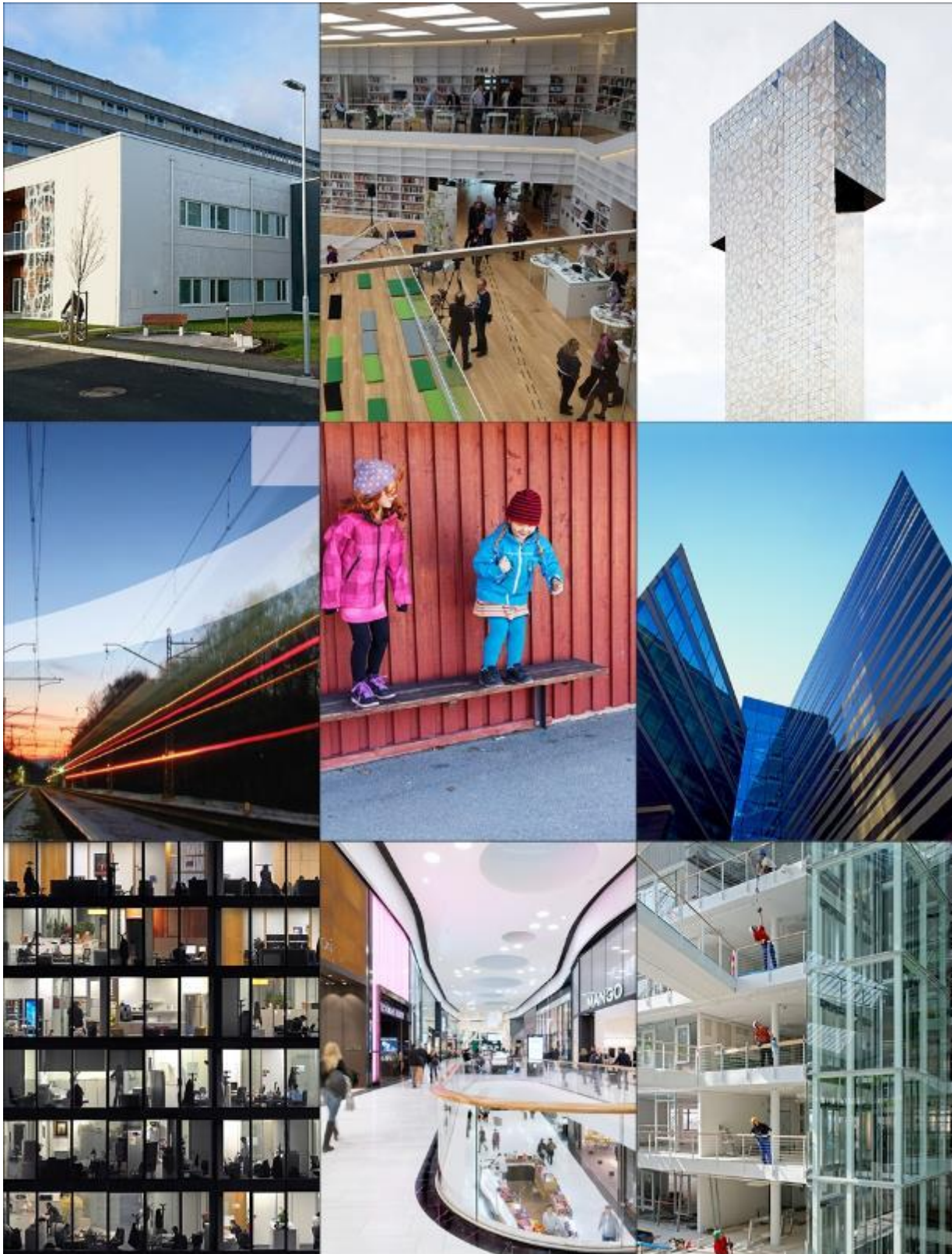


Risicanalys

Kvarteret Trym, Falköpings kommun

Underlag för detaljplanearbete

2022-05-23



Dokumenttyp: Riskanalys
Uppdragsnamn: Kvarteret Trym, Falköpings kommun
Planering bostadsbebyggelse
Uppdragsnummer: 505263
Datum: 2022-05-23
Status: Underlag för detaljplanearbete
Uppdragsledare: Erik Hall Midholm
Handläggare: Felicia Klint
Tel: 08 588 188 16
E-post: Felicia.klint@bsl.se
Uppdragsgivare: Falköpings kommun

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Version
2022-03-30	FKt	MSd	Granskningshandling – Inledande riskanalys
2022-04-12	FKt	EHM	Granskningshandling – Fördjupad riskanalys
2022-04-20	FKt	-	Version 1 - Underlag för detaljplanearbete
2022-05-23	FKt	-	Version 1

Sammanfattning

Inom kv Trym i Falköpings kommun pågår ett planarbete som syftar till att möjliggöra nybyggnation av bland annat bostäder, handel, centrum och idrottsverksamhet.

Området ligger i anslutning till Västra stambanan och Jönköpingsbanan som är järnvägsbanor för bland annat godstrafik med farligt gods. Eftersom det kan förekomma godstrafik behöver riskerna förknippade med dessa och eventuell påverkan på det aktuella planområdet analyseras.

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. Dessa olycksrisker har sedan analyserats i en fördjupad riskanalys. I den fördjupade analysen har risknivån utmed planområdet beräknats med hjälp av individrisk och samhällsrisik.

Slutsatsen av analysen är att säkerhetshöjande åtgärder och planbestämmelser rekommenderas för planområdet för att hantera olycksrisker förknippade med trafiken på intilliggande järnväg. Nedan redovisas en sammanställning av säkerhetshöjande åtgärder som bör beaktas i den fortsatta planläggningen.

- Minsta avstånd mellan ytor för stadigvarande vistelse och Västra stambanan eller Jönköpingsbanan ska vara 30 meter.
- Kontor får placeras inom hela planområdet utan åtgärder.
- Idrottsverksamhet, bostadsbebyggelse, centrum och handel får placeras inom hela planområdet. Inom 50 meter till Västra stambanan eller Jönköpingsbanan krävs följande åtgärder:
 - o inom 50 meter till Västra stambanan eller Jönköpingsbanan ska det säkerställas att utrymningsvägar placeras och utformas så att utrymning kan ske till säker plats vid olycka på järnvägen.
 - o inom 50 meter till Västra stambanan eller Jönköpingsbanan ska friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från järnvägsbanorna. Detta krav gäller vid nybyggnation, större ombyggnationer eller tillbyggnad av befintlig bebyggelse.
 - o inom 50 meter till Västra stambanan eller Jönköpingsbanan ska bebyggelse som vetter direkt mot järnvägen skyddas med fasad i obrännbart material eller med lägst brandteknisk klass EI 30. Fönster kan utföras utan klass. Detta krav gäller vid nybyggnation eller tillbyggnad av befintlig bebyggelse.

- Känsliga verksamheter som vård får placeras inom hela planområdet. Vid placering närmre än 50 meter ska följande uppfyllas:
 - inom 50 meter till Västra stambanan eller Jönköpingsbanan ska bebyggelse som vetter direkt mot järnvägen skyddas med fasad i lägst brandteknisk klass EI 60 och fönster i EW 30.
 - inom 50 meter till Västra stambanan eller Jönköpingsbanan ska det säkerställas att utrymningsvägar placeras och utformas så att utrymning kan ske till säker plats vid olycka på järnvägen.
 - inom 50 meter till Västra stambanan eller Jönköpingsbanan ska friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från järnvägsbanorna.

Med hänsyn till den beräknade risknivån inom planområdet samt planerad verksamhet och bebyggelse bedöms de föreslagna åtgärderna ha en tillräcklig riskreducerande effekt.

Observera att åtgärdsförslagen endast är förslag. Det är upp till kommunen/projektet att ta beslut om åtgärder. För att säkerställa att åtgärderna vidtas krävs att de utformas som planbestämmelser i detaljplanen alternativt som krav i planbeskrivningen.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING	6
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Syfte	6
1.3 Omfattning.....	6
1.4 Underlag	7
1.5 Internkontroll.....	7
1.6 Förutsättningar	7
2. OMRÅDESBESKRIVNING	10
2.1 Omgivande planområden	11
3. RISKINVENTERING	12
3.1 Allmänt.....	12
3.2 Inventering av riskkällor	12
3.3 Farligt gods på Västra stambanan	13
3.4 Farligt gods på Jönköpingsbanan.....	15
4. INLEDANDE RISKANALYS	17
4.1 Metodik.....	17
4.2 Identifiering av olycksrisker	17
4.3 Kvalitativ uppskattning av risk	17
4.4 Slutsats inledande riskanalys	23
5. FÖRDJUPAD RISKANALYS	24
5.1 Allmänt.....	24
5.2 Resultat riskberäkningar	27
5.3 Värdering av risk	28
5.4 Hantering av osäkerheter	29
6. FÖRSLAG PÅ SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER	30
6.1 Allmänt.....	30
6.2 Placering av ny bebyggelse.....	30
6.3 Byggnadstekniska åtgärder.....	31
6.4 Förslag till säkerhethöjande åtgärder – sammanställning.....	34
6.5 Åtgärdernas riskreducerande effekt.....	35
7. SLUTSATSER	35
8. REFERENSER	36

1. Inledning

1.1 Bakgrund

I kvarteret Trym i Falköpings kommun planeras det för bostadsbebyggelse, vårdinrättningar, handel, centrum, verksamheter samt idrottsnäring i enlighet med översiktsplanen för aktuellt område /1/. Bostadsbebyggelsen är planerad i upp till åtta våningsplan.

Eftersom aktuellt planområde ligger i närheten av både Västra stambanan och Jönköpingsbanan, inom 150 meter, ska en riskanalys upprättas i enlighet med Länsstyrelsen i Västra Götaland /2/.

Plangräns för aktuellt planområde visas i Figur 1 nedan.



Figur 1 Plangräns för aktuellt planområde. /3/

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. Det är viktigt att människor inom planerad bebyggelse inte utsätts för oacceptabla risker.

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.

Trafikanter på omgivande vägar och områden omfattas inte av analysen.

1.4 Underlag

Följande dokument har använts som underlag till analysen:

- Uppdragsbeskrivning Riskutredning kv. Trym tillhandahållen av Märta Gahm, Falköpings kommun 2022-03-01.
- Situationsplan Trym 14 och 27 upprättad av Link Arkitektur 20-12-04
- Volymstudie kv Trym 2021-06-17
- Risk- buller och vibrationsutredning för kvarteret Trym och del av Kyrkerör 1:1, upprättad av Sweco 2009-12-22.
- Illustration riskutredning tillhandahållen av Märta Gahm, Falköpings kommun 2022-04-06.

Övriga källor som används redovisas löpande samt i avsnitt 8.

1.5 Internkontroll

Risکانالysen 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.

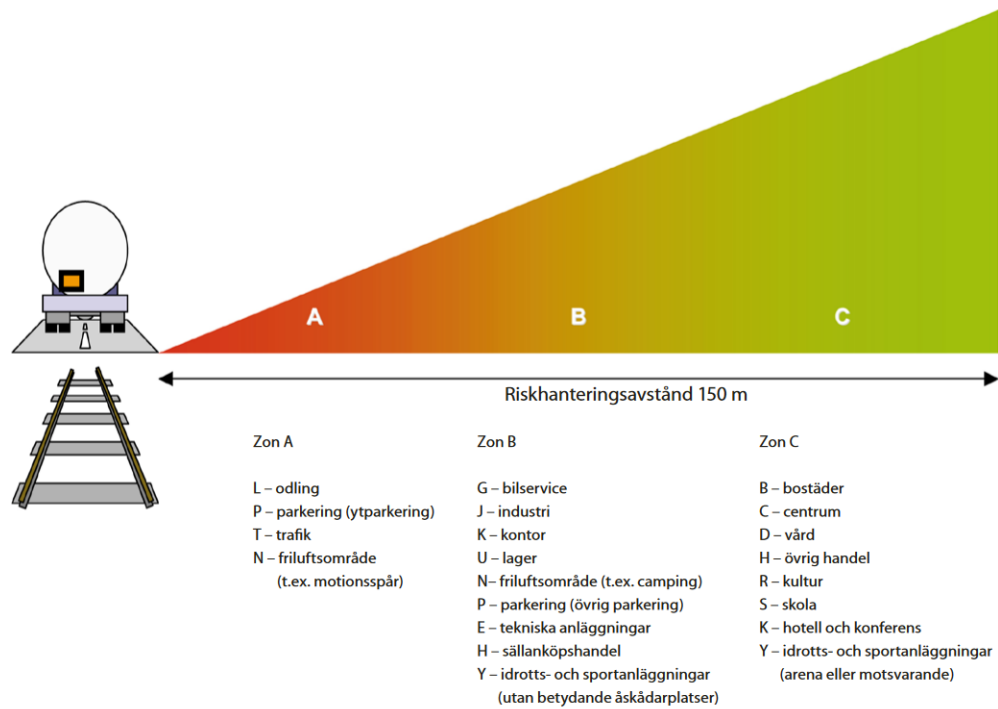
1.6 Förutsättningar

1.6.1 Riskhänsyn vid ny bebyggelse

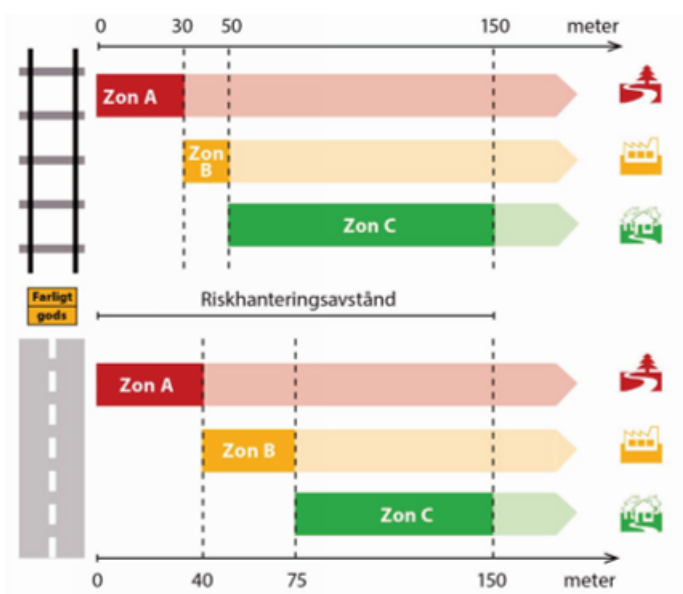
Ett flertal olika lagar reglerar när risکانalysen skall utföras. Enligt Plan- och bygglagen (2010:900) skall bebyggelse lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till boendes och övrigas hälsa. Sammanhållen bebyggelse skall utformas med hänsyn till behovet av skydd mot uppkomst av 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).

Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län & Västra Götalands län har tillsammans tagit fram riktlinjer för hur risker från transporter med farligt gods på väg och järnväg ska hanteras vid exploatering av ny bebyggelse /2/. Syftet med riktlinjerna är att ge vägledning och underlätta hanteringen av riskfrågor. Länsstyrelsen anser att möjliga risker ska studeras vid exploatering närmare än 150 meter från en riskkälla. I vilken utsträckning och på vilket sätt riskerna ska beaktas beror på hur riskbilden ser ut för det aktuella planförslaget.

I riktlinjerna presenterar Länsstyrelsen en zonindelning kring hur verksamheter bör placeras. Denna zonindelning redovisas i Figur 2. Det finns dock inga rekommenderade avstånd presenterade för zonindelningen. Som riktvärde i den fortsatta planeringen har därför Stockholms läns riktlinjer kring avstånd använts /4/, dessa presenteras i Figur 3 nedan.



Figur 2 Rekommenderade skyddsavstånd till olika typer av markanvändning /2/.



Rekommenderad markanvändning inom respektive zon

Zon A	Zon B	Zon C
G Drivmedelsförsörjning	E Tekniska anläggningar	B Bostäder
L (obemannad)	G Drivmedelsförsörjning (bemannad)	C Centrum
P Odling och djurhållning	J Industri	D Vård
T Parkering (ytparkering)	K Kontor	H Detaljhandel
Trafik	N Friluftsliv och camping	O Tillfällig vistelse
	P Parkering (övrig parkering)	R Besöksanläggningar
	Z Verksamheter	S Skola

Figur 3 Rekommenderade skyddsavstånd till olika typer av markanvändning /4/.

Avstånden i figuren mäts från närmaste spårmitt.

För ny bebyggelse inom redovisade skyddsavstånd behöver en riskutredning göras som undersöker om planförslaget är lämpligt och vilka eventuella skyddsåtgärder som behövs.

Avsteg från skyddsavstånden ovan kan dock vara möjligt i särskilda fall. Det gäller i så fall där det går få transporter och/eller de olyckor som kan inträffa endast kan få allvarliga konsekvenser inom ett kort avstånd. Intill primära transportleder för farligt gods rekommenderas i princip alltid ett skyddsavstånd på minst 25 meter.

1.6.2 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.

Över lag görs konservativa bedömningar för att hantera osäkerheter i underlag och metoder. Ytterligare hantering av osäkerheterna kan dock vara nödvändigt och då främst i en eventuell fördjupad analys, i detta skede har enbart en indelning analys upprättats.

2. Områdesbeskrivning

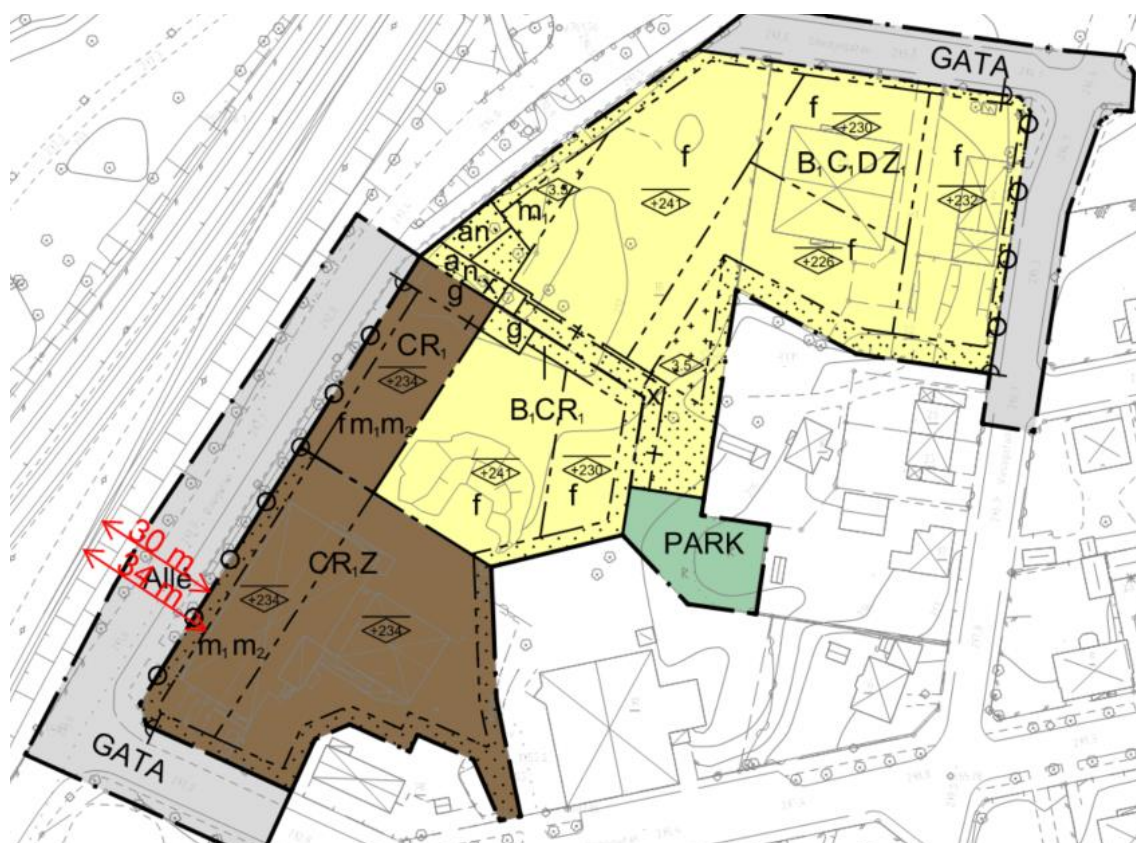
Det aktuella planområdet ligger i Trym i Falköpings kommun. Området ligger i centrala Falköping. Väster om, och i höjd med, planområdet går Västra stambanan och Jönköpingsbanan. I Figur 4 nedan visas planområdet samt den närliggande omgivningen.



Figur 4 Planområdets placering och dess omgivning.

Avståndet mellan planområdets gräns och det närmsta järnvägsspåret (Jönköpingsbanan) är cirka 30 meter.

Det finns befintlig bebyggelse inom planområdet som består av bland annat kontor och idrottsverksamhet. Den befintliga bebyggelsen ligger på ett avstånd om 34 meter till det närmsta järnvägsspåret, se Figur 5.



Figur 5 Avstånd mellan planområdets planerade bebyggelse och järnväg.

Området kring planområdet utgörs idag av dels befintlig bebyggelse, dels gräs- och grusplaner. I den befintliga byggnaden i södra delen av planområdet finns idag kontor och idrottsverksamhet. I de tillkommande byggnaderna bredvid planeras det att inredas bland annat idrottsverksamheter. I norra delen av planområdet planeras den befintliga bebyggelsen att ersättas med 5 byggnader med 2 till 8 våningsplan. Byggnaden närmst järnvägen är planerad att uppföras i 6 våningsplan. I byggnaderna kommer det finnas bostäder och diverse verksamheter som vårdinrättning och handel.

2.1 Omgivande planområden

Norr om järnvägen pågår ett detaljplanearbete som syftar till att möjliggöra byggnation av bostäder och verksamheter som vårdinrättningar och handel likt aktuellt planområde.

Det har inte framkommit några detaljplaner för tillkommande risker i området.

3. Riskinventering

3.1 Allmänt

Inledningsvis görs 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.

3.2 Inventering av riskkällor

Resultatet av riskinventeringen redovisas i Tabell 1.

Tabell 1 Inventering av riskkällor i planområdets närhet.

Riskkälla	Avstånd till planområde (m)	Kommentar
Västra stambanan	45 m till befintlig bebyggelse 39 m till planområdets gräns	Västra stambanan där trafik med farligt gods förekommer. Järnvägen innebär även risker som brand och urspårning vilket kan påverka aktuellt planområde.
Jönköpingsbanan	34 m till befintlig bebyggelse 30 m till planområdets gräns	Jönköpingsbanan där trafik med farligt gods förekommer. Järnvägen innebär även risker som brand och urspårning vilket kan påverka aktuellt planområde.

Västra stambanan och Jönköpingsbanan är de enda identifierade riskkällorna som ligger inom 150 meter. För båda järnvägsbanorna görs i avsnittet nedan en beskrivning av verksamheten samt en inventering av hantering och/eller transport av farliga ämnen. Inventeringen utgör grunden för den fortsatta analysen.

3.2.1 Farligt gods

Farligt gods är en vara eller ett ämne med sådana kemiska eller fysikaliska egenskaper att de i sig själv eller kontakt med andra ämnen, t.ex. luft eller vatten, kan orsaka skada på människor, djur och miljö eller påverka transportmedlets säkra framförande. Farligt gods delas in i klasser (riskkategorier) utefter de egenskaper ämnet har. De olika ämnesklasserna delas i sin tur in i underklasser.

I Tabell 2 nedan redovisas de olika klasserna samt typ av ämnen.

Tabell 2 Farligt gods indelat i olika klasser enligt RID-S /5/.

Klass	Ämne	Beskrivning
1	Explosiva ämnen	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut, fyrverkerier etc.
2	Gaser	2.1. Brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) 2.2. Icke brandfarliga, icke giftiga gaser (kväve, argon etc.) 2.3. Giftiga gaser (klor, ammoniak, svaveldioxid etc.)
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, etanol, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel och industrikemikalier etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen m.m.	Kiseljärn (metallpulver), karbid, vit fosfor etc.
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider, kaliumklorat etc.
6	Giftiga ämnen	Arsenik, bly- och kvicksilversalter, cyanider, bekämpningsmedel etc.
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Transporteras vanligen i mycket små mängder.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium, kaliumhydroxid (lut) etc.
9	Övriga farliga ämnen	Gödningsämnen, asbest etc.

3.3 Farligt gods på Västra stambanan

3.3.1 Allmänt

Direkt väst om planområdet passerar järnväg som utgör en del av Västra stambanan. Banan går mellan Göteborg och Stockholm och tågkommunikationen utgör riksintresse. Banan är dubbelspårig och det går ett flertal persontåg, däribland höghastighetståg, och godståg. Hastigheten på banan är hög, cirka 250 km/h. Hastigheten utmed aktuell sträcka bedöms däremot vara lägre med avseende på att avståndet till Falköpings station är cirka 600 meter. Västra stambanan är utrustad med både fjärrblockering och ATC (Automatic Train Control). Avståndet mellan befintligt järnvägsspår och planområdets befintliga och planerad bebyggelse är idag cirka 45 meter.

Västra stambanan är på sträckan förbi planområdet hårt belastad med både persontrafik och trafik med farligt gods. Järnvägen används av Green Cargo, Hector Rail och Tågakeriet i Bergslagen.

En tidigare kartläggning av trafiken på Västra stambanan gjordes 2016 av Trafikverket. Där framkom det att banan trafikeras av 96 persontåg per dygn och 50 godståg per dygn /6/. I trafikverkets basprognos för bullerberäkningar /7/ går det att utläsa att det 2021 förekommer 140 tågtransporter varav 40 utgör godstrafik.

Inom 2030 beräknas det att godstrafiken nästan ska fördubblas till 90 godståg per dygn. Det beräknas även att persontågen ska öka till omkring 120 tåg per dygn /6/. I trafikverkets bullerprognos för 2040 beräknas det dock förekomma cirka 45 godståg per dygn på sträckan /7/. Skillnaden i beräknade godstransporter kan bero på att bullerprognosen enbart beräknar trafik för söder om Falköping. För att inte underskatta risken har det antagits att det i framtiden kan förekomma upp mot 60 godståg per dygn.

3.3.2 Transporter av farligt gods

På Västra stambanan finns inga restriktioner avseende vilka transporter som får ske, teoretiskt sett kan därför transporter av i stort sett samtliga farligt godsklasser passera förbi det aktuella området. Det har förekommit flera kartläggningar av transporten på sträckan. Dock har det inte framkommit något nyligen gjord kartläggning med fördelning över klasserna.

I en tidigare riskanalys av COWI från 2020 framkommer det att det främst är transporter med brännbara vätskor som transporteras på sträckan /8/. I Trafikverkets kartläggning /6/transporteras alla farligt godsklasser förutom klass 6.2 smittförande ämnen och klass 7 radioaktiva ämnen på sträckan Göteborg – Falköping. Utöver detta har även MSB genomfört en kartläggning 2006 /9/. Kartläggningen från MSB visar att alla farligt godsklasser utom klass 7 förekommer på sträckan. Enligt MSB transporterades det mellan 50-62 kilo av farligt gods klass 1 vilket kan jämföras med 15600-20800 ton av farligt gods klass 2.

Från tidigare kartläggningar har fördelning av gods enbart framkommit i MSBs kartläggning /9/. Eftersom det inte framkommit någon kartläggning över fördelning av farligt gods uppskattas andelen farligt godstransporter utifrån nationell statistik avseende godstransporter på det svenska järnvägsnätet, statistik som årligen ges ut av Trafikanalys /10/. Under 2019 bestod 5% av den transporterade godsmängden i Sverige av farligt gods vilket motsvarar 3,6 miljoner ton. Under 2020 bestod ca 4,3% av den transporterade godsmängden i Sverige av farligt gods vilket motsvarar 3 miljoner ton. Det är en minskning gentemot 2019 vilket troligen är en följd av Covid-19. Det varuslag som minskade mest var brandfarliga vätskor. Hur stor andel av godstransporterna som utgörs av transporter med farligt gods har utgått från ett medelvärde av fördelningen 2016-2020. När det gäller transporter med explosiva ämnen så är den antagen till 0,01 % av antalet transporter, i statistiken är mängden explosiva ämnen mycket begränsad men det antas att några transporter kan ske utifrån den kartläggningen som gjordes av MSB 2006 /9/.

Utifrån statistik över godsmängd per farligt godsklass under femårsperioden 2016-2020 samt andel godstransporter 2020 uppskattas det totala antalet transporterade vagnar med farligt gods på den aktuella sträckan, se tabell 3. Antal vagnar är uppskattat utifrån ett genomsnittligt vagnantal på 30 vagnar/godståg.

Tabell 3. Andel farligt gods transporterad per år på Västra stambanan utmed planområdet, baserad på nationell statistik, genomsnitt år 2016-2020 samt utifrån uppskattad mängd godsvagnar utmed sträckan.

Klass	Andel	Antal transporterade godsvagnar med farligt gods per år	
		År 2020	År 2040
1. Explosiva ämnen och föremål	0,01 %	2	3
2. Gaser	31,28%	5883	8836
3. Brandfarliga vätskor	32,88%	6185	9289
4. Brandfarliga fasta ämnen	2,39%	450	675
5. Oxiderande ämnen, organiska peroxider	12,85%	2417	3630
6. Giftiga ämnen	1,64%	308	463
7. Radioaktiva ämnen	0,00%	0	0
8. Frätande ämnen	18,44%	3468	5208
9. Övriga farliga ämnen och föremål	0,53%	100	150
Totalt		18813	28253

I tidigare kartläggningar av COWI och trafikverket /8, 6/ har det inte angetts någon ingående fördelning av transporter utan enbart vilka ämnen som är vanligt förekommande. I den nationella statistiken går det att se att det är gaser och brandfarliga vätskor som utgör den största mängden transporter med farligt gods. Detta överensstämmer delvis med tidigare kartläggning av COWI där brandfarliga vätskor är det vanligaste förekommande. I Kartläggningen av MSB /9/ transporteras ungefär lika stora mängder gaser i klass 2 som brandfarliga vätskor klass 3 på sträckan vilket överensstämmer med den nationella statistiken.

3.4 Farligt gods på Jönköpingsbanan

3.4.1 Allmänt

Precis intill Västra stambanan, väst om planområdet, passerar Jönköpingsbanan som går mellan Nässjö och Falköping. Likt Västra stambanan utgör även Jönköpingsbanan riksintresse. I höjd med planområdet ansluter Jönköpingsbanan till Västra stambanan. Jönköpingsbanan är enkelspårig och är utrustad med både fjärrstyrning och ATC.

På banan går ett flertal persontåg samt godståg. Sträckan trafikeras av bland annat Västtrafik, Jönköpings Länstrafik och SJ. Hastigheten på banan är hög, cirka 160 km/h. Likt västra stambanan bedöms hastigheten vara lägre utmed planområdet med avseende på närheten till station.

På Jönköpingsbanan går en stor del av godstrafiken mellan Nässjö och Jönköping, men det förekommer även godstrafik genom Falköping. På sträckan utmed planområdet är det Green Cargo som transporterar godståg.

I en tidigare risk- och bulleranalys för området utförd av SWECO /11/ framkommer det att sträckan mellan Falköping och Jönköping trafikeras av runt 33 stycken persontåg och 10 stycken godståg. I en annan riskanalys där transporter på Jönköpingsbanan kartlagts har det framkommit att det går cirka 34 persontåg och 8 godståg på sträckan /12/. I trafikverkets bullerprognos /7/ uppges det förekomma 35 persontåg och 12 godståg på sträckan.

I denna analys kommer det utgå från att det går cirka 12 transporter med godstrafik per dygn.

3.4.2 Transporter av farligt gods

I tidigare identifierade kartläggningar av farligt gods /11,12/ utgörs transporter av farligt gods på banan främst av klass 3 brandfarliga vätskor men det förekommer även transporter med klass 1 massexplosiva ämnen, klass 2 gaser, klass 5.1 oxiderande ämnen, klass 6.1 giftiga ämnen, klass 8 frätande ämnen samt klass 9 övriga farliga ämnen. Sträckan ingår även i MSBs kartläggning från 2006 /9/. Enligt MSBs kartläggning förekommer det enbart transporter i klass 3 brandfarliga vätskor. Kartläggningen är dock 15 år gammal vilket innebär att flera godsklasser kan ha tillkommit på sträckan.

För bedömning av transporter på Jönköpingsbanan har antalet farligt godstransporter, likt transporter på Västra stambanan, utgått från nationell statistik avseende godstransporter på det svenska järnvägsnätet /13/. I tabell 4 nedan visas fördelningen av farligt godstransporter utifrån den nationella statistiken.

I trafikverkets bullerprognos /7/ anges det att på Jönköpingsbanan söder om Falköping beräknas det gå cirka 11 godståg per dygn år 2040. Detta är mindre än vad som tidigare anges går på hela sträckan. Detta kan bero på att prognås för år 2040 enbart beräknas för söder om Falköping. Det antas förekomma 12 transporter även år 2040 på sträckan.

Tabell 4. Andel farligt gods transporterad per år på Jönköpingsbanan utmed planområdet, baserad på nationell statistik, genomsnitt år 2016-2020 samt utifrån uppskattad mängd godsvagnar utmed sträckan.

Klass	Andel	Antal transporterade godsvagnar med farligt gods per år	
		År 2020	År 2030
1. Explosiva ämnen och föremål	0,01 %	1	1
2. Gaser	31,28%	1474	1474
3. Brandfarliga vätskor	32,88%	1550	1550
4. Brandfarliga fasta ämnen	2,39%	113	113
5. Oxiderande ämnen, organiska peroxider	12,85%	606	606
6. Giftiga ämnen	1,64%	77	77
7. Radioaktiva ämnen	0,00%	0	0
8. Frätande ämnen	18,44%	869	869
9. Övriga farliga ämnen och föremål	0,53%	25	25
Totalt		5698	5698

Vid jämförelse mellan den nationella statistiken och tidigare kartläggningar /9, 11, 12/ är det brandfarliga vätskor i klass 3 som förekommer på Jönköpingsbanan. Det finns stora skillnader mellan beräknad fördelning och MSBs kartläggning då det enligt kartläggningen enbart förekommer brandfarliga vätskor. Likt de andra kartläggningar utgår den nationella statistiken från att flera farligt godsklasser kan förekomma.

4. Inledande riskanalys

4.1 Metodik

Utifrån riskinventeringen görs en uppställning av möjliga olycksrisker som kan påverka människor inom det studerade området.

För identifierade olycksrisker görs en kvalitativ bedömning (inledande analys) av möjlig konsekvens av respektive händelse. En grov bedömning görs även av sannolikheten för att en olycka ska inträffa. Denna bedömning syftar i huvudsak till att avgöra om händelsen kan inträffa över huvudtaget, d.v.s. om riskkällan omfattar just de förutsättningar som krävs för att den identifierade olycksrisken ska finnas.

Utifrån de kvalitativa bedömningarna av sannolikhet och konsekvenser görs sedan en sammanvägd bedömning av huruvida identifierade olycksrisker kan påverka risknivån inom aktuellt planområde.

4.2 Identifiering av olycksrisker

Utifrån riskinventeringen är bedömningen att det är tågtrafiken på Västra stambanan och Jönköpingsbanan inklusive transporter av farligt gods som kan medföra olyckshändelser med möjlig konsekvens för det aktuella planområdet.

Följande olycksrisker bedöms kunna påverka det aktuella planområdet:

1. Urspårning
2. Tågbrand
3. Olycka med farligt gods på Västra stambanan eller Jönköpingsbanan

4.3 Kvalitativ uppskattning av risk

4.3.1 Urspårning

Det är relativt vanligt att tåg spårar ur. I de allra flesta fall hoppar dock bara ett hjulpar av rälen. En urspårning kan också innebära att tåget, eller enstaka vagnar, lämnar spårområdet. I sådant fall kan människor utomhus skadas om de står i vägen för tåget. Om tåget kör in i byggnader nära spårområdet kan delar av byggnaden skadas. Urspårning utgör den absolut mest sannolika olyckshändelsen med tågtrafik.

Konsekvensområdet för en urspårning är kraftigt beroende av omgivningens utformning. Eftersom järnvägen ligger i samma nivå som omgivningen står konsekvensområdet i relation till tågets hastighet vid urspårningstillfället. Det maximala vinkelräta avståndet från spåret som vagnen kan hamna på då beräknas som $V^{0,55}$ där V är hastigheten i km/h /14/.

Urspårningsavståndet (b) vid olika hastigheter redovisas i Tabell 5.

Tabell 5 Urspårningsavstånd (b) vid olika hastigheter.

Hastighet vid urspårningstillfället (km/tim)	Teoretiskt avstånd från spår utan hänsyn tagen till omgivande faktorer (meter)
300	23,0
250	20,8
160	16,3
100	12,6
80	11,6
60	9,5
40	7,6

Beroende på rälsens kvalitet, förekomst av främmande föremål på spåret, omgivningens topografi etc. kan dock en urspårad vagn hamna längre från spåret. Ett absolut värsta scenario ("worst case") bedöms kunna innebära ett skadeområde på ca 30 meter.

Eftersom det maximala avståndet mellan närmsta befintliga byggnad inom planområdet och spår är 34 meter kommer ett tåg vid urspårning inte att kollidera med befintliga byggnader. Detta ställer krav på att ny bebyggelse inte uppförs inom 30 meter.

Bedömning

Med hänsyn till den låga sannolikheten för olycka och de begränsade konsekvenserna bedöms den sammanvägda risknivån med hänsyn till risken för att en urspårning skadar byggnaderna vara mycket låg. Däremot kan personer utomhus påverkas av ett urspårat tåg. Risken ska därför analyseras vidare i en fördjupad riskanalys.

4.3.2 Tågbrand

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 brandsorsak. Vid en brand utvecklas stora mängder värme och brandgaser (rök). En brand kan innebära att giftiga brandgaser sprids in över planområdet eller att branden sprider sig till byggnader närmast järnvägen. Sannolikheten för en tågbrand (oavsett omfattning) bedöms vara relativt hög.

Konsekvenserna av en tågbrand är bl.a. beroende av vilken tågtyp som brinner. Brand i ett godståg kan bli betydligt mer omfattande än brand i persontåg (utformningen av persontåg följer strikta regler för att reducera risken för omfattande bränder med hänsyn till resenärernas säkerhet).

Skadeområdet vid brand i ett persontåg bedöms vara relativt begränsat. Skadeområdet vid brand i godståg bedöms kunna bli mer omfattande och brandspridning bedöms kunna ske inom ca 20-25 meter från spåret.

Bedömning

Sannolikheten för brand i tåg är relativt hög. Sannolikheten för att ett brinnande tåg blir stående precis utmed den aktuella sträckan är dock mycket låg. Dessutom ligger planområdet på ett avstånd av 30 meter och befintlig bebyggelse på minst 34 meter från spåren. Eftersom avståndet till bebyggelse inom planområdet är som närmst 34 meter mellan spår och bebyggelse bedöms den sammanvägda risknivån med hänsyn till risken kunna vara låg. Dock kan personer utomhus påverkas. Risken ska, med avseende till personer utomhus, analyseras vidare i en fördjupad riskanalys.

4.3.3 Transportleder för farligt gods

Som tidigare nämnts delas farligt gods in i nio olika klasser utifrån RID-S /5 /.

I Tabell 6 nedan görs en övergripande beskrivning av vilka ämnen som tillhör respektive klass och vilka konsekvenser en olycka med respektive ämne kan leda till.

Tabell 6 Konsekvensbeskrivning för olycka med respektive RID-klass.

Klass	Konsekvensbeskrivning
1. Explosiva ämnen	Riskgrupp 1.1: Risk för massexplosion. Konsekvensområden kan vid stora mängder (≥ 2 ton) överstiga 50-200 meter. Begränsade områden vid mängder under 1 ton. Riskgrupp 1.2-1.6: Ingen risk för massexplosion. Risk för splitter och kaststycken. Konsekvenserna normalt begränsade till närområdet.
2. Gaser	Klass 2.1: Brännbar gas: jetflamma, gasmolnexplosion, BLEVE. Konsekvensområden mellan ca 20-200 meter. Klass 2.2: Icke brännbar, icke giftig gas: Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan. Klass 2.3: Giftig gas: Giftigt gasmoln. Konsekvensområden över 100-tals meter.
3. Brandfarliga vätskor	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvensområden vanligtvis inte över 30 m.
4. Brandfarliga fasta ämnen m.m.	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Självantändning, explosionsartade brandförlopp om väteperoxidlösningar med konc. > 60 % eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material. Skadeområde ca 70 m radie.
6. Giftiga ämnen	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet.
7. Radioaktiva ämnen	Utsläpp av radioaktivt ämne, kroniska effekter mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
8. Frätande ämnen	Utsläpp av frätande ämne. Konsekvenser begränsade till närområdet.
9. Övriga farliga ämnen	Utsläpp. Konsekvenser begränsade till närområdet.

Det bedöms vara följande olycksrisker som kan vara relevanta att beakta vid bedömning av risknivån för det aktuella planområdet:

- Transport med farligt gods på Västra stambanan och Jönköpingsbanan
 - Klass 1.1. Massexplösiva ämnen
 - Klass 2.1. Brännbara gaser
 - Klass 2.3. Giftiga gaser
 - Klass 3. Brandfarliga vätskor
 - Klass 5. Oxiderade ämnen och organiska peroxider

Konsekvenserna av olycka med övriga klasser är begränsade till det absoluta närområdet och bedöms därför inte påverka risknivån inom planområdet.

Nedan redovisas separata bedömningar av de fem farligt godsklasserna, urspårning samt tågbrand som redovisas ovan med avseende på hur de bedöms påverka risknivån inom planområdet. Eftersom de båda järnvägsbananorna ligger intill varandra samt går ihop ungefär i höjd med planområdet utgår nedanstående bedömningar av en summering av transportererna och därmed riskerna från respektive bana. Avstånd till bebyggelse utgår från Jönköpingsbanan som är det närmsta spåret till den närmsta bebyggelsen.

Klass 1. Explosiva ämnen

Explosiva ämnen och föremål är uppdelad i flera olika undergrupper (riskgrupper) utifrån risk för bl.a. brand, massexlosion, splitter och kaststycken. Enligt RID-S är det enbart ämnen ur klass 1.1 som innebär risk för massexlosion som påverkar så gott som hela lasten praktiskt taget samtidigt /5/. Med avseende på olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom det aktuella planområdet bedöms det enbart vara en explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 som är aktuella att studera.

En olycka med transport av ämnen ur riskgrupp 1.1 kan leda till mycket omfattande explosioner antingen till följd av stora påkänningar eller till följd av brand som sprids till lasten. Konsekvenserna av olyckan är beroende av mängden som exploderar, vilket i sin tur beror av hur mycket explosivämne som transporteras.

För järnvägstransporter finns det inga restriktioner för hur stor mängd som får transporteras. Det bedöms dock att den maximala transportmängden per vagn sällan överstiger 20-25 ton. Andelen transporter som rymmer maximala transportmängder bedöms dock generellt vara mycket begränsad. Vidare finns det i gällande regelverk för transporter detaljerade och omfattande regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras för att reducera sannolikheten för explosion.

Transporter med explosivämnen utgör en mycket begränsad andel av det totala antalet farligt godstransporter både på väg och järnväg i Sverige. I MSB:s senaste kartläggning från september 2006 angavs vidare de transporterade mängderna i kg medan övriga klasser redovisades i ton vilket också tyder på att mängderna som transporteras på järnvägarna i Sverige är små. Det angavs att det 2006 transporterades maximalt 62 kilo på sträckan /9/.

Människor klarar tryck relativt bra, men byggnader kan få omfattande skador till följd av en explosion. Vid detonation av stora laster kommer omgivningspåverkan bli stor med eventuella byggnadsras och fönsterkross som följd. Vid en olycka med 25 ton, vilket är avsevärt större än de identifierade transportererna på 62 kg, explosivämne blir konsekvenserna mycket stora och skador kan uppkomma hundratals meter från olycksplatsen.

Sannolikheten för att en massexplosion ska inträffa i anslutning till planområdet bedöms vara extremt låg. Detta beror främst på det begränsade antalet transporter med produkter som kan leda till massexplosion (klass 1.1) och dessutom finns det detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport för att reducera sannolikheten för explosion.

Bedömning

Sannolikheten för att en olycka uppstår är mycket liten med avseende på de restriktioner som finns för transportererna. Dessutom är det få transporter med massexplosiva ämnen som går på sträckan. Bidraget till risknivån till följd av explosion på järnvägen bedöms vara mycket begränsat och bedöms inte innebära att en oacceptabel risknivå uppnås inom aktuellt planområde. Däremot bedöms konsekvenserna bli så stora att risken behöver beaktas i en fördjupad analys.

Klass 2.1. Brännbara gaser

En olycka med brännbar gas kan innebära att gas läcker ut och antänds eller att en gastank utsätts för utvändig brand vilket hettar upp gasen så att den expanderar snabbt och spränger tanken. Beroende på utsläpps- och antändningsscenario kan konsekvenserna av olyckan variera. Vid stora utsläpp kan skadeområdena överstiga 100-200 meter. Oskyddade personer utomhus löper störst risk för att förolyckas, men olyckan kan även leda till omfattande brandspridning till kringliggande bebyggelse.

Antalet transporter med gaser kan uppgå till ca 32 % av transportererna av farligt gods på järnväg. I tidigare kartläggningar har det framkommit att det kan förekomma transporter av brännbara gaser, dock redovisas inte några brännbara gaser i den mätning som gjordes av MSB år 2006.

Sannolikheten för läckage av farligt gods till följd av olycka varierar beroende på om godset transporteras i en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheten för utsläpp är därmed mycket låg även vid en stor påverkan som exempelvis en urspårning eller kollision. Generellt gäller att tjockväggiga tankar har en sannolikhet för läckage som är 1/30 av den för tunnväggiga tankar /15/. I /15/ anges en fördelning mellan litet, medelstort respektive stort utsläpp för tunnväggiga respektive tjockväggiga tankar. För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 %. Observera att det i /15/ 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. Då gasen kan spridas bort från olycksplatsen ökar dock sannolikheten för att utsläppet kommer i kontakt med en tändkälla och antänds.

Bedömning

Med hänsyn till antalet transporter och den mycket låga sannolikheten för olycka innebär att bidraget till risknivån bedöms vara begränsat. Dock är avståndet enbart 34 meter till den närmsta befintliga bebyggelsen vilket innebär att personer inom planområdet kan påverkas vid utsläpp av brännbara gaser. Olycka med brännbara gaser bedöms bidra till en hög risknivå i området med avseende på det korta avståndet och ska beaktas i en fördjupad analys.

Klass 2.3. Giftiga gaser

Giftiga gaser behöver inte "aktiveras" genom antändning för att bli farlig. Den är farlig så snart den läcker ut. Beroende på vind och topografi kan gasen spridas långa sträckor och fortfarande ha dödliga koncentrationer. Vid större utsläpp kan människor både utomhus och inomhus skadas eller omkomma på upp till flera hundra meters avstånd från utsläppet.

På järnvägen bedöms det förekomma relativt få transporter med giftiga gaser och likt brännbara gaser är sannolikheten för utsläpp mycket låg.

Bedömning

Konsekvenserna av utsläpp av giftiga gaser kan bli stora och eftersom avståndet enbart är 34 meter till närmsta befintliga bebyggelse bedöms personer inom planområdet påverkas.

Sannolikheten är dock liten vilket begränsar risknivån inom planområdet. Med avseende till de stora konsekvenserna ska risken analyseras vidare i en fördjupad riskanalys.

Klass 3. Brandfarliga vätskor

En stor del, upp mot 33 % av transporter med farligt gods, utgörs av brandfarliga vätskor. Ett stort utsläpp av exempelvis bensin kan, om det antänds, innebära att hög värmestrålning drabbar omgivningen och kan orsaka brännskador på oskyddade människor eller antända byggnader. Även kraftig rökutveckling kan uppstå. Allvarliga konsekvenser kan uppkomma inom ca 30 meter från olycksplatsen. Detta gäller om utsläppet kan spridas fritt kring olycksplatsen. Om utsläppet sker på genomsläppligt material, exempelvis makadam som bygger upp spårområden, blir utbredningen mindre vilket innebär lägre strålningsnivåer. Om ett litet utsläpp antänds blir brinntiden kortvarig och uppkomna strålningsnivåer relativt låga. Människor i direkt närhet av olyckan kan skadas.

Brandfarliga vätskor transporteras normalt i tunnväggiga tankar. Detta medför en högre sannolikhet för läckage till följd av en olycka jämfört med vid en olycka med gastransporter som transporteras i tjockväggiga vagnar, se avsnitt *Klass 2.1 Brännbara gaser* ovan. För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp givet olycka 30 % /15/.

Personer som befinner sig utomhus mellan bebyggelse och järnväg alternativt på de obebyggda ytorna inom planområdet kan komma att påverkas vid en olycka med brandfarliga vätskor på järnvägen. Avståndet mellan planområde och järnväg är däremot 30 meter vilket innebär att konsekvenserna av en olycka begränsas.

Bedömning

Olycka med brandfarliga vätskor bedöms innebära ett stort bidrag till risknivån för området både inomhus och ytor utomhus närmast järnvägen. Detta för att det går större mängder transporter av brandfarliga vätskor vilket ökar sannolikheten för olycka men med avseende på det korta avståndet som bidrar till låga konsekvenser. Bidraget till risknivån innebär att det behöver säkerställas att personer inte utsätts för skadliga strålningsnivåer i området i närheten av järnvägen. Risken ska analyseras vidare i en fördjupad riskanalys.

Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Vissa oxiderande ämnen och organiska peroxider ur klass 5 kan, om de blandas med brännbart material bilda en blandning som kan självantända. Blandningen kan till och med innebära ett explosionsartat brandförlopp som motsvarar explosion med massexplosiva ämnen. Ett större utsläpp kan bilda en explosiv blandning som motsvarar flera ton explosiva ämnen.

Det är en mycket begränsad andel av ämnen ur klass 5 som kan leda till denna typ av kraftiga brand- och explosionsförlopp, nämligen i huvudsak ej stabiliserade väteperoxider och vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid samt organiska peroxider. Vattenlösningar av väteperoxider med mindre än 60 % väteperoxid bedöms däremot inte kunna leda till explosion.

För att stabilisera det oxiderande ämnet blandas ofta en stabilisator, flegmatiseringsmedel, in för att minska reaktionsbenägenheten. Enligt regelverket RID-S /5/ är det inte heller tillåtet att transportera ej stabiliserade väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid. Det är inte heller tillåtet att transportera ammoniumnitrat med mer än 0,2 % brännbara ämnen, utom när det utgör beståndsdel i ett ämne eller föremål i klass 1 (explosiva ämnen). Andelen av de oxiderande ämnena på järnvägen som bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material antas därför vara mycket begränsad.

Utifrån ovanstående beskrivning bedöms den sammanvägda risknivån förknippad med transporter av oxiderande ämnen och organiska peroxider på järnvägsbanorna vara mycket begränsad. Även om konsekvenserna av ett större olycksscenario kan bli omfattande för bebyggelse vid olycka på järnvägen, bedöms den sammanvägda risknivån förknippad med dessa transporter vara mycket låg.

Bedömning

Riskbidraget bedöms inte vara så omfattande att olycksrisken innebär en oacceptabel risknivå inom planområdet. Däremot är kan planområdet, med avseende till det korta avståndet, påverkas. En explosion med ämnen i klass 5 kan ge stora konsekvenser i området. Risken ska därför analyseras vidare i en fördjupad riskanalys.

4.4 Slutsats inledande riskanalys

Av de identifierade riskerna i anslutning till området har följande bedömts vara av sådan omfattning att mer detaljerade analyser bedömts nödvändiga:

- Urspårning och tågbrand med avseende på obebyggda ytor närmare än 30 meter från närmaste spårmit.

- Olycka vid transport av farligt gods på Västra stambanan eller Jönköpingsbanan
 1. Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)
 2. Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 3. Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
 4. Utsläpp och antändning av brännbar vätska (klass 3)
 5. Olycka där ämne ur klass 5 blandas med brännbart ämne och orsakar explosionsartat självantändning (klass 5)

I följande avsnitt genomförs en fördjupad analys där ovanstående riskolyckor analyseras. I den fördjupade riskanalysen beräknas frekvens och konsekvens och sammanställs i form av risknivå, vilken i sin tur utgör underlag för beslut om säkerhetshöjande åtgärder.

5. Fördjupad riskanalys

5.1 Allmänt

De identifierade olyckshändelserna som i den inledande analysen bedöms kunna inträffa samt kan medföra konsekvenser för det aktuella området studeras vidare i en fördjupad, kvantitativ, riskbedömning.

5.1.1 Beräkning av frekvens och konsekvenser

I den fördjupade analysen kvantifieras frekvensen för, samt konsekvenserna av, respektive olycksrisk. Vilken metod som används är beroende av riskkällornas egenskaper.

Beräkningarna redovisas i sin helhet i bilagorna A och B.

Beräkningarna utgår från en hopslagning av Västra stambanan och Jönköpingsbanan detta eftersom banorna går ihop utmed planområdet. Avståndet till planområdet beräknas från det närmsta tågspåret.

5.1.2 Sammanvägning av risk

Risker avseende personsäkerhet presenteras och värderas i form av individrisk och samhällsrisk:

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 frekvensen för att en fiktiv person på ett visst avstånd omkommer till följd av en exponering från den studerade riskkällan.

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

Med hänsyn till ovanstående parametrars inverkan på framförallt konsekvenserna av respektive olycksrisk bedöms dock denna risknivå inte ge en rättvis bild av aktuella förhållanden inom det studerade området. Individrisken beräknas därför även med hänsyn till planerad bebyggelsestruktur, där det beaktas att den planerade bebyggelsen antingen har en reducerande eller eskalerande effekt på skadeavstånd och sannolikhet att omkomma.

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.

Liksom individrisken beräknas samhällsrisk utifrån vissa förutsättningar och antaganden rörande bebyggelsestruktur, byggnadsutformning, topografi etc.

Enligt avsnitt 5.1.3 avser acceptanskriterierna för samhällsrisk 1 km² med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km järnväg. Samhällsriskens beräkning sker därmed för det studerade området samt omgivande bebyggelse. Konsekvensberäkningarna avseende antal omkomna kommer därför att omfatta både det studerade planområdet samt omgivande bebyggelse.

Konsekvenserna kommer att beräknas för planerat utförandealternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom det studerade området. Samhällsriskens beräkning har dessutom beräknats för ett nollalternativ, som innebär befintliga förhållanden inom det aktuella planområdet. Detta som en referens för förändringen av risknivå som planområdet medför.

Riskberäkningar redovisas i bilaga C.

5.1.3 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. Länsstyrelsen för Västra Götaland har inte gett ut några egna riktlinjer för värdering av risk. I publikationen *Värdering av risk /16/ ges däremot förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk vilket denna analys kommer utgå ifrån, se tabell 5.1.*

Tabell 5.1. 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 per år	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 per år	F=10 ⁻⁶ per år för N=1 med lutning på FN-kurva: -1

De acceptanskriterier som används för värdering av risk i denna riskanalys 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 framförallt avseende individrisk. Individrisken beräknas normalt under antagandet att en individ är kontinuerligt närvarande på en given plats. Enligt *Värdering av risk /16/* bör dock vissa korrigeringar göras av beräknade risknivåer avseende vissa individer i verkligheten inte är kontinuerligt närvarande. För arbetare kan t.ex. individrisken reduceras med en faktor 4. För personer i rekreationsområden kan individrisken reduceras med en faktor 10. För boende görs ingen korrigering.

Istället för att korrigera individrisken för olika individer enligt beskrivningen ovan så utgår riskanalysen från att risknivåer inom den nedre halvan av ALARP kan accepteras för t.ex. kontors- och vissa typer av restaurang- och butiksverksamheter utan behov av säkerhetshöjande åtgärder eftersom den faktiska individrisken för personer inom dessa verksamheter är betydligt lägre än den beräknade. 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.

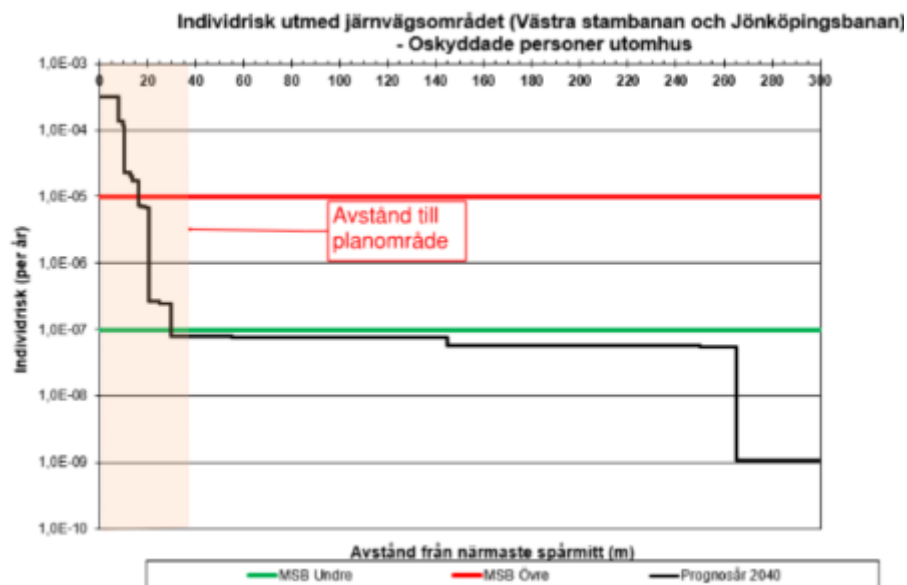
2. Rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder beror även på inom vilken del av ALARP som risknivån ligger. Enligt *Värdering av risk /16/* så bör en rimlig utgångspunkt vara att risker som ligger inom den övre delen av ALARP-området, d.v.s. nära gränsen för "oacceptabla risker" endast tolereras 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.

5.2 Resultat riskberäkningar

5.2.1 Individrisk Västra stambanan och Jönköpingsbanan

Nedan redovisas den beräknade risknivån inom områden utmed både Västra stambanan och Jönköpingsbanan. Individrisken presenteras för oskyddade personer utomhus (se figur 5.1).

Individrisken redovisas för prognosår 2040. Avståndet i diagrammet utgår från närmaste spårmittpunkt från det närmsta spåret.



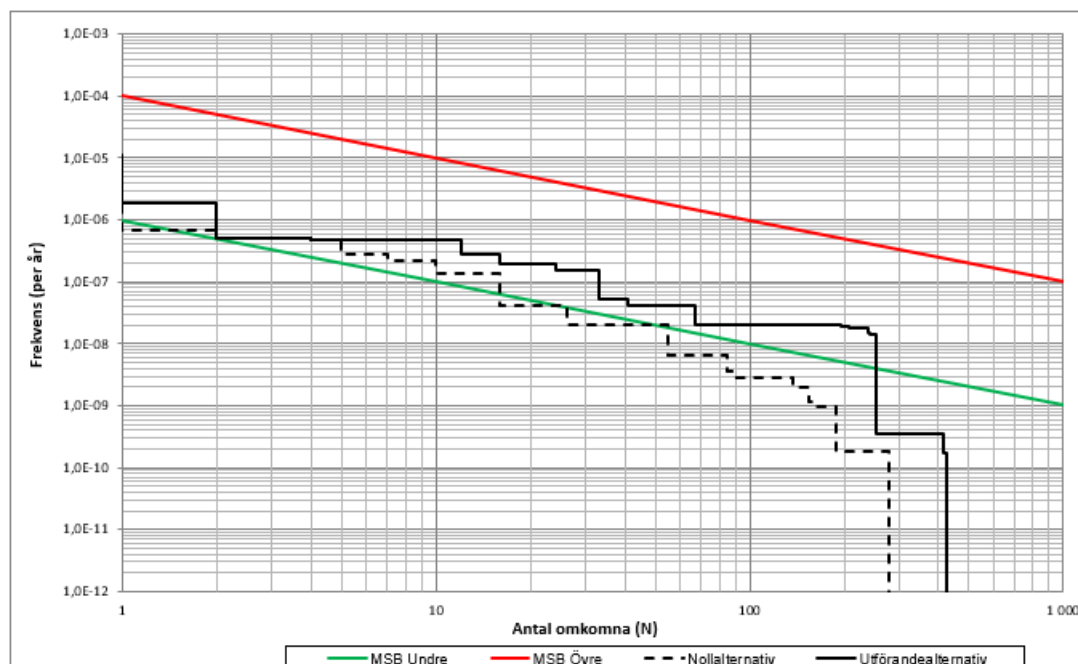
Figur 5.1. Individrisk för oskyddad person utomhus som funktion av avståndet från Västra stambanan och Jönköpingsbanan utmed planområdet. (mätt från närmaste spårmittpunkt).

5.2.2 Samhällsrisk

I figur 5.2 redovisas den beräknade samhällsrisken inom det studerade området, d.v.s. aktuellt planområde samt kringliggande bebyggelse.

Samhällsrisken beräknas för planerat utförandealternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom det aktuella planområdet. Samhällsrisken har dessutom beräknats för ett nollalternativ, som innebär befintliga förhållanden inom det aktuella planområdet.

Samhällsrisken redovisas för prognosår 2040.



Figur 5.2. F/N-kurva som redovisar samhällsriskenivån med avseende på skadescenarier på Västra stambanan och Jönköpingsbanan utmed planområdet.

5.3 Värdering av risk

5.3.1 Individrisk

Med avseende på individrisken bedöms olycksriskerna förknippade med Västra stambanan och Jönköpingsbanan hamna inom ALARP inom cirka 30 meter från närmsta spårmit. Inom 18 meter från järnvägsbanorna är dessutom individrisken på en oacceptabel nivå, d.v.s. $> 10^{-5}$ per år.

Minsta avstånd mellan närmsta järnvägsspår och planområde är cirka 30 meter. Detta innebär att individrisken inom hela planområdet ligger inom en acceptabel risknivå på $< 10^{-7}$.

Med hänsyn till den beräknade individrisken bedöms åtgärder behöver vidtas för att personer inte ska påverkas av en förhöjd risknivå, se vidare avsnitt 6.

5.3.2 Samhällsrisk

Samhällsriskerna från olycksriskerna förknippade med trafiken på Västra stambanan och Jönköpingsbanan ligger generellt inom ALARP. Ingen del ligger under den accepterade risknivå, bebyggelsen medför däremot att samhällsriskerna delvis tangerar det undre acceptanskriteriet. Ingen olycksrisk bidrar till en oacceptabel risknivå inom planområdet.

Den beräknade samhällsriskerna för nollalternativet tangerar delvis det undre acceptanskriteriet, eller ligger inom den nedre halvan av ALARP. De olycksriskerna som bidrar mest till den ökade samhällsriskerna är olyckor med brännbara och giftiga gaser.

Med hänsyn till den beräknade samhällsriskerna bedöms risknivån vara så hög att säkerhetshöjande åtgärder behöver vidtas för att sänka risknivån vid ny bebyggelse och ändrad markanvändning inom det studerade området. Se vidare avsnitt 6.

5.4 Hantering av osäkerheter

Riskutredningar är alltid förknippade med osäkerheter, framförallt rör osäkerheterna antagna mängder farligt godstransporter och fördelningar mellan de olika klasserna. Ändrade mängder eller fördelningar kan komma att påverka risknivån i både positiv och negativ bemärkelse. Den totala mängden farligt gods samt fördelningen mellan respektive klass har uppskattats utifrån nationell statistik över en femårsperiod. Det statistiska underlaget som används i analysen är behäftat med osäkerheter, både vad gäller antalet transporter och vilka ämnen som transporteras. Antagandet att andelen av godstrafiken som omfattar farligt gods kommer att motsvara dagens förhållanden även år 2040 är mycket osäkert. För att säkerställa att risknivån för området inte underskattas görs en känslighetsanalys avseende en ökning av antalet farligt godsvagnar. Fördelningen mellan respektive farligt godsklass är dock densamma som för grundförutsättningarna.

Antagna persontätheter inomhus och utomhus i samband med olyckstillfället påverkar beräkningar av antalet drabbade i omgivningen givet olycka. På samma sätt har antaganden av när på dygnet olyckor förutsätts inträffa bäring på resultaten.

För att studera hur antalet farligt godsvagnar respektive val av beräkningsmetodik kan förväntas påverka resultaten tillsammans med antaganden om persontäthet inom det studerade området har kompletterande samhällsriskberäkningar utförts där dessa parametrar varierar. I Bilaga C redogörs för de kompletterande beräkningarna.

Utförd känslighetsanalys påvisar följande:

- Även vid en mycket kraftig ökning av antalet godståg och antalet farligt godsvagnar på både Västra stambanan och Jönköpingsbanan så hamnar samhällsriskerna inom ALARP, och till stor del inom den nedre halvan av ALARP. Samhällsriskerna hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.
- En kraftig ökning av konsekvenserna för respektive skadescenario bedöms också ha en begränsad påverkan på resultatet. Samhällsriskerna förskjuts något, men hamnar fortfarande på en acceptabel nivå eller delvis inom den nedre halvan av ALARP. Samhällsriskerna hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.

Utifrån ovanstående beskrivning görs bedömningen att resultatet av genomförda riskberäkningar är robusta och att identifierade osäkerheter kopplade till bl.a. använd statistik eller beräkningsmetodik har en begränsad påverkan på resultatet av den fördjupade riskanalysen. Med hänsyn till detta bedöms det inte vara rimligt att ställa ytterligare krav på säkerhetshöjande åtgärder (utöver värderingen av risk som redovisas i avsnitt 5.3).

6. Förslag på säkerhetshöjande åtgärder

6.1 Allmänt

Enligt den fördjupande riskanalysen bedöms risknivån för det studerade området kunna hamna på en sådan nivå att åtgärder behöver beaktas vid exploatering.

Åtgärdernas omfattning behöver dock diskuteras, då acceptansnivån är beroende av markanvändning samt avstånd till den aktuella riskkällan. Dessutom behöver bedömningen av åtgärder beakta vilket bidrag till risknivån som respektive olycksrisk innebär.

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

6.2 Placering av ny bebyggelse

Vid lokalisering av ny bebyggelse bör man alltid sträva efter att placera bebyggelsen på ett tillräckligt stort avstånd från eventuella störningskällor. De rekommenderade skyddsavstånden (se 1.6.1) bör användas som riktvärden för placering av ny bebyggelse. Om det med en riskanalys kan påvisas att risknivån, med eller utan åtgärder, är låg kan de rekommenderade avstånden frångås.

Vid bebyggelse som inte uppfyller de rekommenderade skyddsavstånden kommer kompletterande byggnadstekniska åtgärder generellt behöva vidtas. Omfattningen av åtgärderna är beroende av hur mycket skyddsavstånden underskrids, vilka olycksrisker samt vilka verksamheter som behöver beaktas. Syftet med åtgärderna är att reducera det "nettotillskott" av oönskade händelser som avsteget medför i förhållande till om riktlinjerna skulle följas, se vidare avsnitt 6.3.

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 utmed ex. gång- och cykelstråk bedöms kunna accepteras.

För befintliga byggnader bör säkerhetshöjande åtgärder tillämpas då rekommenderade skyddsavstånd underskrids och risknivån bedöms hamna inom det område där riskreducerande åtgärder ska vidtas i den mån det är rimligt och kostnadsmässigt försvarbart.

Eftersom risken bedöms vara hög inom 30 meter till Västra stambanan och Jönköpingsbanan bör obebyggda ytor inom 30 meter till spåren vara utformade endast för tillfällig 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. lekplatser. Enstaka parkbänkar bedöms kunna accepteras. Denna rekommendation omfattar ytor utanför aktuellt planområde och kan därför inte regleras i ny detaljplan.

Inom aktuellt område planeras det för flera olika typer av verksamheter. Aktuella beräkningar utgår från en normalperson som kan ta sig ut från en byggnad och sätta sig i säkerhet. Detta motsvarar verksamheter som kontor. Enligt den zonindelning som Länsstyrelsen Stockholm har gjort kan kontor förekomma 30-50 meter till järnväg. Kontor behöver därmed inte förses med åtgärder enligt avsnitt 6.3

Inom bostäder kan sovande personer förekomma vilket innebär att det på natten tar längre tid för personer att utrymma än om de varit vakna. Inom 50 meter som är det rekommenderade avståndet enligt Länsstyrelsen Stockholm bör därför säkerhetshöjande åtgärder vidtas, se avsnitt 6.3.

Inom området är det även planerat för känsliga verksamheter så som vård. I känsliga verksamheter har personer inte samma förutsättningar och det kan därför ta längre tid för dessa personer att utrymma. För känsliga verksamheter kan det därmed tillkomma högre krav än för andra verksamheter för att uppfylla samma skyddsnivå. Känsliga verksamheter som vård bör placeras på minst 50 meters avstånd från järnväg. Om detta inte kan tillämpas för vårdverksamheter behöver ytterligare åtgärder implementeras för bebyggelsen, se avsnitt 6.3.

6.3 Byggnadstekniska åtgärder

För att acceptera avstegen från zonindelningen i avsnitt 1.6.1. samt för att reducera risknivån behöver kompletterande byggnadstekniska åtgärder vidtas. Avstånden för zonindelning utgår från Stockholm läns riktlinjer då det inte finns rekommenderade avstånd från Länsstyrelsen Västra Götaland. Nedan redovisas diskussioner kring behovet av åtgärder.

6.3.1 Skydd mot urspårning

Eftersom urspårningen i de allra flesta fall endast innebär att ett hjulpar hoppar av spåret kan konsekvenserna av en urspårning minska vid implementering av skyddsräll på banan. Detta innebär att vid urspårning kan skyddsrälen fånga upp tåget så att denna stannar inom järnvägsområdet.

Aktuellt planområde ligger på ett avstånd på 30 meter från järnväg. Vid urspårning bedöms det maximala avståndet ett urspårat tåg kan hamna från järnvägsspåret vara mellan 25-30 meter. Eftersom avståndet till aktuellt planområde överstiger detta bedöms det inte rimligt att ställa krav på åtgärder med avseende på urspårning.

6.3.2 Utrymning

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.

Ovanstående innebär att byggnader, som inte uppfyller de rekommenderade skyddsavstånden, och som dessutom vetter direkt mot riskkällan (d.v.s. ingen framförliggande bebyggelse) behöver utformas med åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från järnvägsbanorna. Detta gäller för samtliga utrymnen där personer vistas stadigvarande.

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. Om huvudentréer skulle planeras mot riskkällan så är det viktigt att utrymningsvägarna bort från riskkällan är mycket lätta att identifiera och nyttja.

Utrymning via fönster med räddningstjänstens stegutrustning uppfyller inte syftet med ovanstående åtgärdsförslag. Om trapphusen mynnar mot riskkällan så behöver de dessutom utföras genomgående så att de även medger utrymning bort från riskkällan.

För bebyggelse som inte vetter direkt mot riskkällan bedöms ovanstående åtgärd ha en begränsad effekt eftersom framförliggande bebyggelse har en avskärmande effekt som ökar möjligheten att utrymma bakomliggande byggnader.

6.3.3 Skydd mot explosion

För explosioner där konsekvenserna kan bli stora på stora avstånd kan effekten mildras genom att byggnaderna konstrueras med hänsyn till höga tryck. Exempelvis kan man dimensionera stommen för en ökad horisontallast samt bygga en rasdämpande stomme. Detta ställer krav på seghet/deformationsförmåga i stommen samt att stommen klarar bortfall av delar av bärningen.

Ytterligare säkerhetshöjande åtgärder är att fönster förses med härdat och 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.

Ovanstående åtgärdsförslag innebär stor begränsning i byggmetod och materialval samt innebär stora kostnader. För befintliga byggnader innebär ovanstående stora ingrepp i respektive byggnads konstruktion. Sannolikheten för en större explosion bedöms vara låg, vilket beror på de hårda regler som gäller för transporter av dessa ämnen. Det bedöms inte vara rimligt utifrån den beräknade risknivån att implementera denna åtgärd för de befintliga byggnaderna med avseende på kostnaderna att förstärka en befintlig stomme.

6.3.4 Skydd mot spridning av 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. De rekommenderade skyddsavstånd bedöms innebära ett relativt begränsat skydd mot stora utsläpp av brännbar eller giftig gas.

Beroende på gastyp går det att reducera konsekvenserna inomhus genom att vidta ventilationstekniska åtgärder för att begränsa risken för spridning av brandgaser samt brännbara och giftiga 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 riskkällan, t.ex. bort från riskkällan alternativt på tak.

För olycka med brännbara gaser går det enligt ovan att reducera konsekvenserna inomhus genom att vidta byggnadstekniska åtgärder som förhindrar brandgasspridning.

Olycka med brännbara och giftiga gaser på järnvägen bedöms kunna innebära en relativt stor påverkan inom det aktuella området. Då åtgärder i form av placering av tilluft normalt innebär en relativt låg kostnad och inte inkräktar mer än marginellt på byggnadsutformningen bedöms det rimligt att vidta denna åtgärd vid om- ny och tillbyggnation. För befintliga byggnader kan kostnaden bli högre. Denna åtgärd bör därmed tillämpas vid större ändringar av befintliga byggnader samt vid ny- och tillbyggnad. Åtgärden ska tillämpas inom 50 meter vilket motsvarar angivna skyddsavstånd.

6.3.5 Skydd mot brandspridning

För att minska sannolikheten att en brand (olycka med brännbar gas, och brandfarlig vätska) sprider sig in i byggnader nära riskkällan innan människor i byggnaden har hunnit utrymma kan fasader som vetter mot riskkällan utföras i material som förhindrar brandspridning in i byggnaden under den tid det tar att utrymma.

Som ett riktvärde bör brandspridning begränsas i åtminstone 30 minuter för att säkerställa utrymningen. Hur omfattande kraven behöver vara för att erhålla skydd mot brandspridning är beroende av avståndet mellan byggnad och riskkälla.

För det aktuella planområdet bedöms olycka med brandfarlig vätska eller gas ha störst påverkan på risknivån på korta avstånd från järnvägen. Det bedöms inte rimligt att ställa krav på fasad för den befintliga bebyggelsen. Däremot bör ny bebyggelse inom 50 meter och som vetter mot järnvägen utföras i ytskikt i obrännbart material. Den befintliga bebyggelsen ser däremot ut, enligt karttjänst på Google Maps, att vara uppförd i obrännbart material.

I den beräknade risken var konsekvenserna av en brand mycket små. Detta innebär att risk för brandspridning till byggnader bedöms som liten. Vid explosioner av gaser i klass 2 kan glaset gå sönder, men vanligt fönsterglas har ett visst skydd även vid explosioner. Det bedöms att genom att uppföra byggnader i obrännbart material uppnås ett godtyckligt skydd mot både ämnen i klass 2 och klass 3, fönster som vetter mot järnvägsbanorna inom 50 meter bedöms därmed inte behöva förses med brandklass med avseende till planerat skyddsavstånd.

I de fall känsliga verksamheter planeras att placeras närmare järnvägen än 50 meter kommer fasaden att behöva upprättas i EI 60. I detta fall ska även fönster förses med brandteknisk klass i EW 30. Detta eftersom personer inom verksamheten har svårare att utrymma och därmed behövs ett starkare skydd för att uppnå samma säkerhet.

6.4 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning

Det bedöms vara olyckor vid transport av farligt gods i klass 1, klass 2, klass 3, klass 5 som kan medföra en så stor påverkan på risknivån att riskreducerande åtgärder kan vara nödvändiga att vidta för aktuellt planområde. Detta med avseende på att konsekvenserna blir stora för närliggande bebyggelse.

Aktuell analys visar att det går att uppföra bebyggelse inom hela planområdet. Däremot kan bebyggelse nära järnvägen medföra vissa restriktioner beroende på avstånd och typ av verksamhet. Vid ny bebyggelse och större förändringar av befintlig bebyggelse, genom om eller tillbyggnad, inom det aktuella planområdet rekommenderas initialt nedanstående restriktioner och byggnadstekniska åtgärder vidtas. Avstånden gäller från närmaste spårmitt och avser bebyggelse och oskyddade markområden.

- Minsta avstånd mellan ytor för stadigvarande vistelse och Västra stambanan eller Jönköpingsbanan ska vara 30 meter.
- Kontor får placeras inom hela planområdet utan åtgärder.
- Idrottsverksamhet, bostadsbebyggelse, centrum och handel får placeras inom hela planområdet. Inom 30 meter till Västra stambanan eller Jönköpingsbanan ska följande åtgärder tillämpas:
 - inom 50 meter till Västra stambanan eller Jönköpingsbanan ska det säkerställas att utrymningsvägar placeras och utformas så att utrymning kan ske till säker plats vid olycka på järnvägen.
 - inom 50 meter till Västra stambanan eller Jönköpingsbanan ska friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från järnvägsbanorna. Detta krav gäller vid nybyggnation, större ombyggnationer eller tillbyggnad av befintlig bebyggelse.
 - inom 50 meter till Västra stambanan eller Jönköpingsbanan ska bebyggelse som vetter direkt mot järnvägen skyddas med fasad i obrännbart material eller med lägst brandteknisk klass EI 30. Fönster kan utföras utan klass. Detta krav gäller vid nybyggnation eller tillbyggnad av befintlig bebyggelse.

- Känsliga verksamheter som vård får placeras inom hela planområdet. Vid placering närmre än 50 meter ska följande uppfyllas:
 - o inom 50 meter till Västra stambanan eller Jönköpingsbanan ska bebyggelse som vetter direkt mot järnvägen skyddas med fasad i lägst brandteknisk klass EI 60 och fönster i EW 30.
 - o inom 50 meter till Västra stambanan eller Jönköpingsbanan ska det säkerställas att utrymningsvägar placeras och utformas så att utrymning kan ske till säker plats vid olycka på järnvägen.
 - o inom 50 meter till Västra stambanan eller Jönköpingsbanan ska friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från järnvägsbanorna.

6.5 Åtgärdernas riskreducerande effekt

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

- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av eventuella gasutsläpp genom skyddsavstånd i kombination med ventilationstekniska åtgärder.
- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av en större utvändig brand (pölbrand, olycka med brännbar gas) genom skyddsavstånd och brandskyddstekniska åtgärder i form av obrännbar fasad.
- Ökad möjlighet för personer att utrymma byggnader innan kritiska förhållanden uppstår inomhus till följd av en olycka på Västra stambanan och Jönköpingsbanan genom att tillgodose utrymningsmöjligheter bort från järnvägen.

I bilaga C redovisas risknivån med föreslagna åtgärder.

Med hänsyn till den beräknade risknivån inom planområdet samt planerad verksamhet och bebyggelse bedöms de föreslagna åtgärderna ha en tillräcklig riskreducerande effekt.

7. Slutsatser

Det aktuella planområdet som omfattar fastigheten Trym i Falköpings kommun ligger i ett relativt utsatt läge med hänsyn till olycksrisker förknippade med transporter av farligt gods på de närliggande järnvägsbanorna Västra stambanan och Jönköpingsbanan.

Risken inom planområdet bedöms vara förhöjd p.g.a. närheten till järnvägsbanorna. Utifrån en fördjupade riskanalysen konstateras att det är nödvändigt att beakta vissa olycksrisker förknippade med transporter av farligt gods vid ny bebyggelse inom området.

Bedömning utifrån riskanalysen är att bebyggelse kan uppföras inom hela planområdet men att åtgärder för att hantera identifierade risker är nödvändiga. Med åtgärder bedöms riskerna i området kunna hanteras utan att människor utsätts för oacceptabla risker.

8. Referenser

- /1/ Översiktsplan 2017-2030 Karta. Hämtad från <https://karta.falkoping.se/oversiktsplan/> den 2022-03-30
- /2/ Skåne län, Stockholms län & Västra Götalands län. (2006). Riskhantering i detaljplanprocessen - Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods
- /3/ Uppdragsbeskrivning Riskutredning kv. Trym. Tillhandahållen på mejl av Märta Grahm, Planarkitekt Falköpings kommun, 2022-03-01.
- /4/ Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4, Länsstyrelsen Stockholm, 2016-04-11
- /5/ RID-S 2021 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2020:10, 2021
- /6/ PM Risk förbigångspår Herrljunga Västra. Trafikverket (projnr. 146181) daterad 2017—10-11.
- /7/ Bullerprognoser Trafikverket 2018, TrV-rapport 2018:056
- /8/ Riskanalys farligt gods Falköping, COWI, Augusti 2020. Dokumentnummer A202577/60/10/RAP001.
- /9/ Kartläggning av farligt godstransporter, september 2006, Räddningsverket 2007
- /10/ Bantrafik 2019 (Rapportnr 2020:19), Statistikrapport från Trafikanalys
- /11/ Risk-, buller-, och vibrationsutredning för kvarteret Trym och del av Kyrerör 1:1. Sweco daterad 2009-12-22
- /12/ Strandvägen Jönköping – Fördjupad riskanalys avseende transporter av farligt gods. Briab – Brand och Riskingenjörerna AB. 2018-01-25, version 3.
- /13/ Bantrafik 2019 (Rapportnr 2020:19), Statistikrapport från Trafikanalys
- /14/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002
- /15/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996
- /16/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997

Bilaga A - Frekvensberäkningar**Uppdragsnamn**

Trym, Falköpings kommun

Uppdragsgivare

Falköpings kommun

Uppdragsnummer

505263

Datum

2022-04-14

Handläggare

Felicia Klint

Egenkontroll

FKt 2022-04-12

Internkontroll

EHM 2022-04-12

1. Inledning

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

Västra stambanan och Jönköpingsbanan

- Scenario 1. Ursparning
- Scenario 2. Brand i godståg
- Scenario 3. Olycka med farligt gods
 - Klass 1.1. Massexplösiva ämnen
 - Klass 2.1. Brännbara gaser
 - Klass 2.3. Giftiga gaser
 - Klass 3. Brandfarliga vätskor
 - Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

2. Förutsättningar och indata

I beräkningarna har trafiken på Västra stambanan och Jönköpingsbanan slagits ihop. Detta för att banorna går ihop till en utmed planområdet. Den data som anges nedan utgår från år 2040.

Tabell A.1. Förutsättningar– Indata till frekvensberäkningar.

Faktor	Beskrivning
Järnvägssträcka (km)	1
Antal spår	4
Hastighetsbegränsning (km/h):	
- Persontåg	250
- Godståg	160
Årsmedeldygnstrafik (per dygn):	
- Persontåg	155*
- Godståg	72*
Olyckskvoter per tågkm /1/	
- Persontåg	2,5E-08

/1/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002

- Godståg	2,5E-07
Antal farligt godsvagnar per år	33 859
Andel av godsvagnar som rymmer farligt gods	4,3%

* Sammanslagning av trafiken på Västra stambanan och Jönköpingsbanan.

3. 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.

3.1 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 /1/*:

	<u>Spår utan växlar</u>	<u>Spår med växlar</u>
Persontåg:	$0,25 \cdot 10^{-8}$ per tågkm	$2,5 \cdot 10^{-8}$ per tågkm
Godståg	$2,5 \cdot 10^{-8}$ per tågkm	$25 \cdot 10^{-8}$ per tågkm

Ytterligare järnvägsolyckor som kan medföra efterföljande olycksscenarier är kollisioner, antingen mellan spårfordon eller i plankorsningsolyckor. Enligt /2/ 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 för prognosår 2040 (155 persontåg respektive 72 godståg per dygn):

- Urspårning persontåg: 1,4E-03 urspårningar per år
- Urspårning godståg: 6,6E-03 urspårningar per år
- **Urspårning totalt: 8,0E-03 urspårningar per år**

Utslaget på den totala tågtrafiken så innebär ovanstående urspårningsfrekvenser en genomsnittlig olyckskvot på ca $9,6E-08$ per tågkm ($8,0E-03 / ((155+72) \times 365 \times 1,0)$).

/2/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001

Ovanstående värden kan jämföras med statistik över bantrafikskador /3/ respektive bantrafik /4/. Om man dividerar samtliga inrapporterade urspårningar med totala antalet tågkilometer (persontåg och godståg) under perioden 2001-2015 så blir den genomsnittliga olyckskvoten ca 7E-08 per tågkm, en skillnad på 2,6E-08. 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. Detta kan jämföras med ca 68 % för aktuella järnvägssträckor beräknat år 2040. Sannolikheten för urspårning är normalt betydligt högre för godståg än för persontåg, vilket kan förklara skillnaden i genomsnittlig olyckskvot.

3.1.1 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 /1/.

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:

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

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

$$d_{\text{persontåg, 250 km/h}} = 250^2/80 = 781 \text{ m}$$

$$d_{\text{godståg, 160 km/h}} = 160^2/80 = 320 \text{ m}$$

/3/ Bantrafikskador 2015 (Statistikrapport 2016:20), Trafikanalys

/4/ Bantrafik 2019 (Rapportnr 2020:19), Statistikrapport från Trafikanalys

Eftersom Falköpings tågstation ligger inom 600 meter från planområdet och att ett urspåret tåg kan gå längre än 600 meter bedöms den egentliga hastigheten vara utmed planområdet vara lägre.

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 $V^{0,55}$

$$b_{\text{persontåg, 140 km/h}} = 250^{0,55} = 20,8 \text{ m}$$

$$b_{\text{godståg, 100 km/h}} = 160^{0,55} = 16,3 \text{ m}$$

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:

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

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

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

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 fortfarande överstiger eller är lika med 60 km/h. Antaget 45 m /1/.

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

$$F_{1,\text{persontåg}} = 2,3 \cdot 10^{-3} \times 245 \times 10^{-3} = 5,6 \cdot 10^{-4}$$

$$F_{1,\text{godståg}} = 9,1 \cdot 10^{-4} \times 125 \times 10^{-3} = 1,9 \cdot 10^{-4}$$

I tabell A.1-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. **Persontåg. Prognosår 2040.**
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	40,9%	100,0%	4,5E-04	4,5E-04
1	35,0%	99,6%	3,9E-04	3,8E-04
2	29,6%	99,1%	3,3E-04	3,2E-04
3	24,8%	98,6%	2,7E-04	2,7E-04
4	20,6%	98,1%	2,3E-04	2,2E-04
5	16,9%	97,5%	1,9E-04	1,8E-04
6	13,7%	96,7%	1,5E-04	1,5E-04
7	10,9%	95,9%	1,2E-04	1,2E-04
8	8,5%	95,0%	9,4E-05	8,9E-05
9	6,5%	93,9%	7,2E-05	6,7E-05
10	4,8%	92,7%	5,3E-05	5,0E-05
11	3,5%	91,2%	3,9E-05	3,5E-05
12	2,4%	89,4%	2,7E-05	2,4E-05
13	1,6%	87,2%	1,8E-05	1,6E-05
14	1,0%	84,4%	1,1E-05	9,5E-06
15	0,6%	80,7%	6,6E-06	5,3E-06
16	0,3%	75,8%	3,5E-06	2,7E-06
17	0,2%	68,8%	1,7E-06	1,2E-06
18	0,1%	58,3%	8,6E-07	5,0E-07
19	0,05%	42,4%	5,0E-07	2,1E-07
20	0,03%	0,0%	3,1E-07	0,0E+00

Tabell A.3. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarioer på aktuell järnvägssträcka. **Godståg. Prognosår 2040.**
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	38,8%	100,0%	8,2E-04	8,2E-04
1	31,6%	98,6%	6,6E-04	6,5E-04
2	25,3%	97,0%	5,3E-04	5,2E-04
3	19,9%	95,2%	4,2E-04	4,0E-04
4	15,4%	93,1%	3,2E-04	3,0E-04
5	11,6%	90,7%	2,4E-04	2,2E-04
6	8,5%	87,9%	1,8E-04	1,6E-04
7	6,0%	84,6%	1,3E-04	1,1E-04
8	4,1%	80,6%	8,6E-05	7,0E-05
9	2,7%	75,8%	5,6E-05	4,2E-05
10	1,6%	69,9%	3,4E-05	2,4E-05
11	0,9%	62,4%	1,9E-05	1,2E-05
12	0,5%	53,0%	9,7E-06	5,1E-06
13	0,2%	41,8%	4,7E-06	2,0E-06
14	0,1%	33,3%	2,5E-06	8,3E-07
15	0,1%	0,0%	1,6E-06	0,0E+00
16	0,0%	0,0%	5,6E-07	0,0E+00
17	0,0%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00

3.2 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 /5, 6/. Under motsvarande tidsperiod producerades ca 0,44 miljarder godstågskm på järnvägen /7,8/. Detta ger en total olyckskvot på $2,4 \cdot 10^{-7}$ bränder per godstågskm.

Utifrån den redovisade statistiken i /6/ kategoriseras tågbränderna utifrån brandstorlek där statistiken visar på följande fördelning, se tabell A.4.

Tabell A.4. 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.5. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för brand i godståg på aktuell järnvägssträcka. **Prognosår 2040.**

Scenario	Frekvens [per år]
Brand i godståg	6,3E-03
Mycket stor brand (3,7 %)	2,3E-04
Stor brand (32,7 %)	2,1E-03
Liten brand (46,7 %)	2,9E-03
Väldigt liten brand / rökutveckling (16,8 %)	1,1E-03

/5/ Tunnelsäkerhet Dimensionerande brandeffektkurvor i godståg (Trafikverket publ.nr. 2016:117), Brandskyddslaget AB på uppdrag av Trafikverket, 2016

/6/ PM Statistik godståg (Trafikverket rapport 101107-22-025-121), Brandskyddslaget på uppdrag av Trafikverket, 2015

/7/ Bantrafik 2006, Statens institut för kommunikationsanalys Rapport 2008:2

/8/ Bantrafik 2012, Trafikanalys, Statistik Rapport 2013:28

3.3 Järnvägsolycka med farligt gods

3.3.1 Allmänt

Olycksfrekvensen för järnvägsolycka med farligt gods beräknas utifrån motsvarande metodik som redovisas i avsnitt 2.1-2.2. 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 /9/. 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 4,3 % av den totala godsmängden per år utgör farligt gods, se avsnitt 3.3.3. i huvudrapporten.

Tabell A.6. Beräknad olycksfrekvens för olycka med farligt godstransport (totalt samt per farligt godsklass) på studerad järnvägssträcka (1 km). **Prognosår 2040.**

Scenario	Andel	Olycksfrekvens (per år)
klass 1	0,01%	9,4E-08
Klass 2	31,3%	2,9E-04
klass 3	32,9%	3,1E-04
klass 4	2,4%	2,2E-05
klass 5	12,8%	1,2E-04
klass 6	1,6%	1,5E-05
klass 7	0,01%	2,0E-08
klass 8	18,4%	1,7E-04
klass 9	0,5%	5,0E-06
Totalt		9,4E-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.

/9/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

Tabell A.7. Beräknad olycksfrekvens för olycka med farligt gods med brand (totalt samt per farligt godsklass) på studerad järnvägssträcka (1 km). **Prognosår 2040.**

Scenario	Andel	Olycksfrekvens (per år)
klass 1	0,01%	4,8E-10
Klass 2	31,3%	8,5E-05
klass 3	32,9%	8,9E-05
klass 4	2,4%	6,5E-06
klass 5	12,8%	3,5E-05
klass 6	1,6%	4,4E-06
klass 7	0,01%	5,8E-09
klass 8	18,4%	5,0E-05
klass 9	0,5%	1,4E-06
Totalt		2,7E-04

Utifrån resultatet av tabell A.5 och tabell A.6 beräknas att järnvägsolycka med brand (2,7E-04 per år) utgör ca 22 % av den totala frekvensen för olycka med farligt gods (d.v.s. järnvägsolycka utan brand 9,4E-04 per år + järnvägsolycka med brand 2,7-04 per år).

3.3.2 Klass 1. Explosiva ämnen

Explosiva ämnen och föremål är uppdelad i flera olika undergrupper (riskgrupper) utifrån risk för bl.a. brand, massexplosion, splitter och kaststycken. Enligt RID-S är det enbart ämnen ur klass 1.1 som innebär risk för massexplosion som påverkar så gott som hela lasten praktiskt taget samtidigt /10/. Med avseende på olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom det aktuella planområdet bedöms det enbart vara en explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 som är aktuella att studera.

I de fortsatta beräkningarna förutsätts det konservativt att alla transporter av explosiva ämnen utgörs av ämnen ur riskgrupp 1.1.

Konsekvenserna av en massexplosion är kraftigt beroende av mängden som exploderar, vilket i sin tur beror av hur mycket explosivämne som transporteras. I RID-S anges ingen gräns för hur stora transportmängder massexplosiva ämnen som tillåts på järnväg. Som maxgräns brukar dock ansättas 25 ton massexplosivt ämne per godsvagn. Hur stor andel av transportererna som rymmer så stora mängder är högst oklart, men med stor sannolikhet rör det sig om mindre mängder som transporteras som styckegods.

Enligt nationell statistik /4/ så transporteras mycket begränsade mängder explosiva ämnen på svenska järnvägar. I Räddningsverkets /11/ kartläggning från september månad 2006 uppgick den totala mängden av transporterade klass 1 varor till 100 kg. Det bör dock noteras att transporter av explosiva ämnen normalt inte skyltas, vilket innebär att det är svårt att få tillförlitliga uppgifter om dessa transporter.

För att inte underskatta riskbidraget från olycksscenarioer förknippade med explosivämnen så antas det konservativt att det kan förekomma enstaka stora transporter av explosivämnen.

/10/ RID-S 2019 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2018:6, 2018

/11/ Kartläggning av farligt gods på järnväg under september månad 2006, Räddningsverket 2007

Antagandet om fördelningen mellan olika transportmängder utgår från tidigare riskidentifieringar och har antagits till följande:

- 500 kg ekvivalent TNT (trotyl): 85 %
- 2 000 kg ekvivalent TNT (trotyl): 14,5 %
- 25 000 kg ekvivalent TNT (trotyl): 0,5 %

Vid en olycka med transport av ämnen ur riskgrupp 1.1. kan en massexplosion uppstå antingen till följd av stora påkänningar eller till följd av brand som sprids till lasten:

Explosion p.g.a. tågbrand: Frekvensen för en tågbrand i en godsvagn utgår från tabell A.6 (se avsnitt 2.3.2). Enligt avsnitt 2.2.1 utgör farligt gods ca 4,3 % av alla godsvagnar och enligt tabell A.6 uppskattas explosiva ämnen utgöra högst 0,05 % av alla farligt godstransporter. Sannolikheten för att en farligt godsvagn med explosivämnen är inblandad i en tågbrand beräknas utifrån detta till $4,3 \% \times 0,01 \% = 0,00043 \%$.

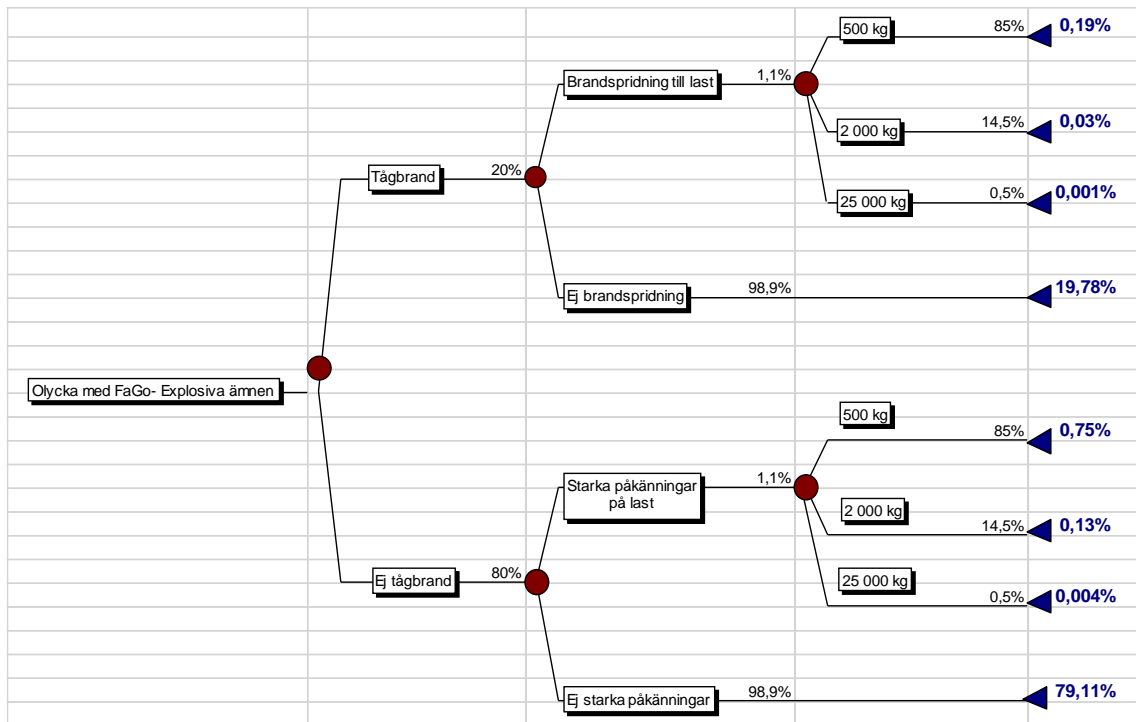
Det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport /10/. Detta innebär en begränsad sannolikhet för att en tågbrand ska påverka godset i sådan omfattning att det leder till explosion.

Skada på en godsvagn med explosiva ämnen bedöms motsvara den sammanlagda sannolikheten för utsläpp för tunnväggiga vagnar, d.v.s. 30 % /2/ (se vidare avsnitt 2.3.3). Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca 3,7 % enligt avsnitt 2.2 (se tabell A.3). Förutsatt denna situation med skada på godsvagn och mycket stor brand antas sannolikheten för brandspridning till lasten och massexplosion vara 100 %. Sannolikheten för att brand uppstår i samband med en urspårningsolycka som föranleder att vagnen skadas så att branden sprider sig till lasten och orsakar massexplosion bedöms då till ca 1,1 % ($30 \% \times 3,7 \%$).

Explosion p.g.a. starka påkänningar: Med avseende på de detaljerade regler som finns för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport i enlighet med RID-direktivet bedöms det vara låg sannolikhet för detonation givet en urspårningsolycka. Exempelvis finns regler som säger att vagn med explosiva ämnen ska skiljas från vagn som enligt RID-S ska vara försedd med varningsetikett 3, 4.1, 4.2, 4.3, 5.1 eller 5.2 av en skyddsvagn.

Det finns idag ingen känd forskning kring hur stor kraft som behövs för att initiera detonation av det fraktade godset vid en trafikolycka. Sannolikheten för uppkomst av våldsam kollision som kan föranleda lasten att detonera till följd av starka påkänningar i samband med en urspårning bedöms som mycket låg. Mot bakgrund av den ringa information som finns tillgänglig utgår beräkningarna konservativt från att sannolikheten för detonation givet starka påkänningar är lika stor som för att en brand sprider sig till lasten i samband med urspårningsolycka, d.v.s. ca 1,1 %.

Figur A.1 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av explosiva ämnen som redovisar de förutsättningar som krävs för att en massexplosion ska antas inträffa. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.8.



Figur A.1. Händelseträd olycka med transport av explosiva ämnen.

Tabell A.8. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen. **Prognosår 2040.**

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med explosivämne (klass 1)	9,4E-08
Järnvägsolycka utan brand	9,4E-08
Järnvägsolycka med brand	4,8E-10
Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)	
500 kg	7,1E-10
- P.g.a. starka påkänningar	7,1E-10
- P.g.a. tågbrand	9,1E-13
2 000 kg	1,2E-10
- P.g.a. starka påkänningar	1,2E-10
- P.g.a. tågbrand	1,5E-13
25 000 kg	4,2E-12
- P.g.a. starka påkänningar	4,2E-12
- P.g.a. tågbrand	5,3E-15

3.3.3 Klass 2 – Gaser

Allmänt

Gaser (klass 2) delas in i följande undergrupper:

- brännbara gaser (klass 2.1)
- icke giftiga och icke brännbara gaser (klass 2.2)
- giftiga icke brännbara gaser (klass 2.3)

Studerad statistik från Trafikanalys /4/ redovisar ej fördelningen mellan undergrupperna. Undergrupperna redovisas heller inte i tidigare kartläggningar /11, 14, 15/.

Från tidigare kartläggning av transporter av gaser i klass 2 på järnvägen /11/ är fördelningen av gaser på Västra stambanan och Jönköpingsbanan ca 96 % brännbara gaser, 2 % icke giftiga och icke brännbara gaser respektive 2 % giftiga gaser. Gaser ur klass 2.2 utgör sådana gaser som normalt inte orsakar personskador vid utsläpp mer än i det direkta närområdet. Därför beaktas inte transporter av dessa gaser i riskanalysen.

Sannolikheten för läckage av farligt gods till följd av järnvägsolycka varierar beroende på om godset transporteras i en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. 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 /9/. För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 %.

/14/ Risk-, buller-, och vibrationsutredning för kvarteret Trym och del av Kyrerör 1:1. Sweco daterad 2009-12-22

/15/ Strandvägen Jönköping – Fördjupad riskanalys avseende transporter av farligt gods. Briab – Brand och Riskingenjörerna AB. 2018-01-25, version 3.

Observera att det i /9/ 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 /9/ 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.
- *Gasmolnsexplosion*: 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 /16/:

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

Enligt *VROM – Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book" /17/* kan vidare fördelningen mellan gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion givet en fördröjd antändning ansättas till 60 respektive 40 %.

/16/ Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993

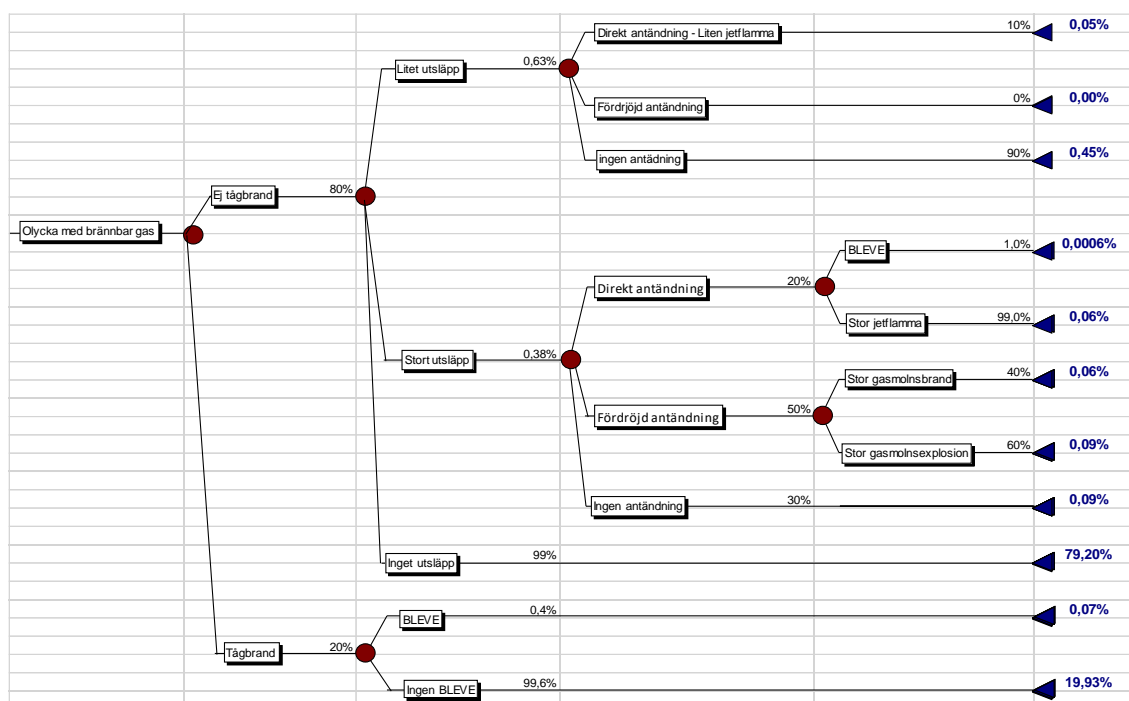
/17/ Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book". Ministerie van Verkeer en Waterstaat (VROM), Nederländerna, 2005

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 3.2 (se tabell A.4).

Figur A.2 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brännbara gaser som redovisar de förutsättningar som krävs för att olika skadescenarier ska antas inträffa. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.9.



Figur A.2. Händelsetråd olycka med transport av brännbara gaser.

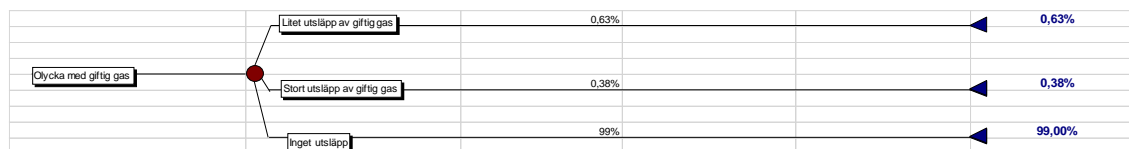
Tabell A.9. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brännbara gaser. **Prognosår 2040.**

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 2.1	3,6E-04
Urspårning	2,8E-04
Tågbrand	8,1E-05
Direkt antändning av litet utsläpp - jetflamma	1,8E-07
Fördröjd antändning av litet utsläpp	0,0E+00
Direkt antändning av stort utsläpp - jetflamma	2,2E-07
Fördröjd antändning av stort utsläpp	5,4E-07
-Stor gasmolnsbrand	2,2E-07
-stor gasmolnsexplosion	3,3E-07
BLEVE	2,7E-07
-pga jetflamma	2,2E-09
-pga brand i godsvagn	2,7E-07

Klass 2.3. Giftiga gaser

För giftiga gaser studeras följande scenarier beroende av läckagestorlek: litet, medelstort respektive stort utsläpp enligt fördelningen ovan.

Figur A.3 redovisar händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av giftiga gaser. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.10.



Figur A.3. Händelsetråd olycka med transport av giftig gas.

Tabell A.10. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av giftiga gaser. **Prognosår 2040.**

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 2.3	7,5E-06
Litet utsläpp giftig gas	4,7E-08
Stort utsläpp giftig gas	2,8E-08

3.3.4 Klass 3 – Brännbara vätskor

Brandfarliga vätskor (klass 3) transporteras normalt i tunnväggiga tankar. Detta medför en högre sannolikhet för läckage till följd av en järnvägsolycka jämfört med vid en olycka med gastransporter som transporteras i tjockväggiga vagnar, se avsnitt 3.3.3 ovan.

För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 % /9/.

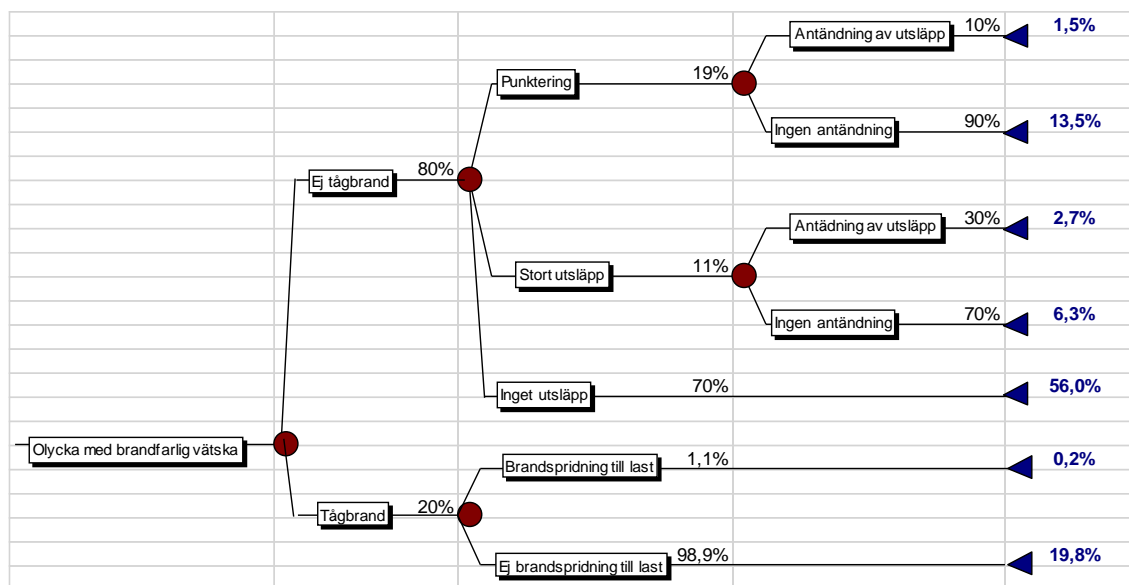
I /9/ anges en fördelning mellan olika utsläppsstorlekar för järnvägstankar givet utsläpp: litet (62,5 %); medelstort (20,8 %); stort utsläpp (16,7 %).

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 19 % respektive ca 11 %.

Sannolikheten för att ett litet (punktering) respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg skall antändas är 10 % och 30 % /9/.

Omfattande brand kan även uppstå om en tågbrand sprider sig till lasten vid en olycka med brandfarliga vätskor. Med hänsyn till gällande regler enligt RID-S förutsätts att tågbranden är så omfattande att större delar av tanken påverkas under en längre tid samtidigt som tanken skadas så mycket att det sker ett utsläpp för att branden ska antas antända den brandfarliga vätskan. Skada på tank bedöms enligt ovan uppstå i 30 % av fallen medan sannolikheten för en mycket stor brand är ca 3,7 % enligt avsnitt 3.2 (se tabell A.4). Sannolikheten för att brand uppstår i samband med en urspårningsolycka som föranleder att vagnen skadas så att branden sprider sig till lasten bedöms då till ca 1,1 % (30 % x 3,7 %).

Figur A.4 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brandfarlig vätska. Frekvensen för olika utsläppsscenarier har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.11.



Figur A.4. Händelsetråd olycka med transport av brandfarlig vätska (klass 3).

Tabell A.11. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brandfarlig vätska. **Prognosår 2040.**

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 3	4,0E-04
Urspårning	3,1E-04
Tågbrand	8,9E-05
Liten pölbrand	6,0E-06
Stor pölbrand	1,1E-05
Godsvagnsbrand	8,8E-07

3.3.5 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Olyckor med oxiderande ämnen (klass 5.1) och organiska peroxider (klass 5.2) brukar vanligtvis inte leda till personskador. Om det blir involverat i en brand kommer dock brandens intensitet att öka. Vissa oxiderande ämnen kan även ge explosionsartade brandförlopp eller våldsamma reaktioner tillsammans med något bränsle, eller själva sönderfalla våldsamt om de hettas upp.

Ämnen ur klass 5 som i ren form kan sönderfalla explosivt utan blandning med något bränsle utgörs enligt /18/ av ammoniumdikromat, ammoniumnitrat, ammoniumperklorat samt väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid. Dessa ämnen och föreningar är termiskt stabila upp till relativt höga temperaturer, vilket innebär att ett explosivt sönderfall vid en transportolycka med dessa ämnen främst kan inträffa som följd av en brand. Ett explosionsscenario med dessa ämnen utan blandning av bränsle har en explosionslast som är ca 20-30 % av massexplosion med motsvarande mängd trotyl.

Vidare finns det ett flertal ämnen ur klass 5 (bl.a. ammoniumnitrat, väteperoxider och vattenlösningar med över 60 % väteperoxid) som om de blandas med bränsle räknas som massexplosiva ämnen. Ett explosionsscenario med dessa ämnen med blandning av bränsle har en explosionslast som är 70-100 % av massexplosion med motsvarande mängd trotyl.

Enligt regelverket RID-S /10/ är det inte tillåtet att transportera ej stabiliserade (d.v.s. utan flegmatiseringsmedel) väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid på järnväg. Andelen av de organiska peroxiderna på järnvägen som bedöms kunna självantända explosionsartat vid brand eller vid kontakt med organiskt material antas därför vara mycket begränsad. Utifrån den nationella statistiken från Trafikanalys utgör dock organiska peroxider en liten andel (< 5 %) av de totala transportmängderna av klass 5.

En stor del av den transporterade mängden klass 5-varor som är förknippade med explosionspotential efter förorening är ammoniumnitrat, som utgör ett fast oxiderande ämne (nyttjas vid framställning av sprängämne/emulsionsmatris samt konstgödsel). I utredningen ansätts samtliga klass 5-varor utgöras av ammoniumnitrat.

Enligt regelverket RID-S /10/ är det dock inte tillåtet att transportera ammoniumnitrat med mer än 0,2 % av brännbara ämnen (inklusive alla organiska ämnen som kolekvivalent) utom när det utgör beståndsdel i ett ämne eller föremål i klass 1 (explosiva ämnen).

I de allmänna råden till Sprängämnesinspektionens föreskrifter (SÄIFS 1995:6) om hantering av ammoniumnitrat tydliggörs följande:

Ammoniumnitrat kan under vissa omständigheter detonera men ett brandförlopp tillsammans med brännbara material ligger närmare till hands. Där man med någorlunda säkerhet kunnat fastställa detonationsorsak har förorening, temperaturökning och inneslutning samverkat. Nämnade faktorer har inte var för sig, vid försök, kunnat åstadkomma detonation.

I de fortsatta beräkningarna antas det konservativt att 100 % av den totala mängden klass 5 som transporteras på järnvägen utgör ämnen som kan självantända explosionsartat vid brand eller vid förorening med brännbart material.

Detonation p.g.a. tågbrand: Frekvensen för en tågbrand i en godsvagn med klass 5 utgår från tabell A.6. Det finns detaljerade regler för hur oxiderande ämnen och organiska peroxider skall förpackas och hanteras vid transport /10/, vilket innebär en begränsad sannolikhet för att en tågbrand ska påverka godset i sådan omfattning att det detonerar.

Oxiderande ämnen och organiska peroxider transporteras i tunnväggiga vagnar. Skada på en godsvagn med klass 5 bedöms motsvara den sammanlagda sannolikheten för utsläpp för tunnväggiga vagnar, d.v.s. 30 % /9/. Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca 3,7 % enligt avsnitt 2.2 (se tabell A.3). Förutsatt denna situation med skada på godsvagn och mycket stor brand antas sannolikheten för brandspridning till lasten vara 100 %. Sannolikheten för att brand som föranleder att vagnen skadas så att branden sprider sig till lasten bedöms då till ca 1,1 % (30 % x 3,7 %).

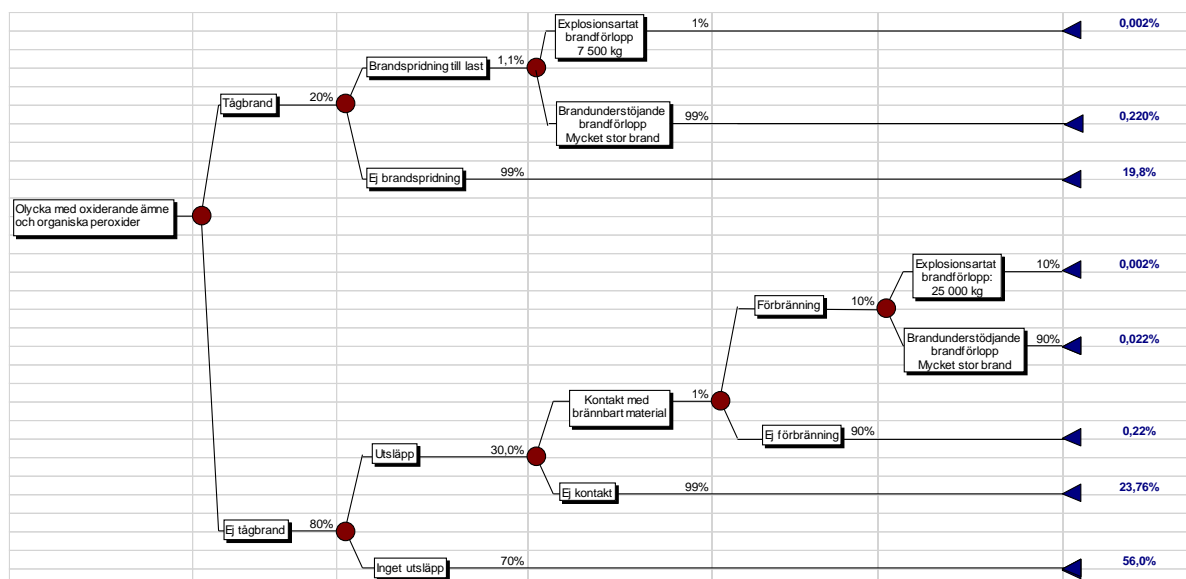
Med hänsyn till gällande regler så bedöms dock sannolikheten för att tågbranden leder till ett explosionsartat brandförlopp vara begränsad, uppskattningsvis högst 1 %. I övriga fall där branden sprider sig till lasten antas det utläckta godset fungera brandunderstödjande så att brandförloppet motsvarar en mycket stor brand.

Detonation p.g.a. förorening av brännbart material: Enligt ovan är sannolikheten för utsläpp 30 % (25 + 5 %). Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska förorenas med brännbart material bedöms som låg, 1 % (i princip krävs att en tank med brännbar vätska skadas i närheten för att risk för omfattande förorening och blandning föreligger). Vidare bedöms att sannolikheten för förbränning av blandningen givet förorening och blandning vara högst 10 %. Förbränningen antas kunna leda till explosionsartade brandförlopp alternativt till en kraftig brand där det utläckta godset fungerar brandunderstödjande. Sannolikheten för att förbränningen leder till explosionsartat brandförlopp uppskattas till högst 10 % och i övriga fall antas det utläckta godset fungera brandunderstödjande så att brandförloppet motsvarar en mycket stor brand. Det råder stora osäkerheter kring den explosiva blandning som kan bildas till följd av ett utsläpp av oxiderande ämnen eller organiska peroxider som förorenas med brännbart material. Hur stor den explosiva blandningen blir är beroende på utsläppsmängden oxiderande ämne samt tillgången till brännbart material. I den riskanalys som togs fram för Fördjupad översiktsplan för Göteborg 1996 /19/ angavs att den explosiva blandning som kan bildas vid ett utsläpp av klass 5 på järnväg motsvarar en explosiv blandning med 25 ton trotyl. Detta scenario utgår från antagandet att vagnen med oxiderande ämnen kolliderar med en vagn med brandfarlig vätska (klass 3) som blandas med utsläppet. Mängden massexplisiv vara motsvarar den mängd ideal blandning som då kan uppkomma. Blandningen antas motsvara 100 % mängd ekvivalent TNT (trotyl).

Enligt ovan kan explosion även inträffa till följd av tågbrand utan blandning av bränsle. Explosionslasten antas då motsvara 30 % ekvivalent mängd trotyl, d.v.s. givet en transportmängd på 25 ton så motsvarar explosionslasten ca 7,5 ton ekvivalent TNT (trotyl).

Figur A.5 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider. Frekvensen för olika utsläppsscenarier har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.12.

/19/ Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, 1996



Figur A.5. Händelsetråd olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Tabell A.12. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med oxiderande ämne (klass 5)	1,6E-04
Järnvägsolycka utan brand	1,2E-04
Järnvägsolycka med brand	3,5E-05
Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarande 7 500 kg ekvivalent trotyl)	3,4E-09
Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarande 25 000 kg ekvivalent trotyl)	3,7E-09
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande godsvagnsbrand med klass 3)	3,7E-07
- P.g.a. tågbrand	3,4E-07
- P.g.a. förening av brännbart material	3,3E-08

Bilaga B - Konsekvensberäkningar

Uppdragsnamn		
Trym, Falköpings kommun		
Uppdragsgivare	Uppdragsnummer	Datum
Falköpings kommun	505263	2022-04-14
Handläggare	Egenkontroll	Internkontroll
Felicia Klint	FKt 2022-04-12	EHM 2022-04-13

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:

Västra stambanan och Jönköpingsbanan

- Scenario 1. Urspårning
- Scenario 2. Brand i godståg
- Scenario 3. Olycka med farligt gods
 - Klass 1.1. Massexplösiva ämnen
 - Klass 2.1. Brännbara gaser
 - Klass 2.3. Giftiga gaser
 - Klass 3. Brandfarliga vätskor
 - Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

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

I riskanalysen används riskmåten **individrisk** och **samhällsrisk**. Med hänsyn till detta består konsekvensberäkningarna av beräkning av skadeavstånd/-område (avsnitt 3) respektive beräkning/bedömning av antal omkomna till följd av respektive olycksrisk (avsnitt 4).

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:

- 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 järnvägsbanorna. 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 vitt i figur B.1.



Figur B.1. Översiktsbild över Trym där området för planerad bebyggelse inom Trym. Blå markering visar ungefärligt maximalt konsekvensområde för olycka på Västra stambana och Jönköpingsbanan, ca 300 meter.

2.2 Trym Falköpings kommun

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. Motsvarande värde för kontor är 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, vilket kan omräknas till 1 person per ca 20-30 m² bostadsyta.

2.2.2 Nollalternativ

Den planerade bebyggelsen förläggs på ett område som idag utgörs av delvis obebyggda ytor men det finns även befintlig bebyggelse. Den befintliga bebyggelsen utgörs av kontor och idrottsverksamhet där personer befinner sig dagtid. Det kan även förväntas finnas personer utomhus som är i rörelse i det aktuella planområdet.

Markytan för planområdet motsvarar ca 15 000 m². Befintlig bebyggelse bedöms, utifrån byggnadsarea och våningsantal, uppgå till 7 500 m². Vid ett värsta tänkbart scenario kan man förvänta sig att 0,0025 personer per m² befinner sig utomhus och 0,1 personer per m² inomhus som motsvarar persontätheten för kontorsverksamhet. Detta motsvarar således 775 personer i området vid maximalt personantal varav 736 personer inomhus och 39 personer utomhus.

Eftersom befintlig bebyggelse utgörs av verksamheter kan det under nattetid förväntas att enbart någon enstaka person förekommer inom lokalerna.

2.2.3 Planalternativ

Syftet med detaljplanen är att utreda lokalisering av centrum, verksamheter samt bostäder inom Trym Falköpings kommun. Persontätheterna nedan är konservativt antaget för att öka flexibiliteten av personantalet inom aktuellt planområde.

Det beräknas som mest förekomma bostäder om cirka 15 800 m² BTA, vilket omfattar cirka 160 bostäder. Bostadshusen planeras att upplåtas i upp till 8 våningsplan där det kan förekomma verksamheter samt vård i markplan på totalt 2 700 m² BTA. Inom området planeras det även byggas centrum, idrottsverksamhet samt övriga verksamheter.

Utöver planering av bostadshus planeras även nybyggnation av skolor och centrumverksamhet motsvarande en BTA om ca 13 900 m².

Med en persontäthet inom centrum motsvarande dimensionerande värden enligt BBR (se avsnitt 2.2.1) skulle detta kunna innebära sammanlagt ca 1 220 personer inom centrum, idrottsverksamheter samt vård vilket baser på 0,1 personer per m² lokalyta för kontor och 0,5 personer per m² lokalyta för centrum och publika utrymmen.

Inom flerbostadshus uppskattas en maximal persontäthet på ca 0,033 personer per m² BTA, enligt avsnitt 2.2.1. Detta motsvarar sammanlagt ca 430 personer inom bostäder vid full belastning.

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

Persontätheten inom övriga verksamheter bedöms vara samma som för kontor, vilket motsvarar 0,067 personer per m². Inom verksamheterna kan det därmed förekomma cirka 308 personer vid full belastning.

2.3 Kringliggande bebyggelse

Enligt avsnitt 2.1 studeras ett område med ca 300 meters radie kring järnvägen, vilket motsvarar det maximala skadeområdet för aktuella skadescenarier, se markering i figur B.1.

Väster om järnvägen

Väst om Västra stambanan och Jönköpingsbanan finns idag grönområden samt bostäder. Det pågår ett detaljplanearbete för Hattmurklan 1 /2/ som ligger inom skadeområdet i norr. I riskanalysen för Hattmurklan 1 uppskattad det förekomma cirka 770 personer inom 200 meter från spårområdet. Vidare beskrivs det i riskanalysen att eftersom det främst förekommer bostäder kommer personantalet att vara som störst på natten då 90 % bedöms vara hemma och cirka 1 % av personantalet antas vara utomhus.

Öster om Järnvägen

Inom skadeområdet på den östra delen av järnvägen ligger till stor del aktuellt planområde, se figur B.1.

Söder om planområdet ligger handelsverksamheter. Det uppskattas mycket grovt att högst 300 personer vistas butikerna runt planområdet. Varav 10% av dessa vistas utomhus. Under nattetid vistas enbart 10 % inom skadeområde vilket motsvarar 15 personer.

Öster om aktuellt planområde ligger bostäder. Bostäderna utgörs av flerfamiljshus i två plan samt enfamiljshus. Det antas grovt, utifrån antal bostadshus, att det bor runt 100-150 personer inom skadeområdet på den västra sidan om planområdet. Bostäderna ligger cirka 200 meter från järnvägsspåren.

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 50 % beläggning inom centrum och verksamheter respektive bostadshus m.m. inom planområdena och i omgivningen.

Öster och väster om järnvägsspåren antas ca 10 % vistas utomhus och antas persontätheten utomhus vara ca 0,0025 pers/m².

1.2 Nattetid (kl 22-08) – i huvudsak personer inom bostadsbebyggelse.

100 % beläggning inom bostadshus och 0 % inom övrig bebyggelse, detta gäller

både öster och väster om järnvägen.

Både öster och väster om järnvägen antas ca 10 % vistas utomhus.

- 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.
 Väster om järnvägen antas personantalet till 770 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, öster respektive väster om Västra stambanan och Jönköpingsbanan.

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
Planområde						
<i>Inomhus</i>	742	430	1785	358	0	736
<i>Utomhus</i>	107	3	198	40	2	39
Kringliggande områden öster om järnvägen						
<i>Inomhus</i>	346	770	693	346	770	693
<i>Utomhus</i>	38	77	77	38	77	77
Kringliggande områden väster om järnvägen						
<i>Inomhus</i>	68	150	135	68	150	135
<i>Utomhus</i>	23	0	15	23	0	15
Totalt	1 325	1 429	2 903	872	999	1 695
<i>Inomhus</i>	1 156	1 350	2 613	772	920	1 564
<i>Utomhus</i>	168	79	290	101	79	131

3. Beräkning av skadeavstånd/-områden

3.1 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, se bilaga A.

Med hänsyn till gällande hastighetsbegränsningar på den aktuella järnvägssträckan (250 km/h för persontåg och 160 km/h för godståg) beräknas det maximala vinkelräta avståndet från spåret som vagnen kan hamna till ca 21 meter vid urspårning med persontåg och ca 16 meter vid urspårning med godståg.

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 som minst 34 meter från närmaste spårmittpunkt.

Konsekvensberäkningarna 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 persontåg (hastighetsbegränsning 250 km/h)
 - Dimensionerande scenario, medel: skadeavstånd <8 meter
 - Dimensionerande scenario, max: skadeavstånd 8-21 meter
 - Worst case scenario: skadeavstånd 30 meter (1 % av frekvens för dim. scenario, max)
- Urspårning godståg (hastighetsbegränsning 160 km/h)
 - Dimensionerande scenario, medel: skadeavstånd < 6 meter
 - Dimensionerande scenario, max: skadeavstånd 6-20 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 780 meter vid urspårning med persontåg respektive 160 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.

Eftersom planområdet ligger cirka 30 meter från närmsta järnvägsspår bedöms personer inom aktuellt planområde inte påverkas av ett urspårat tåg.

3.2 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 /3/.

Flamhöjd (H_f) – Flamhöjden (m) kan beräknas som funktion av brandeffekten och pöldiametern (D) enligt följande ekvation /4/:

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

Ovanstående förhållande mellan brandeffekt och pölarea innebär att flamhöjden grovt kan uppskattas till $H_f = D / 3$.

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 /5/:

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

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 /6/: $F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$

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

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

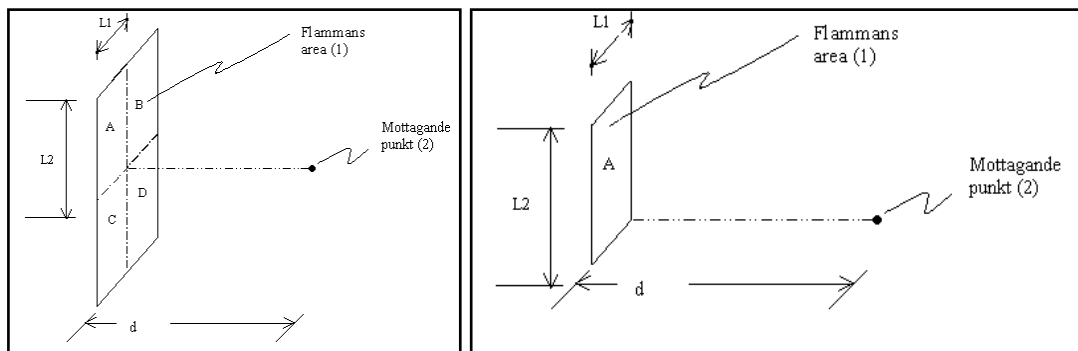
$\theta_1 = \theta_2 =$ infallande vinkel (d.v.s. 0) och $A_1 = L_1 \times L_2$ enligt figur B.3.

/3/ Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005

/4/ Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000

/5/ Radiation from large pool fires, Journal of Fire Protection Engineering, 1 (4), pp 141-150, Shokri & Beyler, 1989

/6/ An Introduction to Fire Dynamics – second edition, Drysdale, University of Edinburgh, UK 1999



Figur B.2. Synfaktor.

Ovanstående ekvation kan omvandlas till följande ekvation för beräkning av respektive ytas (A, B, C och D) synfaktor /7/:

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

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

Infallande strålning (I) – Den från branden infallande värmestrålningen (kW/m²) som når omgivningen minskar med avståndet från branden och beräknas genom: $I = F \times I_0$

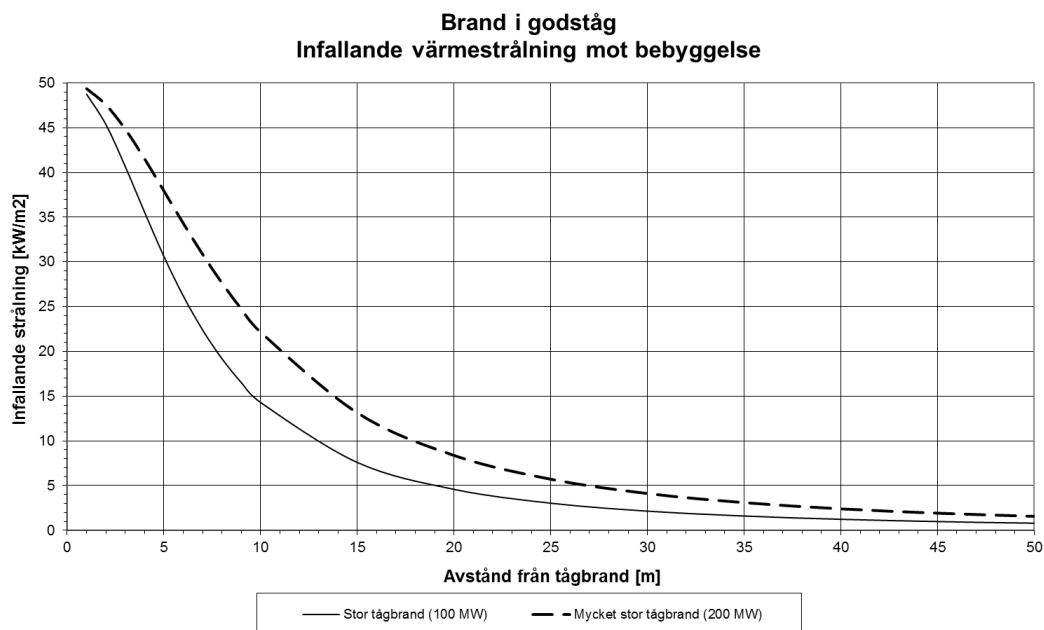
Med hjälp av ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flamhöjden för de olika scenarierna beräknats (se tabell B.2).

/7/ Thermal Radiation Heat Transfer, 3rd ed., Seigel & Howell, USA 1992

Tabell B.2. 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)
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.3. 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 flammen 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/m² för samtliga brandscenarier.



Figur B.3. 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 /3, 8/.

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 värmestrålningen ansätts till 15 kW/m² om inga byggnadstekniska åtgärder beaktas, vilket motsvarar det kriterium som anges i BBRAD 3 /9/ 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 värmestrålning 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

/8/ Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – metoder för bedömning av risker, FOA, september 1997

/9/ 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

3.3 Olycka med farligt gods

3.3.1 Klass 1. Explosiva ämnen

Metodik

Enligt bilaga A begränsas den detaljerade riskanalysen till att studera explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 då det endast bedöms vara dessa olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom kringliggande områden utmed järnvägen.

Utifrån den uppdelning som redovisas i bilaga A kommer konsekvensberäkningarna att omfatta följande skadescenarier avseende olycka på järnväg:

- 500 kg ekvivalent TNT (trotyl)
- 2 000 kg ekvivalent TNT (trotyl)
- 25 000 kg ekvivalent TNT (trotyl)

Konsekvensberäkningarna följer den metodik som anges i MSB:s rapport *Luftstötstång /10/*. Risken för att byggnadsdelar eller hela byggnader rasar till följd av en explosion beror på huruvida explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) överstiger en byggnadsdels karaktäristiska tryck (P_C) och impuls (I_C). För att byggnadsdelen ej ska rasa så ska följande ekvation uppfyllas:

$$I_C / I_+ + P_C / P_+ \geq 1$$

Konsekvensberäkningarna utgår från beräkningar av maximalt övertryck (P_+), impulstäthet (I_+) samt varaktighet (t_+) för de studerade explosionsscenarierna. I figur B.4 och figur B.5 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av $1,8 \cdot X$ kg i fri luft.

/10/ Luftstötstång, Morgan Johansson (Reinertsen Sverige AB), MSB, senast reviderad 2012

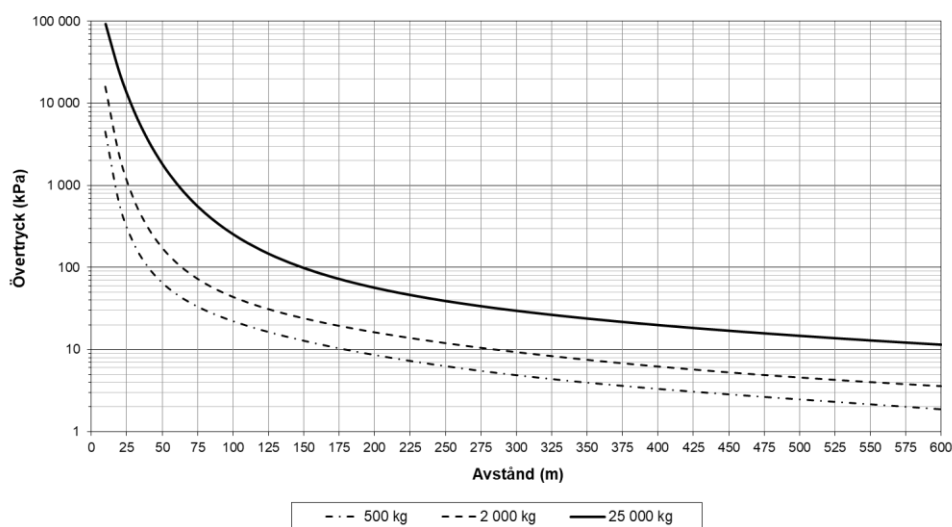
För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

Då människor är relativt små bedöms inget reflekterande tryck uppstå vilket innebär att man vid bedömning av skadeområdet för konsekvenser utomhus studerar strykande tryck (180°).

Explosionens varaktighet t_+ beräknas grovt enligt följande ekvation och blir samma oavsett infallande vinkel /10/:

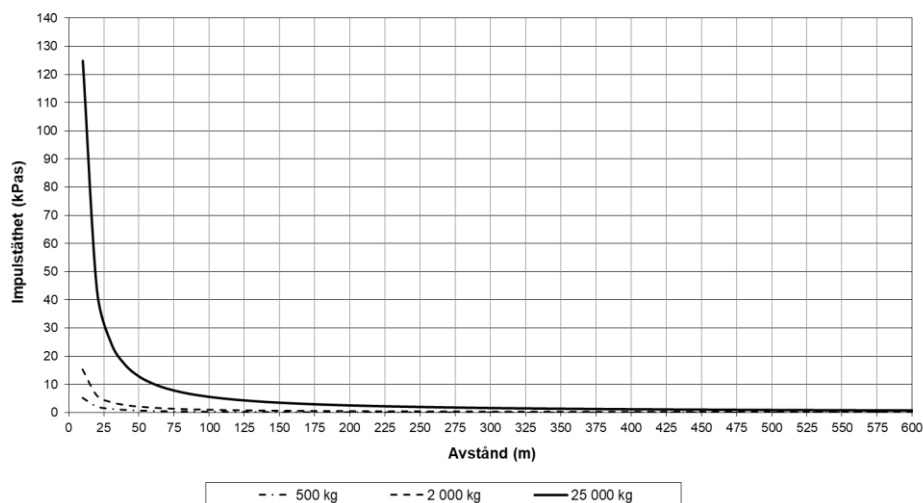
$$t_+ = \frac{2 \times I_+}{P_+}$$

Max övertryck vid detonation klass 1.1



Figur B.4. Max övertryck som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

Impulstäthet vid detonation klass 1.1



Figur B.5. Impulstäthet som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

Bedömningskriterier

Inomhus: Enligt ovan beror konsekvenserna inomhus på explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) i förhållande till byggnadsdelarnas karakteristiska tryck (P_c) och impuls (I_c), se ekvationen i avsnitt Metodik. I tabell B.5 anges karakteristiska tryck (P_c) respektive impulstäthet (I_c) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärighet /8/.

Tabell B.5. Karakteristiska tryck (P_c) respektive impuls (I_c) för olika byggnadsdelar.

Byggnadsdel	P_c (kPa)	I_c (kPas)
Bärande konstruktioner		
<i>Stomme i platsgjuten betong</i>		
- Bärande ytterväggar av 20 cm betong (och invändiga pelare)	200	2,5
- Bärande tvärväggar och utfackade längsgående ytterväggar	200	2,5
<i>Stomme i monterad betong</i>		
- Pelar/balk-stomme	200	3,1
- Bärande väggar i elementhus	200	3,1
Icke bärande konstruktioner		
- Lätta utfackningsväggar (plåtkassetter) i pelarhus	5	0,5
- Medeltunga utfackningsväggar (regelstomme & fasadtegelskal)	5	1,0

Personer som vistas inomhus kan även omkomma till följd av krossade fönster.

Motståndsförmågan är beroende av glasrutornas storlek, sidoförhållanden och tjocklek samt hur glasrutorna är inspända. Enligt uppgifter som sammanställs i /8/ krossas 1 % fönsterrutor i bebyggelse vid ett infallande tryck på 1 kPa, 10 % vid ca 3 kPa respektive 50 % vid ca 10 kPa.

Sannolikheten för att omkomma inomhus är beroende av antalet våningsplan i byggnaden och ökar med ökande våningsantal. I konsekvensberäkningarna kommer det uppskattas grovt att ca 80 % av personer som vistas inom totalkollapsade byggnadsdelar omkommer. Inom byggnadsdelar som endast rasar lokalt eller där fönster och glaspartier krossas antas ca 5-15 % omkomma.

Utomhus: En människa tål tryck relativt bra och riskerar i huvudsak att förolyckas p.g.a. kringflygande föremål eller att de trillar omkull av tryckvågen. Med avseende på tryck så går gränsen för dödliga skador vid /8/:

- 1 % omkomna 180 kPa • 90 % omkomna 300 kPa
- 10 % omkomna 210 kPa • 99 % omkomna 350 kPa
- 50 % omkomna 260 kPa

Sannolikheten för att omkomma utomhus bedöms vara beroende av explosionslastens storlek. För de beräknade skadeavstånden som redovisas i avsnittet nedan uppskattas innebära följande sannolikhet för att omkomma:

- 500 kg ekvivalent TNT (trotyl): 10 %
- 2 000 kg ekvivalent TNT (trotyl): 50 %
- 25 000 kg ekvivalent TNT (trotyl): 100 %

Resultat

Utifrån beräkningarna av övertryck, impulstäthet och varaktighet bedöms huruvida olika byggnadsdelar rasar eller ej, som funktion av avståndet. Denna bedömning har resulterat i skadeavstånd för respektive skadescenario. I tabell B.6 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario.

Byggnadsdelarna har delats upp på bärande byggnadsdelar och icke bärande lätta respektive medeltunga byggnadsdelar. De infallande tryck som redovisas i figur B.5 gäller för en punkt (byggnad eller människa) som är helt oskyddad mot riskkällan. Den första byggnaden reducerar med stor sannolikhet det infallande trycket mot bakomliggande byggnader relativt mycket. Det uppskattas grovt att den första byggnaden medför att trycket och impulstätheten mot nästföljande byggnad reduceras med upp till 75 % i förhållande till vad som anges i figur B.5 respektive figur B.6. I tabell B.6 redovisas skadeavstånden för dels icke skyddad bebyggelse och dels skyddad bebyggelse.

Tabell B.6. Beräknade konsekvenser – skadeområden för byggnadsras (helt eller delvis) samt för oskyddade personer utomhus, vid massexplosion.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		Oskyddad bebyggelse	Skyddad bebyggelse
500 kg massexplosion	80 % inomhus	20	20
	15 % inomhus	80	50
	10 % utomhus	30	30
2 000 kg massexplosion	80 % inomhus	35	35
	15 % inomhus	175	100
	50 % utomhus	50	50
25 000 kg massexplosion	80 % inomhus	90	60
	15 % inomhus	600	200
	100 % utomhus	100	70

3.3.2 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 **Gasol** för att avgöra storleken på de områden inom vilka personer kan förväntas omkomma.

Avseende olycka på järnväg har utsläppssimuleringarna utförts för en tankvagn med total mängd ca 40 ton tryckkondenserad gas. Hur stora mängder brännbar gas som transporteras på järnvägen har inte hittats och mängd transporterad gas utgår därmed från generell statistik.

Nedan redovisas den indata som anges i **Gasol** med avseende på tankutformning, väder etc.:

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck vid 15°C
- Luftryck: 760 mmHg
- Väder: 15°C, 50 % relativ fuktighet, dag och klart
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)
- Tankdiameter: 2,5 m
- Tanklängd: 19 m
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Tankens tomma vikt: 50 000 kg
- Designtryck: 15 bar övertryck
- Bristningstryck: 4 x designtrycket

Avseende olycka på järnväg har skadescenarierna jetflamma respektive gasmolnsexplosion simulerats för följande utsläppsstorlekar /11/:

- Litet utsläpp: 0,09 kg/s
- Stort utsläpp: 11,7 kg/s

Skadeområdena för jetflamma och gasmolnsexplosion 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.

Gasmolnsexplosioner är mycket 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 gasmolnsexplosion är dessutom beroende av vindstyrkan, där gasmolnets storlek och potentiella skadeområde blir större ju lägre vindstyrka. Även här antas det konservativt en relativt låg vindstyrka, ca 3 m/s.

För stor gasmolnsexplosion samt BLEVE har utsläppssimuleringarna med **Gasol** kompletterats med beräkningar och bedömningar av belastning och respons vid detonation motsvarande olycka med explosiva ämnen (se avsnitt 3.3.1). Enligt en konsekvensbedömning med avseende på explosion som har upprättats som underlag för ny detaljplan för Hornsbergskvarteren på Norra Kungsholmen /12/ uppskattas explosionslasten som kan uppkomma vid en BLEVE motsvara en explosion med mindre än 100 kg ekvivalent TNT. Det antas mycket grovt i denna riskanalys att explosionslasten vid stor gasmolnsexplosion motsvarar samma ekvivalenta mängd explosiva ämnen.

/11/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

/12/ Nordvästra Kungsholmen – Konsekvensbedömning med avseende på explosion, ÅF, 2016-11-18

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.

Vid gasmolnsexplosion och BLEVE kan dödliga skador dessutom uppstå till följd av tryckpåverkan på motsvarande sätt som vid olycka med explosiva ämnen, se avsnitt 3.1.2.

Utomhus: I tabell B.6 redovisas skadeområden där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a-3:e gradens brännskada. Enligt /8/ är sannolikheten att omkomma vid 2:a gradens brännskador ca 15 %. Det uppskattas grovt att motsvarande för de som får 2a-3:e gradens brännskada är ca 50 %. I riskberäkningarna uppskattas det grovt att ca 50-100 % av de människor som vistas inom beräknade skadeområden enligt tabell B.6 riskerar att omkomma.

För gasmolnsexplosion och BLEVE som inträffar utomhus i det fria bedöms skador till följd av tryckpåverkan inte leda till ett utökat skadeområde eller högre sannolikhet att omkomma. Övertrycket i sig bedöms inte medföra skador på människor utomhus förutom i olyckans direkta närhet.

Inomhus: För jetflamma och gasmolnsbrand bedöms sannolikheten att omkomma inomhus utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. För byggnad som kommer i direkt kontakt med flamutbredningen kan glaspartier förväntas brista och brandspridning in i byggnad uppkomma. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändig brand sprids in i byggnaden. Majoriteten av människorna inomhus bedöms ha goda möjligheter att hinna försätta sig själva i säkerhet, medan en mindre andel av människorna inom berörda lokaler direkt innanför fasad bedöms kunna omkomma. Mycket grovt uppskattas det att 1 % av de personer som befinner sig inomhus inom skadezonen omkommer.

För gasmolnsexplosion och BLEVE bedöms sannolikheten för brandspridning till byggnader vara låg med hänsyn till kortvariga brandförlopp. Förväntade explosionslaster för gasmolnsexplosion och BLEVE bedöms inte hota byggnadens globala bärighet (ingen risk för fortskridande ras eller kollaps). Skador på byggnader begränsas generellt till ytliga skador även om små sprickor har uppträtt i metallkonstruktioner /13/. Däremot kan fönsterrutor och glaspartier förväntas förlora sin integritet. Enligt uppgifter som sammanställs i /8/ krossas 1 % fönsterrutor i bebyggelse vid ett infallande tryck på 1 kPa, 10 % vid ca 3 kPa respektive 50 % vid ca 10 kPa.

För stor gasmolnsexplosion och BLEVE uppskattas sannolikheten att omkomma inomhus vara något högre närmast olycksplatsen med hänsyn till risken för att fönster och glaspartier krossas p.g.a. tryckpåverkan. Enligt bedömningskriterierna för olycka med explosiva ämnen i avsnitt 3.3.1 antas ca 5-15 % omkomma inom byggnadsdelar som rasar lokalt eller där fönster och glaspartier krossas. Den genomsnittliga sannolikheten att omkomma uppskattas utifrån detta grovt till 5 % inom det beräknade skadeområdet.

/13/ 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

Resultat

I tabell B.7 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 **Gasol** 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.

Vid tät bebyggelsestruktur så reducerar byggnaderna skadeavståndet och påverkan på bakomliggande byggnader relativt mycket. Det uppskattas grovt att den första byggnaden reducerar skadeavståndet (längden) för respektive scenario med ca 50-75 % i förhållande till vad som redovisas i **Gasol**. I tabell B.7 redovisas därför även skadeavstånden vid framförliggande skyddande bebyggelse. För skadescenarier med mindre skadeavstånd än avståndet till planerad bebyggelse görs ingen reducering.

Tabell B.7. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse	
		bredd	längd	bredd	längd
Liten jetflamma	1 % inomhus 50 % utomhus	6	5	6	5
Liten gasmolnexplosion	1 % inomhus 50 % utomhus	2	5	2	5
Stor jetflamma	1 % inomhus 50 % utomhus	50	45	50	45
Stor gasmolnexplosion	5 % inomhus 50 % utomhus	165	145	165	75
BLEVE	5 % inomhus 50 % utomhus	530	265	530	135

3.3.3 Klass 2.3 Giftiga Gaser

Den icke brännbara men giftiga gasen antas bestå av **tryckkondenserad klor**, som är en av de giftigaste gaserna som transporteras i större tankar på järnväg i Sverige.

Med simuleringsprogrammet **Spridning i Luft 1.2** beräknas storleken på det område där koncentrationen ammoniak respektive svaveldioxid antas vara dödlig (inomhus och utomhus). Utsläppssimuleringarna har utförts för järnvägsvagn rymmandes ca **65 ton klor**.

Nedan redovisas den indata som anges i **Spridning i Luft 1.2** med avseende på tankutformning, omgivningsstruktur och väder etc.

- Kemikalie: Klor
- Emballage: Järnvägsvagn (65 ton)
- Bebyggelse: Tät skog/ stad ($\rho = 1,0$)
- Lagringstemperatur: 15°C
- Väder: 15°C, vår, dag och klart

Följande, i **Spridning i Luft 1.2** fördefinierade, utsläppsscenarioer har simulerats för utsläpp av giftig gas:

- Litet utsläpp (packningsläckage): 0,45 kg/s
- Stort utsläpp (stor punktering): 112 kg/s

Gasernas spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. **Spridning i Luft 1.2** genererar spridningskurvor och uppskattningar av hur stor andel av befolkningen inom området som förväntas omkomma. Denna andel avtar med avståndet både i längd med och vinkelrätt mot gasmolnets riktning. Skadeområdena för ett utsläpp av giftig gas blir större ju lägre vindstyrkan är. I simuleringarna antas därför vindstyrkan vara relativt låg, ca 3 m/s.

Skadeområdet inomhus är dessutom beroende av på vilken nivå som ventilationsintag är placerade. Det antas att ventilationsintagen för samtlig bebyggelse är placerade högst 3 meter över marken.

Bedömningskriterier

Vid simulering av gasutsläpp med **Spridning i Luft 1.2** erhålls spridningskurvor samt uppskattningar på hur stor andel av befolkningen i området som förväntas omkomma beroende på avståndet till utsläppskällan. Andelen avtar med avståndet både i längd samt vinkelrätt mot utsläppets riktning.

Resultat

I tabell B.8 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. Enligt avsnitt 3.3.1 utgår beräkningarna i **Spridning i Luft 1.2** från bebyggelse med avseende på yråheten (d.v.s. möjligheten för gasmolnet att spridas). Beräkningarna avser relativt fri spridning av gas som inte tar någon hänsyn till framförliggande objekt och avskärmningar som kan reducera spridningen av gasmoln vilket i sin tur reducerar skadeavstånden. Föreslagen bebyggelsestruktur med en kraftig förtätning av bebyggelsen i direkt anslutning till riskkällan bedöms ha en avskärmade effekt som reducerar skadeavståndet (längden) för respektive scenario, åtminstone 50 % i förhållande till vad som redovisas i **Spridning i Luft 1.2**. I tabellen redovisas därför även 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 giftiga gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)							
		Oskyddad bebyggelse				Skyddad bebyggelse			
		Inomhus		Utomhus		Inomhus		Utomhus	
		bredd	längd	bredd	längd	bredd	längd	bredd	längd
Litet utsläpp (packningsläckage)	100%	0	0	4	10	0	0	4	10
	50%	0	0	20	30	0	0	20	30
	5%	4	15	30	50	4	15	30	50
Stort utsläpp (stor punktering)	100%	20	50	140	250	20	50	140	125
	50%	80	260	240	370	80	130	240	185
	5%	190	345	360	430	190	173	360	215

3.3.4 Klass 3. Brandfarliga vätskor

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.

Utformningen av spårområdet med makadam och dränering innebär att spridningen av ett vätskeutsläpp på järnväg bedöms bli relativt begränsat, även vid ett stort utsläpp, eftersom underlagets genomsläpplighet är god. I försök har det även påvisats att pölens utbredning är kraftigt beroende av underlagets utformning och lutningar /14/. Det krävs relativt små lutningar för att vätskan ska forma rännilar eller ansamlingar i lågpunkter m.m.

Med avseende på pölbrand antas det grovt att pölen har cirkulär utbredning, vilket ger en högre strålningsnivå. Scenariot godsvagnsbrand kommer att studeras utifrån motsvarande metodik, men i detta fall tas ingen hänsyn till pölens utbredning.

Konsekvensberäkningar utförs för följande skadescenarier:

- Liten pölbrand: 100 m²
- Stor pölbrand: 200 m²
- Godsvagnsbrand: Max brandeffekt ca 300 MW
(effekten motsvarar det värde som anges i /15/ för tankbilsbrand, vilket härstammar från en bedömning som baseras på den högsta brandeffekt som uppmätts vid eldning av gods i tunnel)

Beräkningsmetodiken följer den som redovisas i avsnitt 3.2.

Med hjälp av gällande samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden beräknats för de två skadescenarierna (se tabell B.10).

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

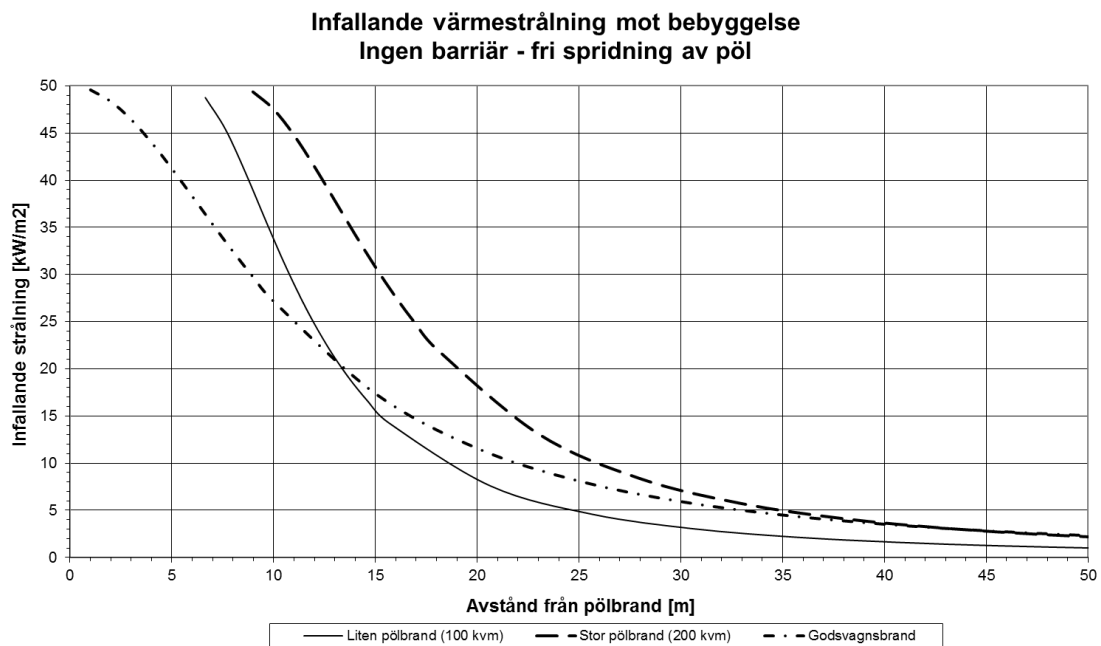
Scenario	Brinnande yta A _F (m ²)	Utvecklad effekt Q (kW)	Brandens diameter D _f (m)	Flammhöjd H _f (m)	Utfallande strålning I ₀ (kW/m ²)
Liten pölbrand	100	100 000	11,3	11,3	46,8
Stor pölbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
Godsvagnsbrand	300	300 000	19,5	19,5	40,0

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.6. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. I diagrammen beaktas även pölarnas radie (ej för godsvagnsbrand), vilket beror på att pölen kan spridas mot det studerade området.

Enligt tabell B.10 sjunker den utfallande strålningen med pölbrandens storlek. 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/m² för samtliga brandscenarier.

/14/ Konsekvenser vid tankbilsolycka med bensen i Stockholms innerstad, Stockholms brandförsvär, 1998

/15/ Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee of Road Tunnels, 1999



Figur B.6. Infallande strålning som funktion av avståndet från pölbrand respektive godsvagnsbrand.

Bedömningskriterier

Se avsnitt 3.2.

Resultat

I tabell B.10 redovisas beräknade skadeavstånd för respektive skadescenario.

Tabell B.10. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brandfarliga vätskor.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
Liten pölbrand (100 MW)	5% inomhus	15
	100% utomhus	9
	50% utomhus	15
	5% utomhus	18
Stor pölbrand (200 MW)	5% inomhus	19
	100% utomhus	13
	50% utomhus	19
	5% utomhus	25
Godsvagnsbrand (300 MW)	5% inomhus	15
	100% utomhus	7
	50% utomhus	15
	5% utomhus	22

3.3.5 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Metodik

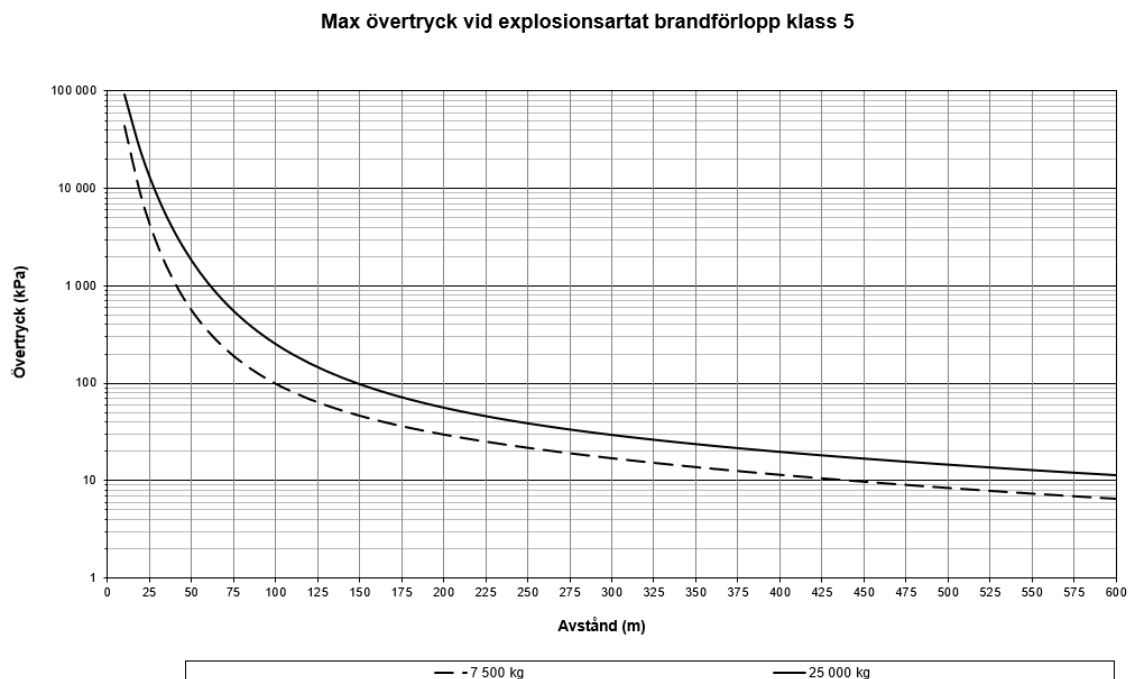
Olyckor med oxiderande ämnen (klass 5.1) och organiska peroxider (klass 5.2) brukar vanligtvis inte leda till personskador. Om det blir involverat i en brand kommer dock brandens intensitet att öka. Vissa oxiderande ämnen kan även ge explosionsartade brandförlopp eller våldsamma reaktioner tillsammans med något bränsle, eller själva sönderfalla våldsamt om de hettas upp.

Utifrån den uppdelning som redovisas i bilaga A kommer konsekvensberäkningarna att omfatta följande skadescenarier avseende olycka på järnväg:

- Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarar 30 % av 25 000 kg ekvivalent trotyl)
- Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarar 100 % av 25 000 kg ekvivalent trotyl)
- Brandunderstöjdande brandförlopp (motsvarande godsvagnsbrand med brandfarlig vätska, se avsnitt 3.3.4)

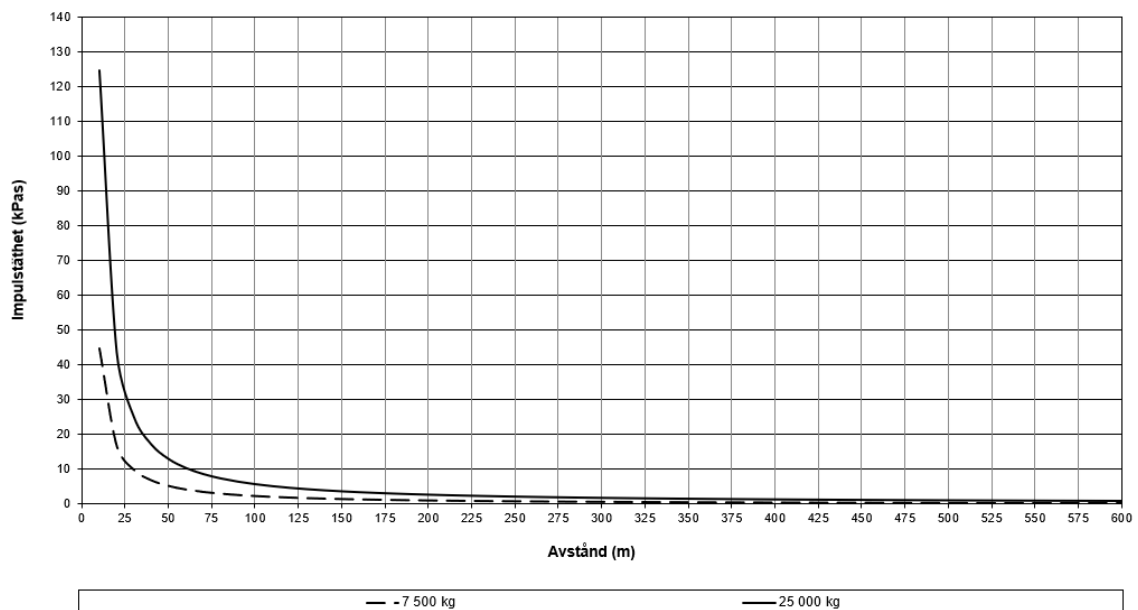
Konsekvensberäkningarna avseende explosionsartade brandförlopp följer den metodik som anges i MSB:s rapport *Luftstötstång /10/* som beskrivs i avsnitt 3.3.1.

I figur B.7 och figur B.8 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av 1,8·X kg i fri luft. För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.



Figur B.7. Max övertryck som funktion av avståndet från explosionsartat brandförlopp med klass 5 på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

Impulstäthet vid explosionsartat brandförlopp klass 5



Figur B.8. Impulstäthet som funktion av avståndet från explosionsartat brandförlopp med klass 5 på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

Konsekvensberäkningarna för brandunderstödjande brandförlopp följer den metodik som redovisas i avsnitt 3.2 samt avsnitt 3.3.4. Aktuellt scenario med brandunderstödjande brandförlopp antas motsvara en godsvagnsbrand med brandfarlig vätska (se figur B.6).

Bedömningskriterier

Se avsnitt 3.2 respektive avsnitt 3.3.1.

Resultat

I tabell B.11 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario med ämne ur klass 5.

Tabell B.11. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		Oskyddad bebyggelse	Skyddad bebyggelse
Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarande 7 500 kg ekvivalent trotyl)	100 % inomhus	60	55
	15 % inomhus	400	120
	50 % utomhus	75	50
Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarande 25 000 kg ekvivalent trotyl)	100 % inomhus	90	60
	15 % inomhus	600	200
	50 % utomhus	100	70
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande godsvagnsbrand med klass 3)	5% inomhus	15	15
	100% utomhus	7	7
	50% utomhus	15	15
	5% utomhus	22	22

4. Beräkning av antal omkomna

4.1 Förutsättningar och antaganden

I avsnitt 2 redovisas aktuella förutsättningar avseende bebyggelse och antalet personer som förväntas vistas inom det studerade området (aktuellt planområde samt kringliggande bebyggelse) vid olika tidpunkter.

I tabell B.12 redovisas beräknat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 2) inom det studerade området (aktuella planområden samt kringliggande bebyggelse).

Beräkningen av antalet omkomna utgår från en beräkning av hur stor andel som skadeområdet för respektive skadescenario utgör av det totala studerade området. Denna andel multipliceras sedan med det förväntade personantalet enligt tabell B.1, samt sannolikheten att omkomma, för att på så sätt få ut förväntat antal omkomna. Beräkningarna delas upp i konsekvenser inom planområdet respektive inom kringliggande områden.

Skadeområdena har beräknats med hänsyn tagen till minsta avstånd till bebyggelse respektive obebyggda ytor där personer förväntas kunna vistas. Inom planområdet ansätts att avståndet är minst 34 m mellan spår och ny bebyggelse samt minst 30 meter mellan spår och obebyggda ytor där personer förväntas kunna vistas. För att inte underskatta risken har obebyggda ytor antagits till cirka 20 meter från järnvägen. Det har ansats att avståndet till kringliggande bebyggelse är cirka 30 meter från järnvägen.

4.2 Resultat

I tabell B.13 redovisas beräknat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 2) inom det studerade området (aktuella planområden samt kringliggande bebyggelse).

Beräkningen av antalet omkomna utgår från en beräkning av hur stor andel som skadeområdet för respektive skadescenario utgör av det totala studerade området. Denna andel multipliceras sedan med det dimensionerande personantalet, samt sannolikheten att omkomma, för att på så sätt få ut förväntat antal omkomna.

Ytor mellan planområde och järnväg utgörs av väg samt inhägnat spårområde. Detta innebär att persontätheten inom 30 meter till järnvägen blir mycket låg.

Tabell B.12. Beräknade konsekvenser – antal omkomna vid olycka på Västra stambanan och Jönköpingsbanan.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
1. Urspårning						
Urspårning persontåg, dim.scenario min						
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 persontåg, dim.scenario max						
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 persontåg, worst case scenario						

Normaldygn – dag	0	2	2	0	2	2
Normaldygn – natt	0	4	4	0	4	4
Fullsatt område	0	4	4	0	4	4
Urspårning godståg, dim.scenario min						
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, dim.scenario max						
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				0		
Normaldygn - dag	0	1	1	0	1	1
Normaldygn - natt	0	2	2	0	2	2
Fullsatt område	0	2	2	0	2	2
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 1.1 Masseexplosiva ämnen						
500 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	2	0	2	1	0	1
Normaldygn - natt	2	0	2	1	0	1
Fullsatt område	4	0	4	2	0	2
2 000 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	28	2	30	21	1	21
Normaldygn - natt	39	1	39	30	1	31
Fullsatt område	63	3	66	42	1	43
25 000 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	174	31	206	127	27	154
Normaldygn - natt	239	3	241	186	3	189
Fullsatt område	385	32	417	257	20	278
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	1	1	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	2	2	0	0	0
Stor gasmolnsexplosion						
Normaldygn - dag	4	8	12	2	3	5
Normaldygn - natt	2	0	2	0	0	0
Fullsatt område	10	14	24	4	3	7
BLEVE						
Normaldygn - dag	13	20	33	7	9	16
Normaldygn - natt	11	5	16	5	5	10
Fullsatt område	29	37	67	15	11	26
Klass 2.3 Giftig gas						
Litet utsläpp						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Stort utsläpp						
Normaldygn - dag	61	192	253	31	24	55
Normaldygn - natt	40	1	41	6	1	7
Fullsatt område	145	93	239	63	21	85
Klass 3 Brandfarlig vätska						
Liten pölbrand						
Normaldygn - dag	0	0	1	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	1	1	0	0	0
Stor pölbrand						
Normaldygn - dag	0	1	1	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	1	2	2	0	0	1
Godsvagnsbrand						
Normaldygn - dag	0	0	1	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	1	1	0	0	0

Klass 5 Oxiderande ämnen						
Explosionsartat brandförlopp utan blandning (motsvarande 7500 kg massexplosion)						
<i>Normaldygn - dag</i>	182	14	196	77	12	89
<i>Normaldygn - natt</i>	207	1	207	137	1	137
<i>Fullsatt område</i>	413	13	426	156	9	164
Explosionsartad brandförlopp med blandning (motsvarande 25000 kg massexplosion)						
<i>Normaldygn - dag</i>	174	31	206	127	27	154
<i>Normaldygn - natt</i>	239	3	241	186	3	189
<i>Fullsatt område</i>	385	32	417	257	20	278
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande mycket stor brand i godståg)						
<i>Normaldygn - dag</i>	0	0	0	0	2	2
<i>Normaldygn - natt</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	0	0	0	0	2	2

Bilaga C - Riskberäkningar

Uppdragsnamn		
Trym Falköpings kommun		
Uppdragsgivare	Uppdragsnummer	Datum
Falköpings kommun	505263	2022-04-14
Handläggare	Egenkontroll	Internkontroll
Felicia Klint	FKt 2022-04-12	EHM 2022-04-12

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 riskmåttén individrisk respektive samhällsrisk.

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. De beräknade skadeområden för olycksscenarierna skiljer sig i förhållande till den järnvägssträcka 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 järnvägssträcka.

3. För vissa olycksscenarier förknippade med gaser (både brännbara och giftiga) 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.

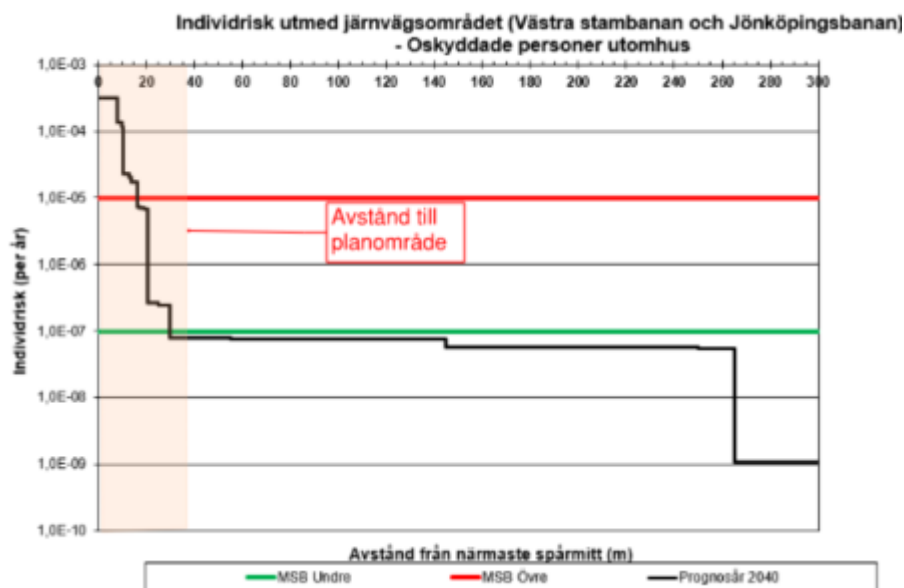
2.2 Bedömningskriterier

Den beräknade individrisken kommer att värderas utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk /1/*, se avsnitt 5.2.3 i huvudrapporten. Riskkriterierna redovisas även i diagrammen nedan.

2.3 Resultat

I figur C.1 redovisas individrisken för det studerade planområdet och dess omgivning som funktion av avståndet till Västra stambanan och Jönköpingsbanan. Individrisken redovisas för prognosår 2040 enligt de trafiksiffror och förutsättningar som redovisas i bilaga A.

Avståndet i diagrammet utgår från spårmittpå järnvägens närmaste spårmitt. Riskprofilen som redovisas gäller för obebyggd mark där ingen hänsyn tas till eventuella konsekvensreducerande effekter av exempelvis framförliggande bebyggelse eller nivåskillnader.



Figur C.1. Individriskprofil för person utomhus som funktion av avståndet till Västra stambanan och Jönköpingsbanan (mätt från närmaste spårmitt).

Utan hänsyn tagen till bebyggelse och andra avskärmade barriärer inom planområdet.

(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

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

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. Samhällsriskens beräknas för planerat utförandealternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom det aktuella planområdet samt för nollalternativ med befintlig markanvändning inom planområdet. Vid beräkning av samhällsriskens beaktas såväl bebyggelse och markanvändning inom planområdet samt i närområdet.

Det finns ett flertal olika parametrar som påverkar samhällsriskens, 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 sträckan (1 000 meter) bedöms sannolikheten för att de beräknade konsekvenserna skulle uppstå oavsett var på sträckan som olyckan inträffar vara låg.

Vid sammanställningen av samhällsriskens antas att de beräknade konsekvenserna kan inträffa oavsett var på den studerade järnvägssträckan 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 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 österut mot bebyggelsen.

Med hänsyn till att bebyggelsestrukturen och markanvändningen både inom planområdet och inom kringliggande områden varierar mycket kraftigt på respektive sida om järnvägen kan konsekvenserna bli annorlunda om olyckan riktas åt motsatt håll. Vid sammanställningen av samhällsriskens för de studerade riskkällorna antas dock att konsekvenserna kan inträffa oavsett åt vilket håll som olyckan riktas.

- Den planerade bebyggelsen innebär att persontätheten inom området kommer att variera både under dygnet och mellan olika dygn. Den normala beläggningen dagtid bedöms vara lägre än maximala beläggningar. Nattetid vistas det huvudsakligen personer inom planerad och kringliggande bostadsbebyggelse. Variationerna i beläggning inom det studerade området har beaktats i konsekvensberäkningarna, se bilaga B. Konsekvensberäkningarna utförs för följande scenarier:

Genomsnittligt normaldygn:

Dagtid (kl 08-22, exkl. tider med "fullsatt område") – Ca 48 % av ett år.

Nattetid (kl 22-08) – Ca 42 % av ett år.

"Fullbelagt område" – Ca 10 % av ett år (vilket motsvarar ca 3,5 timme per dygn).

3.2 Bedömningskriterier

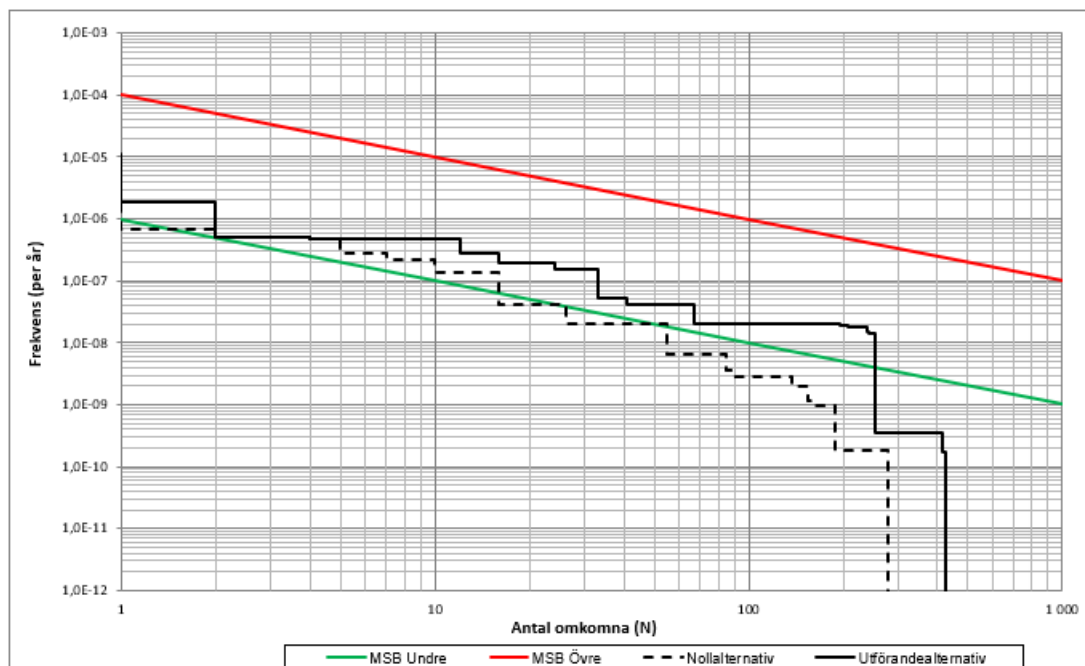
Den beräknade samhällsrisk kommer att värderas utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk /1/*, se avsnitt 5.2.3 i huvudrapporten. Riskkriterierna redovisas även i diagrammet nedan.

3.3 Resultat

3.3.1 Samhällsrisk utan åtgärder

I figur C.2 redovisas den beräknade samhällsrisk inom det studerade området, d.v.s. det aktuella planområdet samt kringliggande bebyggelse inom ca 300 meter från Västra stambanan och Jönköpingsbanan. Samhällsrisk beräknas för studerat Utförandealternativ med maximal förekommande bebyggelse och markanvändning inom det aktuella planområdet. Samhällsrisk har dessutom beräknats för ett Nollalternativ, som innebär befintliga förhållanden inom det aktuella planområdet.

Samhällsrisk redovisas för prognosår 2040.



Figur C.2. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivå med avseende på skadescenarier på Västra stambanan och Jönköpingsbanan inom Trym Falköpings kommun.

3.3.2 Samhällsrisk med åtgärder

I avsnitt 6 i huvudrapporten beskrivs vilka säkerhetshöjande restriktioner och åtgärder som behöver vidtas vid ny bebyggelse samt ändrad markanvändning för det studerade planområdet.

De rekommenderade åtgärderna innebär att samhällsrisk minskar genom att reducera konsekvenserna av de studerade olycksscenarierna. I figur C.4 redovisas den beräknade samhällsrisk för utförandealternativet utan respektive med rekommenderade åtgärder.

För utförandealternativ med åtgärder antas att åtgärderna har följande reducerande effekter:*Planering och placering av ny bebyggelse samt markanvändning*

Ny bebyggelse ska placeras så att avstånden är minst 30 meter till Västra stambanan eller Jönköpingsbanans närmaste spår, 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 inomhus elimineras för en klar majoritet av potentiella skadescenarier.

Planområdet ligger cirka 30 meter från närmsta järnvägsspår. Åtgärdsförslaget har därför beaktats i riskberäkningarna och innebär ingen förändring i förhållande till utförda beräkningar.

Ytor mellan ny bebyggelse och närmsta järnvägsbanan ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse bör placeras så att avstånden är minst 30 meter till närmaste spår, mätt från spårmittpunkt.

Åtgärdsförslaget innebär att risken reduceras för personer utomhus då personer inte vistas inom 30 meter till järnväg.

*Byggnadstekniska åtgärder***Allmänt om utformning av ny bebyggelse**

Inom 50 meter från järnvägens närmaste spår ska det från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse inom ny bebyggelse som vetter direkt mot järnvägsbanorna utan framförliggande bebyggelse finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från järnvägsspåren.

Åtgärderna reducerar antalet omkomna inomhus för olycksrisker som ej innebär direkt skada invändigt, t.ex. olycka med brännbar respektive giftig gas samt brandfarlig vätska. Den reducerande effekten sker framförallt i kombination med nedanstående åtgärder för skydd mot gaser och brand. Riskreducerande effekt för enbart denna åtgärd antas grovt till 0 %.

Skydd mot brand

För ny bostadsbebyggelse/ centrumverksamhet inom 50 meter från järnvägens närmaste spår gäller följande med hänsyn till gällande avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd:

- Fasader som vetter direkt mot järnvägsbanorna utan framförliggande bebyggelse ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30. Rekommendationen gäller enbart fasad och inte fönster. Fönster kan utföras oklassade.

Åtgärderna reducerar antalet omkomna inomhus vid olycka med brandfarlig vätska och brännbar gas.

Det antas dock grovt att åtgärderna reducerar antalet omkomna inomhus med 50 % vid olycka med brandfarliga vätskor samt 50 % vid olycka med brännbar gas inom planområdet (de reducerande konsekvenserna av brännbar gas sker i kombination med skyddsåtgärder mot gaser enligt nedan). Riskreducerande effekt utomhus antas vara 0 %. Inom kringliggande bebyggelse har åtgärderna ingen effekt.

Skydd mot gaser

För ny bostadsbebyggelse/ centrumverksamhet inom 50 meter från järnvägens närmaste spår gäller följande med hänsyn till gällande avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd:

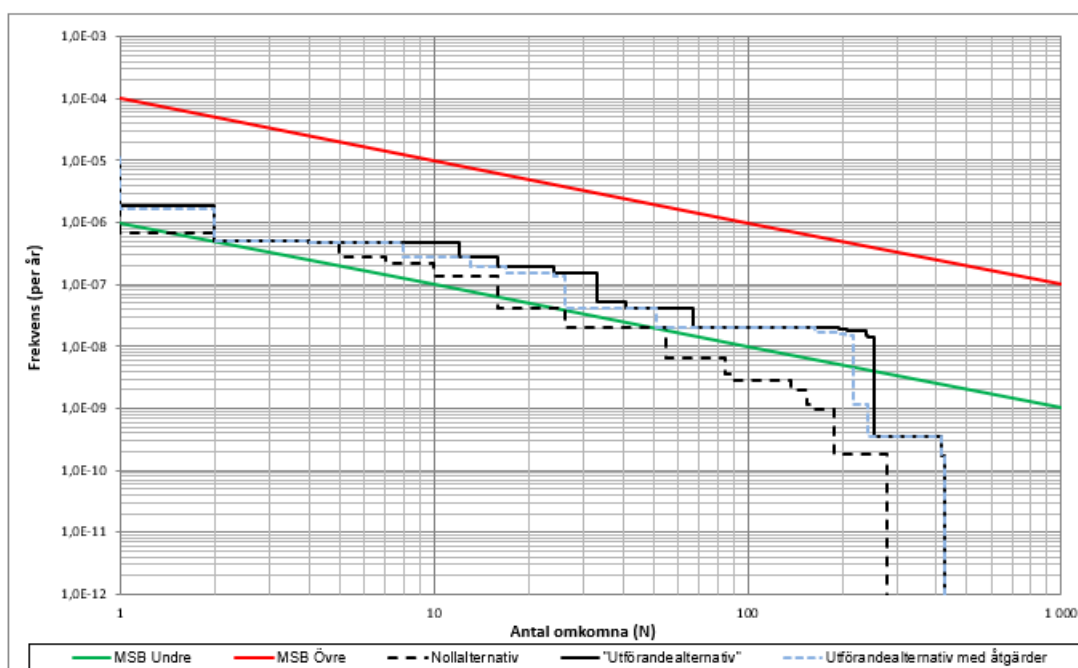
- Ny bebyggelse som vetter direkt mot järnvägsbanorna utan framförliggande bebyggelse ska utföras med friskluftsintag placerade mot trygg sida, d.v.s. bort från järnvägsspåren alternativt på byggnadernas tak.

Åtgärderna reducerar antalet omkomna inomhus vid olycka med brännbar respektive giftig gas.

Inom de delar där åtgärder vidtas antas det att konsekvenserna reduceras med 50 % vid utsläpp av giftig gas (de reducerande konsekvenserna för brännbar gas sker i kombination med skyddsåtgärder mot brand enligt ovan). Riskreducerande effekt utomhus antas vara 0 %. Inom kringliggande bebyggelse har åtgärderna ingen effekt.

Sammanvägning

De rekommenderade åtgärderna innebär att samhällsriskerna minskar genom att reducera konsekvenserna av de studerade olycksscenarierna. I figur C.3 redovisas den beräknade samhällsriskerna för utförandealternativet utan respektive med rekommenderade åtgärder. Samhällsriskerna redovisas för prognosår 2040.



Figur C.3. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Västra stambanan och Jönköpingsbanan utmed planområdet för Nollalternativ samt studerat Utförandealternativ utan, respektive, med rekommenderade restriktioner och åtgärder. Prognosår 2040.

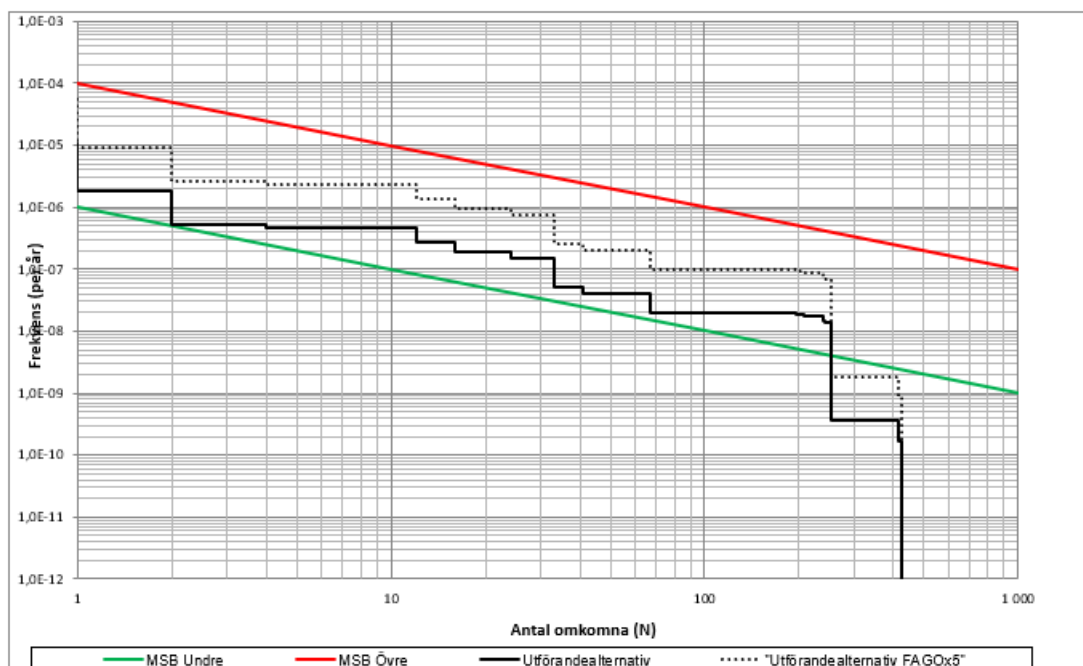
4. Känslighetsanalys

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 samhällsrisker för de förändrade förutsättningarna och utförs endast för utförandealternativet.

4.1 Känslighetsanalys 1 – Förändrat antal godståg och farligt godsvagnar

Denna del av känslighetsanalysen omfattar att det uppskattade antalet farligt godsvagnar antas öka med en faktor 5 i förhållande till de dimensionerande transportmängderna för prognosår 2040.

I figur C.4 redovisas resultatet av Känslighetsanalys 1.

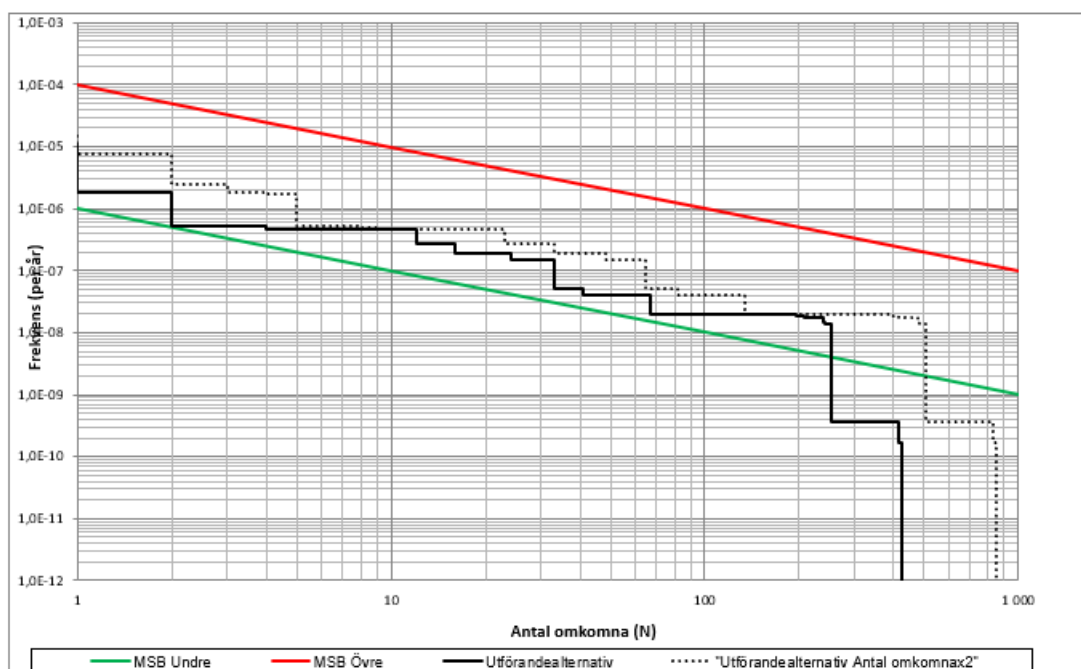


Figur C.4. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Västra stambanan samt Jönköpingsbanan utmed planområdet. Känslighetsanalys del 1 – Förändrat antal farligt godsvagnar.

4.2 Känslighetsanalys 2. Förändrade konsekvenser

Samhällsriskberäkningar presenterade i figur C.8 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.5. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Västra Stambanan och Jönköpingsbanan utmed planområdet.
Känslighetsanalys 2 – Förändrade konsekvenser.