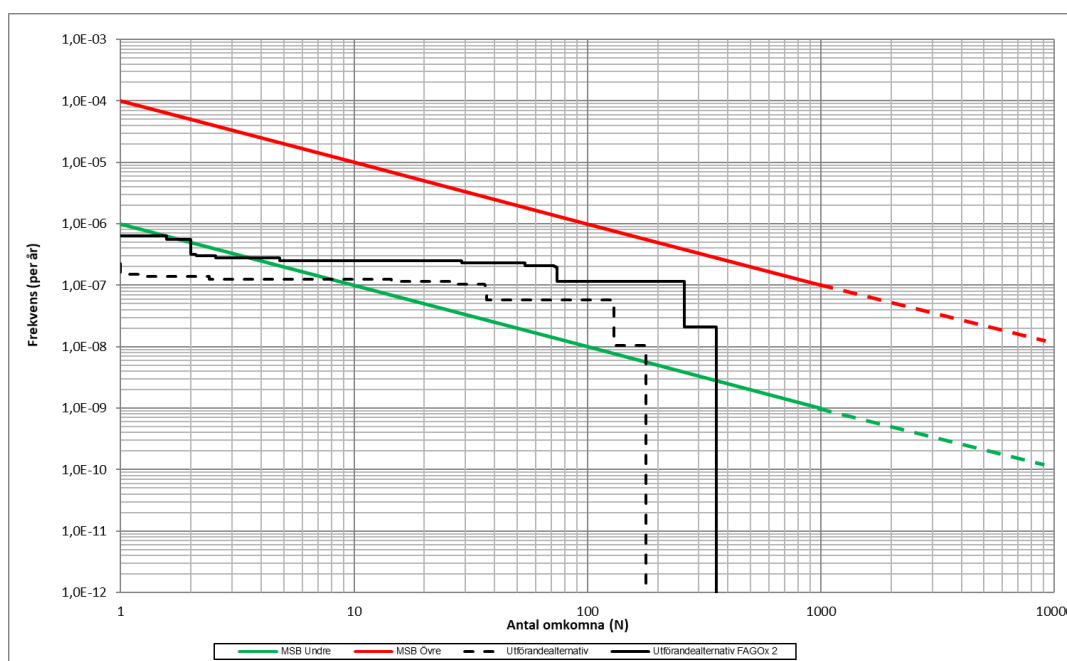
4. Känslighetsanalys

Med hänsyn till osäkerheter i det statistiska underlaget upprättas en känslighetsanalys som beaktar förändrade förutsättningar avseende dels frekvensberäkningar och dels avseende konsekvensberäkningar. Känslighetsanalysen omfattar sammanvägning av samhällsrisken för de förändrade förutsättningarna och genomförs endast för utförandealternativet.

4.1 Känslighetsanalys 1 – Förändrat antal farligt godstransporter

Denna del av känslighetsanalysen omfattar att det uppskattade antalet farligt godsvagnar på TGOJ-järnvägen samt antalet farligt godstransporter på Hamnvägen antas öka med en faktor 2 i förhållande till de dimensionerande transportmängderna. Detta innebär att transportererna till de kringliggande verksamheterna skulle dubbla, alternativt att en ny verksamhet i området upprättas.

I figur C.5 redovisas resultatet av Känslighetsanalys 1.

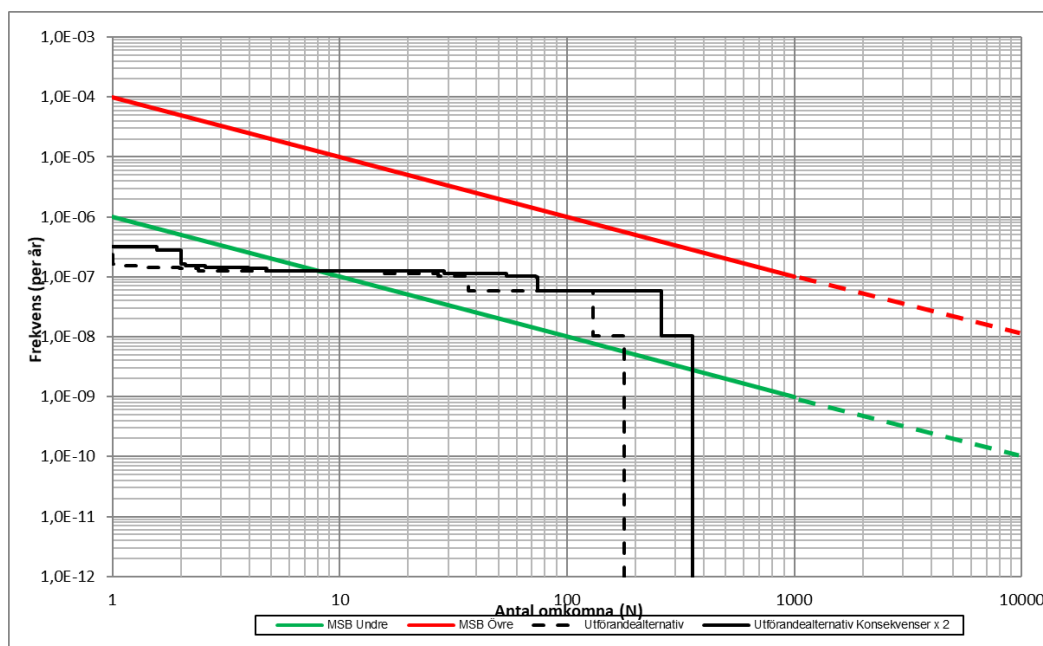


Figur C.5. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på TGOJ-järnvägen och Hamnvägen i anslutning till aktuellt planområde. Känslighetsanalys del 1 – Förändrat antal farligt godsvagnar på TGOJ-järnvägen och antal farligt godstransporter på Hamnvägen.

4.2 Känslighetsanalys 2. Förändrade konsekvenser

Samhällsrisikberäkningar presenterade i figur C.6 återger hur resultaten kan förväntas variera beroende av antagande om persontäthet inom det studerade området.

Beräknade antal omkomna för respektive skadescenario antas öka med en faktor 2 i förhållande till genomförda konsekvensberäkningar i bilaga B.



Figur C.6. F/N-kurva som redovisar samhällsrisiknivån med avseende på skadescenarier på TGOJ-Järnvägen och Hamnvägen i anslutning till aktuellt planområde. Känslighetsanalys 2 – Förändrade konsekvenser.

5. Samhällsrisk med säkerhetshöjande åtgärder

Rekommenderade innebär att samhällsrisken minskar genom att reducera konsekvenserna av de studerade olycksscenarierna. Nedanstående riskreducerande åtgärder rekommenderas för aktuellt planområde.

Planering och placering av ny bebyggelse samt markanvändning

Ny bebyggelse ska placeras så att avstånden är minst 30 meter till närmaste järnvägsspår, mätt från spårmittpunkt.

Åtgärden eliminerar antalet omkomna inom ny bebyggelse för olycksrisker med skadeavstånd som understiger skyddsavstånden samt reducerar antalet omkomna inom ny bebyggelse för övriga olycksrisker. Åtgärden har störst effekt på olycksscenarioet urspårning där konsekvenserna elimineras för en klar majoritet av potentiella skadescenarier. Studerad situationsplan medger bebyggelse ca 30 meter från närmaste järnvägsspår.

Ytor mellan bebyggelse och järnvägen samt mellan bebyggelse och Hamnvägen ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

Åtgärden reducerar antalet omkomna utomhus för olycksrisker med skadeavstånd som understiger dessa avstånd samt reducerar antalet omkomna utomhus för övriga olycksrisker. Riskberäkningarna har utförts konservativt där minsta avstånd till ytor för stadigvarande vistelse inom planområdet är 30 meter. Åtgärden bedöms därmed minska de beräknade konsekvenserna eftersom ytor för stadigvarande vistelse kommer placeras i skyddade lägen.

Byggnadstekniska åtgärder

Allmänt om utformning av ny bebyggelse

Inom 30 meter från järnvägens närmaste spår samt från intilliggande vägar ska det från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse inom ny bebyggelse som vetter direkt mot järnvägen eller vägarna utan framförliggande bebyggelse finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort.

Åtgärderna reducerar antalet omkomna inomhus för olycksrisker som ej innebär direkt skada invändigt vid en olycka med brännbar gas. Den reducerande effekten sker framförallt i kombination med nedanstående åtgärder för skydd mot gaser.

Skydd mot gaser

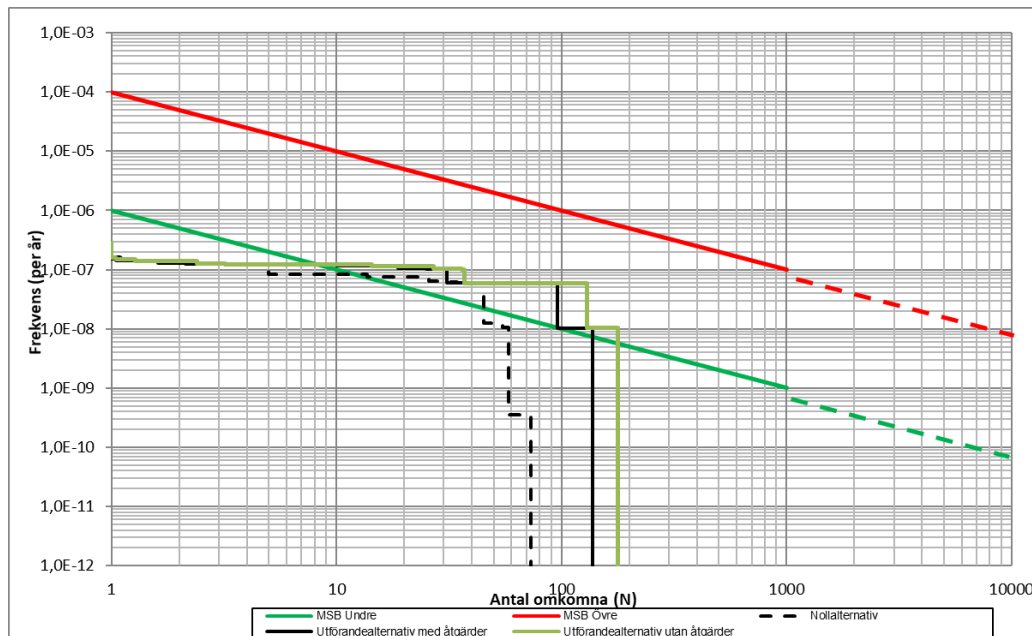
För bostadshus gäller följande med hänsyn till gällande avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd:

- Inom 30 meter från järnvägens närmaste spår samt vägar ska ny bebyggelse som vetter direkt mot TGOJ-järnvägen eller vägarna (Hamnvägen, Arnöleden och Järnvägsgatans förlängning) utan framförliggande bebyggelse utföras med friskluftsintag placerade mot trygg sida.

För aktuell situationsplan, med hänsyn till föreslagen bebyggelsestruktur, så bedöms åtgärderna ha en relativt hög reducerande effekt eftersom de omfattar all ny bebyggelse som vetter direkt mot järnvägen inom ovanstående skyddsavstånd. Inom de delar där åtgärder vidtas antas det att konsekvenserna reduceras med 15 % vid olycka med brännbar gas. Övrig ny bebyggelse skyddas av framförliggande bebyggelse. Riskreducerande effekt utomhus antas vara 0 %.

Effekt av riskreducerande åtgärder

De rekommenderade åtgärderna innebär att samhällsriskén minskar genom att reducera konsekvenserna av de studerade olycksscenarierna. I figur C.4 nedan visas den beräknade samhällsriskén för planerat utförandealternativ med aktuella åtgärder.



Figur C.4. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på TGOJ-järnvägen samt Hamnvägen i anslutning till aktuellt planområde. I samhällsriskén har de riskreducerande åtgärderna presenterade i den inledande analysen implementerats.