

Riskutredning

Bagartorp (del av Järva 2:9 m.fl.), Solna stad

Underlag för detaljplanearbete

2020-12-02

Dokumenttyp: Riskutredning
Uppdragsnamn: Bagartorp (del av Järva 2:9 m.fl.), Solna stad
Riskanalys avseende närhet till järnväg

Uppdragsnummer: 107699
Datum: 2020-12-02
Status: Underlag för detaljplanearbete
Uppdragsledare: Erik Hall Midholm
Handläggare: Erik Hall Midholm
Tel: 08-588 188 60
E-post: erik.midholm@brandskyddslaget.se

Uppdragsgivare: BESQAB

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2018-05-14	EMM	RKL	Granskningshandling
2020-01-10	EMM	RKL	<p>Utgåva 1: Revideringar utifrån inkomna yttranden i planarbetets granskningsskede. Förtydliganden har gjorts avseende den planerade utbyggnaden av Ostkustbanan och gällande förutsättningar om trafikering av huvudspår respektive driftspår.</p> <p>Planförslaget har ändrats i förhållande till förutsättningarna för föregående version av riskutredningen. Ändringarna innefattar nytt förslag för bebyggelsestruktur. Beskrivningen av planerad bebyggelse (avsnitt 2.2) har uppdaterats med bl.a. nya situationsplaner. Den fördjupade riskanalysen (avsnitt 5) samt beskrivning av säkerhetshöjande åtgärder (avsnitt 6) har justerats utifrån nytt underlag.</p> <p>Genomgående i handlingen har begreppet godsspår ersatts med driftspår.</p>
2020-03-03	EMM	RKL	Utgåva 2: Förtydligande beskrivning av rekommenderad omfattning av säkerhetshöjande åtgärder.

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2020-10-21	EMM	RKL	<p>Utgåva 3: Revidering utifrån inkomna yttranden i planarbetets granskningsskede.</p> <p>Revidering av frekvens- och riskberäkningar samt känslighetsanalys utifrån ny trafikprognos Ostkustbanan år 2040 (erhållet i yttrande från Trafikverket). Se avsnitt 5.2 samt bilaga A och C.</p> <p>Förtydligande motivering till orsaken till redovisning av uppskattad individrisk för personer inomhus där hänsyn tas till planerad bebyggelse, se avsnitt 5.2.1.</p> <p>Mindre komplettering i sammanställning av åtgärdernas riskreducerande effekter, se avsnitt 6.3.1.</p> <p>Konsekvensberäkningar har uppdaterats utifrån gällande förutsättningar om trafikering, bl.a. att farligt gods kan förekomma på samtliga spår, inkl. driftspår. Se bilaga B.</p> <p>Förtydligande beskrivning av metodik för konsekvensberäkningar, inkl. förtydligande om dimensionerande personantal, se bilaga B, avsnitt 3.</p> <p>Konsekvensberäkningar för skadescenarier med begränsade skadeområden (urspårning och tågbrand samt pölbrand) har reviderats för att bättre beakta olycksrisker med begränsade skadeområden. Se bilaga B, avsnitt 3.</p> <p>Känslighetsanalys 4 utgår då transporter på samtliga spår ingår i grundförutsättningarna för analysen. Se avsnitt 5.4 samt bilaga C.</p>
2020-12-02	EMM	RKL	<p>Utgåva 4: Revidering utifrån Trafikverkets yttrande III (daterat 2020-11-12) i planarbetets granskningsskede.</p> <p>Revidering av fördjupad riskbedömning utifrån gällande förutsättningar om trafikering och hastighetsbegränsningar på sträckan, inkl. efter utbyggnad av Ostkustbanan (erhållet i yttrande från Trafikverket):</p> <ul style="list-style-type: none">- Genomgående i rapporten justeras beteckning av spår närmast planområdet- Alla tågtyper, inkl. farligt gods kommer kunna trafikera samtliga spår- Efter utbyggnad ska samtliga spår ska utformas för att kunna trafikeras i högsta tillåtna hastighet. <p>Se avsnitt 5 samt bilaga A, B och C.</p>

Sammanfattning

Inom området Bagartorp i Solna undersöks möjligheterna att uppföra ny bostadsbebyggelse i anslutning till Ulriksdal station (pendeltågsstation). Eftersom det aktuella området ligger inom 150 meter från Ostkustbanan har Brandskyddslaget fått i uppdrag att upprätta en riskutredning för det aktuella bebyggelseförslaget.

Syftet med riskanalysen är att undersöka lämpligheten med det aktuella förslaget 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. Inga andra riskkällor än järnvägen har identifierats i områdets närhet.

Analysen omfattar endast plötsliga och oväntade 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.

I analysen har en inventering gjorts av trafiken på Ostkustbanan. Trafiken på järnvägen är relativt omfattande och det förekommer trafik med både persontåg och godståg (inkl. transporter av farligt gods). På den aktuella sträckan utgörs järnvägen idag av fyra huvudspår tillhörande Ostkustbanan. Från 700 meter norr om det aktuella planområdet och vidare söderut mot Stockholm löper dessutom ett avvikande huvudspår närmast planområdet.

Trafikverket har upprättat en spårstudie där det framgår att det finns planer på att utöka den aktuella sträckan av Ostkustbanan med två nya spår. Den planerade utbyggnaden har också beaktats i analysen eftersom detta medför att avståndet mellan järnväg och ny bebyggelse minskar jämfört med befintliga förhållanden.

Utifrån inventeringen har olycksscenarier kopplade till trafiken identifierats. En kvalitativ uppskattning av riskerna, d.v.s. sannolikhet och konsekvens, för respektive scenario har gjorts i syfte att fastställa vilka scenarier som bedöms kunna medföra skadliga konsekvenser för människor i området och som därför behöver beaktas vid fortsatt planering.

Scenarier som bedömts kunna påverka det aktuella planområdet utgörs av urspårning, tågbrand samt olyckor med inblandning av farligt gods. Med hänsyn till förekomsten av transporter av de olika farligt godsklasserna är det huvudsakligen olycka med transporter av farligt gods klass 2.1 (brännbara gaser) respektive klass 3 (brandfarliga vätskor) som, utifrån den inledande analysen, bedöms påverka risknivån inom området i sådan utsträckning att de kan behöva beaktas i den fortsatta planprocessen. Med hänsyn till osäkerheter i det statistiska underlaget behöver dock även olycka med transporter av klass 1 (explosiva ämnen), klass 2.3 (giftiga gaser) respektive klass 5 (oxiderande ämnen och organiska peroxider) beaktas i en fördjupad riskanalys. Olycksscenarier förknippade med övriga farligt godsklasser innebär enbart skadeområden som begränsas till närområdet, vilket innebär att dessa olycksrisker inte bedöms påverka risknivån inom det aktuella området.

Riskanalysen utgår från att alla transporttyper, inkl. farligt gods, kan förekomma på samtliga spår. Detta medför att samtliga identifierade olycksrisker (urspårning, tågbrand samt olycka med farligt gods) kan inträffa på samtliga spår.

I den fördjupade riskbedömningen har risknivån beräknats i form av individrisk (den risk som en enskild person utsätts för genom att vistas i närheten av en riskkälla) och samhällsrisk (den risk som riskkällan utgör mot hela den kringliggande omgivningen). Den fördjupade analysen har genomförts med hänsyn tagen till den prognostiserade trafiksituationen år 2040 på Ostkustbanan där hänsyn tas till planerad utbyggnad av järnvägen.

Den fördjupade riskbedömningen visar att olycksrisker förknippade med intilliggande riskkällor påverkar risknivån inom det studerade området. Detta gäller framförallt samhällsrisker. Av de olycksrisker som främst påverkar risknivån inom planområdet är det främst transporter av brännbara gaser (klass 2.1) respektive urspårning som leder till en förhöjd samhällsrisknivå. Olycksrisker förknippade med övriga farligt godstransporter samt tågbrand bedöms ha en relativt begränsad påverkan på samhällsrisker.

Planerad ny bebyggelse inom planområdet understiger Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd till järnväg. Med anledning av den höga risknivån samt aktuella avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade avstånd föreslås att säkerhetshöjande åtgärder vidtas i syfte att reducera "nettotillskottet" av oönskade händelser som avsteget medför. Ett antal säkerhetshöjande åtgärder har studerats. De åtgärder som föreslås nedan är de som bedömts rimliga att genomföra med hänsyn till den riskreducerande effekten och begränsning av planerade verksamheter avseende bland annat syfte, funktion och kostnad.

Vid bebyggelse och förändrad markanvändning inom det aktuella planområdet rekommenderas att följande restriktioner och byggnadstekniska åtgärder vidtas (figur 6.1 i avsnitt 6.3 redovisas en illustration som tydliggör rekommenderade restriktioner och byggnadstekniska åtgärder som funktion av avståndet till Ostkustbanan):

- Ny bebyggelse ska placeras så att avstånden är minst 25 meter till närmaste spår efter utbyggnad av Ostkustbanan, mätt från spårmittpunkt.
- Ytor mellan ny bebyggelse och Ostkustbanan ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (t.ex. lekplatser, utegym eller uteserveringar) bör placeras så att avstånden är minst 25 meter till närmaste spår efter utbyggnad av Ostkustbanan, mätt från spårmittpunkt.
- Inom 50 meter från närmaste spår efter utbyggnad av Ostkustbanan ska ny bostadsbebyggelse som vetter direkt mot järnvägen utan framförliggande bebyggelse utföras med följande åtgärder:
 - Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från Ostkustbanan.
 - Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Ostkustbanan alternativt på byggnadernas tak.
 - Fasader som vetter direkt mot Ostkustbanan ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
 - Fönster i fasader som vetter direkt mot Ostkustbanan ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	4
1. INLEDNING	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte	7
1.3 Omfattning	7
1.4 Underlag	7
1.5 Internkontroll	8
1.6 Förutsättningar	8
2. ÖVERSIKTLIG BESKRIVNING AV OMRÅDET	10
2.1 Områdesbeskrivning	10
2.2 Planerad bebyggelse	10
2.3 Omgivande planer	12
3. RISKINVENTERING.....	13
3.1 Allmänt om identifiering av riskkällor	13
3.2 Ostkustbanan	13
4. INLEDANDE RISKBEDÖMNING	19
4.1 Metodik	19
4.2 Identifiering av olycksrisker	19
4.3 Kvalitativ uppskattning av risk	19
4.4 Slutsats inledande riskanalys	22
5. FÖRDJUPAD RISKBEDÖMNING	23
5.1 Metodik	23
5.2 Resultat riskberäkningar	25
5.3 Värdering av risk	26
5.4 Hantering av osäkerheter	27
6. SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER.....	29
6.1 Allmänt	29
6.2 Diskussion kring åtgärder	29
6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning	34
7. SLUTSATSER.....	37
8. BILAGOR.....	38
9. REFERENSER	38

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Inom området Bagartorp i Solna undersöks möjligheterna att uppföra ny bostadsbebyggelse i anslutning till Ulriksdal station (pendeltågsstation).

Området ligger i anslutning till Ostkustbanan (järnväg) där det även förekommer transporter med farligt gods. Enligt riktlinjer från Länsstyrelsen i Stockholms län ska risker analyseras vid ny bebyggelse inom 150 meter från väg med transport av farligt gods, järnväg eller bensinstation /1/. Detta medför att det ställs krav på att olycksrisker förknippade med Ostkustbanan undersöks vid ny bebyggelse inom det aktuella området.

Med anledning av detta har Brandskyddslaget fått i uppdrag att studera och analysera förekommande risker i planområdets närhet. Detta för att människor inom planområdet inte ska utsättas för oacceptabla risker.

Brandskyddslaget har fått i uppdrag att analysera möjliga olycksrisker förknippade med angränsande riskkällor. Detta har skett i två steg. Först togs en inledande riskanalys fram som underlag för samrådshandling av den nya detaljplanen som presenterades av Solna stad under hösten 2017 /2/. Den inledande riskanalysen omfattade en kvalitativ riskbedömning av olycksrisker förknippade med järnvägen. Utifrån den inledande bedömningen konstaterades att det förekommer ett antal olycksrisker förknippade med angränsande riskkällor som bedöms påverka risknivån inom planområdet och som därför behöver studeras i en fördjupad, kvantitativ riskbedömning. Inför granskning och antagande har denna riskutredning upprättats som både omfattar den inledande och den fördjupade riskbedömning.

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. Den inledande riskanalysen ska ligga som underlag till den fortsatta planprocessen.

1.3 Omfattning

Riskanalysen omfattar förslag för ny bostadsbebyggelse inom aktuellt område, se utförlig beskrivning i avsnitt 2.

Analysen omfattar endast plötsliga och oväntade 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 järnvägen och omgivande vägar omfattas inte av analysen.

1.4 Underlag

Underlag för riskutredningen utgörs i huvudsak av:

- Detaljplan för del av Järva 2:9 m.fl., stadsdelen Bagartorp i Solna stad (BND 2015:256), plankarta, planbeskrivning och tillhörande underlagshandlingar, Underrättelsehandling upprättad oktober 2020 /3/

Övriga dokument där information inhämtats redovisas löpande och i avsnitt 9 - Referenser.

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). Signatur i kolumnen för internkontroll på sidan 2 bekräftar kontrollen.

1.6 Förutsättningar

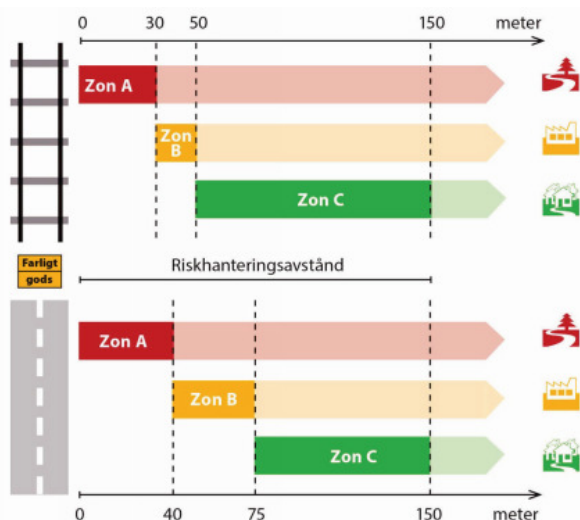
1.6.1 Riskhänsyn vid ny bebyggelse

Ett flertal olika lagar reglerar när riskanalyser skall utföras. Enligt Plan- och bygglagen (2010:900) skall bebyggelse lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till boendes och övrigas hälsa. Sammanhållnen 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).

Länsstyrelsen i Stockholms län: Länsstyrelsen i Stockholms Län har tagit fram riktlinjer för hur risker från transporter med farligt gods på väg och järnväg ska hanteras vid exploatering av ny bebyggelse /4/. 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 riktlinjer för skyddsavstånd till olika verksamheter. Dessa rekommendationer redovisas i figur 1.1.



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 1.1. Rekommenderade skyddsavstånd till olika typer av markanvändning /4/.

Avstånden i figuren mäts från närmaste väggkant respektive närmaste spårmitt.

Länsstyrelsen anger i sina riktlinjer generellt att skyddsavstånd är att föredra framför andra skyddsåtgärder. Vid korta avstånd lägger Länsstyrelsen större vikt vid konsekvensen av en olycka än frekvensen av olyckan.

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

Intill järnvägar och primära transportleder för farligt gods rekommenderas ett skyddsavstånd på minst 25 meter. Åtgärder ska vidtas inom 30 meter från riskkällan.

Trafikverket: Trafikverket har tagit fram generella råd om avstånd till järnvägen för olika typer av verksamheter /5/. Enligt dessa råd bör ny bebyggelse generellt inte tillåtas inom ett område på 30 meter från järnvägen (närmaste spårmitt). Detta ger ett skyddsavstånd för farligt gods vid urspårning samt utrymme för eventuella räddningsinsatser. Avståndet medger även komplettering av riskreducerande åtgärder samt möjliggör viss utveckling av järnvägsanläggningen.

De generella råden omfattar även riktlinjer avseende avstånd till olika verksamheter som utöver risk även beaktar andra parametrar, t.ex. buller, luftkvalitet, vibrationer och elektromagnetiska fält.

Trafikverket förtydligar dock i sin rapport att avstånden inte utgör fasta regler utan verksamhetens lokalisering är en bedömningsfråga från fall till fall.

2. Översiktlig beskrivning av området

2.1 Områdesbeskrivning

Området Bagartorp ligger i stadsdelen Järva i Solna stad, se figur 2.1. Området ligger i anslutning till Ulriksdals pendeltågsstation. Bebyggelsen i området består huvudsakligen av flerbostadshus samt centrumbyggnader.

Området ligger högre än den angränsande Ostkustbanan (järnväg). Befintliga byggnader inom planområdet ligger minst 40 meter från närmaste järnvägsspår.



Figur 2.1. Översiktsbild över området Bagartorp och dess omgivning (område för planerad bebyggelse rödmarkerat).

2.2 Planerad bebyggelse

Den föreslagna bebyggelsen inom området innehåller nya bostadshus utmed Bagartorpsringen. Den nya bebyggelsen ersätter huvudsakligen befintlig markparkering samt centrumbyggnader i anslutning till gångstråket mot pendeltågstationen.

De nya byggnaderna består av ett högt bostadshus i 17 våningar samt ett antal lägre bostadshus i 6-8 våningar, se figur 2.2.

De nya bostadshusen kommer till största del att bestå av lägenheter i storlekarna 1-4 rum och kök. Sammanlagt planeras ca 230 bostadslägenheter. I direkt anslutning till det övre torget och mot Bagartorpsringen föreslås lokaler i bottenvåningarna för centrumändamål.

Uteplatser, grönytor och lekplatser placeras i bullerskyddade lägen bort från järnvägen. Ut mot Bagartorpsringen skapas halvoffentlig förgårdsmark med cykelparkeringar, planteringar och sopkassuner. Detaljplanen innefattar dessutom två torgytor. Det övre torget planeras inom ytan mellan två av de nya bostadshusen (väster om Bagartorpsringen) och kommer att utgöra Bagartorp centrum där det planeras butiker och verksamheter som kan bidra till att torgytan kommer att uppmuntra till stadigvarande vistelse (t.ex. uteserveringar). Det övre torget ligger ca 45-50 meter från närmaste befintliga järnvägsspår.

Det nedre entrétorget mellan Bagartorpsringen och pendeltågsstationen kommer att fungera som en kollektivtrafiknod och rustas upp med ökad möjlighet för cykelparkering. Från gångtunneln/entrén mot pendeltågsstationen planeras en hiss upp till torgytan. Den planerade utformningen av det nedre torget bedöms inte innebära några ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

Den nya detaljplanen medger dessutom en entré från det nedre entrétorget till den befintliga matbutiken. Entrén är befintlig men planförslaget medger att den flyttas utmed fasaden mot torget.

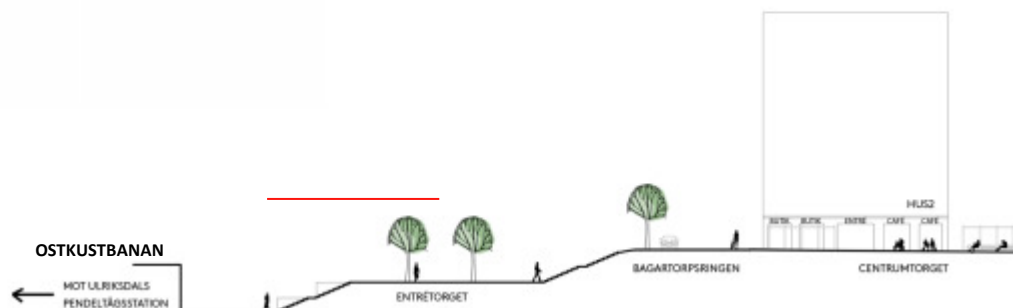
Parkering föreslås dels på gårdsmark inom kvarteren och dels i ett nytt undermarksgarage i två våningar som sträcker sig under de nya bostadshusen. Angöring sker från Bagartorpsringen.



Figur 2.2. Illustrationsplan för ny bebyggelse inom området Bagartorp, (Källa: Planbeskrivning, underrättelsehandling daterad 2020-10-23 /3/). Avståndsmätningen utgår från närmaste befintliga spår.

Enligt det förslag till bebyggelsestruktur som redovisas i figur 2.2 planeras ny bebyggelse som närmast ca 30 meter från närmaste järnvägsspår (mätt från spårmittpå närmaste befintliga spår, se markering i figur 2.2). Avståndet mellan närmaste befintliga järnvägsspår och det planerade höghuset blir ca 55 meter.

Den nya bebyggelsen ligger något högre än järnvägen. Figur 2.3 redovisar en sektion som visar förhållandet mellan bebyggelse och järnvägsspåren. Nivåskillnaden är minst 2 meter mellan spår och ny bebyggelse.



Figur 2.3. Sektion genom planområdet.

(Källa: Planbeskrivning, underrättelsehandling daterad 2020-10-23 /3/)

2.3 Omgivande planer

2.3.1 Järvastaden

Järvastaden utgör en ny stadsdel i Solna som ska sträcka sig mellan bostadsområdet Agnesberg och kommungränsen mot Sundbyberg. Stadsdelen fortsätter även en bit in i Sundbyberg. För Järvastaden som helhet (inkl. Brotorp) planeras sammanlagt ca 4 000 bostadslägenheter och ca 50 000 kvadratmeter kommersiella lokaler.

Järvastaden innebär ingen bebyggelse i direkt anslutning till Ostkustbanan.

Exploateringen av Järvastaden innebär inte några nya riskkällor i anslutning till det aktuella området.

2.3.2 Ulriksdal

Nordost om det aktuella planområdet, på motstående sida om järnvägen sker utveckling av en ny stadsdel inom Ulriksdal. Detta område sträcker sig mellan järnvägen i väster och E4 i öster. Inom området planeras både kontor, handel, hotell och bostäder.

Exploateringen av Ulriksdal innebär inte några nya riskkällor i anslutning till det aktuella området.

2.3.3 Ostkustbanan

Den maximala tågkapaciteten på Ostkustbanans spår bedöms vara i stort sett nådd. Trafikverket har gjort en precisering av Ostkustbanan som riksintresse /6/ där det framgår att planer finns på att utöka den aktuella sträckan av Ostkustbanan med två nya genomgående spår samt hur dessa ska dras. Genom Solna stad har de framtida spåren skissats väster om nuvarande spår från Tomtebodan till strax söder om Enköpingsvägen i Ulriksdal. Vidare norrut har framtida spår skissats på vardera sidan om befintliga spår.

Utbyggnaden innebär att avståndet mellan planområdet och närmaste spår för genomgående tågtrafik kommer att minska. I avsnitt 3.2.2 beskrivs den planerade utbyggnaden av Ostkustbanan och hur denna bedöms kunna påverka riskbilden inom det aktuella området.

3. Riskinventering

3.1 Allmänt om identifiering av riskkällor

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) som kan innebära plötsliga och oväntade olyckshändelser med konsekvens för det aktuella området. De identifierade riskkällorna beskrivs och förekommande hantering/transport av farliga ämnen kartläggs och redovisas. Inventeringen utgör grunden för den fortsatta analysen.

Utifrån gällande riktlinjer (se avsnitt 1.7.1) avgränsas inventeringen till riskkällor inom 150 meter från det aktuella området. I det aktuella områdets närhet har **Ostkustbanan** identifierats som riskkälla.

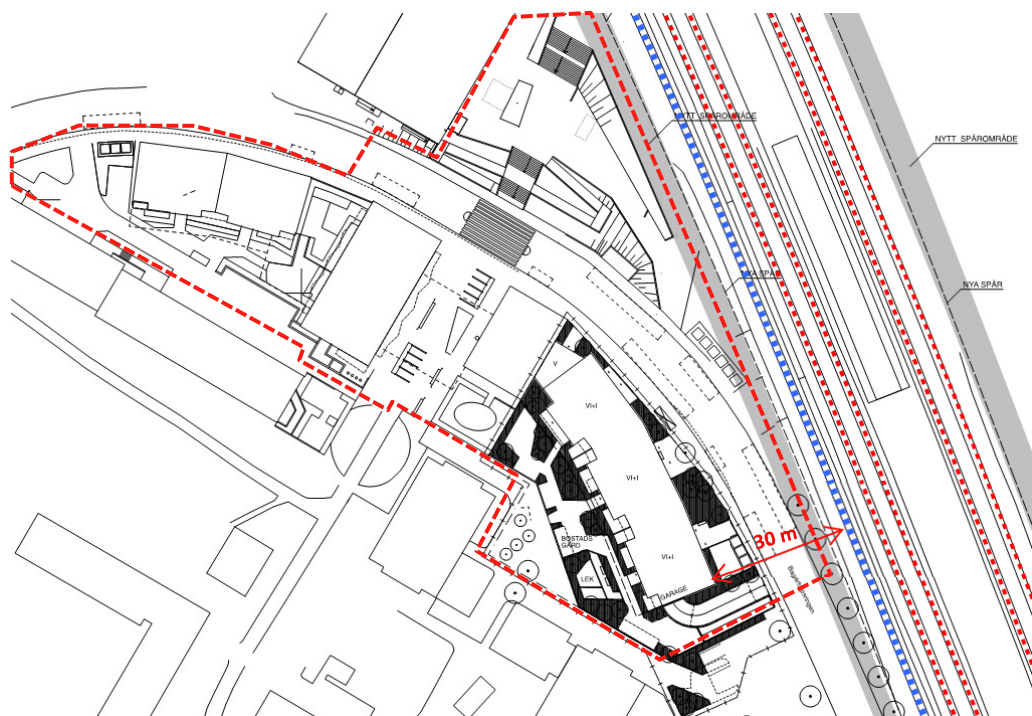
Avståndet mellan den nya bebyggelsen och övriga riskkällor (Enköpingsvägen som utgör rekommenderad transportled för farligt gods samt bensinstationer m.m.) överstiger kraftigt 150 meter. Det har heller inte identifierats några anläggningar i anslutning till området som är klassade som "farliga verksamheter" enligt kap. 2.4 i *Lag (2003:778) om skydd mot olyckor*. Med anledning av det stora avståndet till övriga riskkällor kommer enbart ovanstående riskkälla att beskrivas i det fortsatta analysarbetet.

3.2 Ostkustbanan

3.2.1 Allmänt

Järnvägen, som går strax öster om det aktuella området utgör en del av Ostkustbanan. På den aktuella sträckan utgörs järnvägen idag av fyra huvudspår (U1-U2 respektive N1-N2). Från 700 meter norr om Bagartorp och vidare söderut mot Stockholm löper dessutom ett avvikande huvudspår (G1) närmast planområdet.

Figur 3.1 visar järnvägen utmed den aktuella sträckan i höjd med planområdet. Utmed planområdet samtliga spår i samma nivå. Cirka 500 meter längre norrut går det avvikande spåret G1 ner i ett tråg för att sedan passera under övriga spår i en tunnel och ansluter därefter till det yttre östra huvudspåret.



Figur 3.1. Ostkustbanans spår i höjd med Bagartorp. **Befintliga spår.**

- - - - - Befintliga huvudspår Ostkustbanan
- - - - - Avvikande huvudspår

Ostkustbanan trafikeras av pendeltåg, gods- och regional-/fjärrtåg samt Arlanda Express och på den aktuella sträckan är banan en av de mest trafikerade järnvägssträckorna i Sverige.

De två huvudspåren i mitten trafikeras i första hand av pendeltåg och godståg med en hastighet av maximalt 140 km/h medan de två yttre spåren trafikeras av fjärrtåg och Arlanda Express med maximal hastighet 200 km/h.

Enligt uppgifter från Trafikverket /7/ utgör det avvikande spåret G1 i nuläget ett s.k. redundansspår där det i första hand går godstrafik till Tomtebodas bangård och till Värtabanan. Spåret trafikeras även av drift- och underhållståg, samt en del tomma persontåg som växlar in till Hagalund bangård. Dessutom nyttjas spåret vid underhållstopp eller andra stopp i trafiken på något av de övriga spåren. På grund av underhållsfaktorer så har tågen på spåret G1 idag en hastighetsbegränsning på 100 km/h.

Enligt uppgifter från Trafikverket /8/ trafikeras Ostkustbanan år 2020 av 580 tåg per dygn summerat i båda riktningar. Av dessa var 10 godståg, 562 persontåg samt 8 tjänstetåg (varav 2 godslok och 6 tomma persontåg).

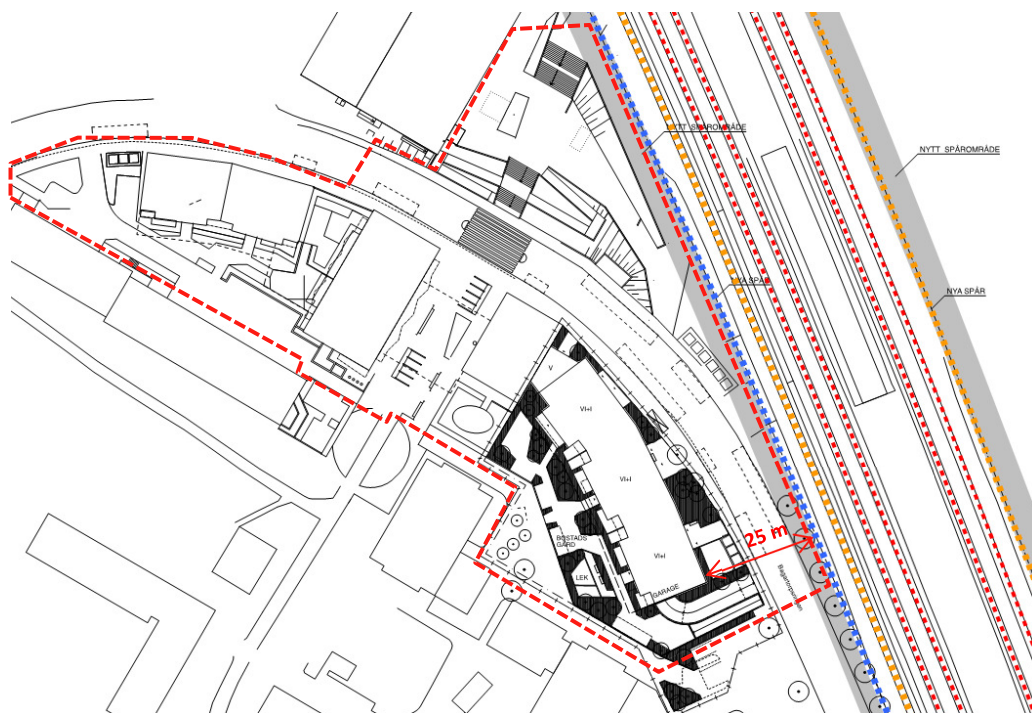
Föreslagen bebyggelsestruktur enligt figur 2.2 innebär att avståndet mellan nya byggnader och järnvägens närmaste befintliga spår blir ca 30 meter.

3.2.2 Framtida förändringar

Utbyggnad av Ostkustbanan: Den maximala tågkapaciteten på Ostkustbanan bedöms vara i stort sett nådd. Planer finns på att bygga ut Ostkustbanan mellan Stockholm och Uppsala. 2010 tog Trafikverket fram en strategisk spårstudie /9/ där det framgår att planer finns på att utöka Ostkustbanan med två nya genomgående spår. 2016 uppdaterades den strategiska spårstudien i samband med att Trafikverket upprättade Riksintresseprecisering Ostkustbanan, delen Solna-Uppsala /6/.

Genom Solna stad har de två nya spåren skissats väster om befintliga spår på sträckan mellan Tomtebodan fram till strax söder om vägbron för Enköpingsvägen. Strax innan vägbron för Enköpingsvägen och vidare norrut har ett spår skissats på vardera sida om de befintliga spåren. Enligt förslag till ny spårplan kommer det avvikande huvudspåret G1 att göras om till ett nytt genomgående huvudspår. Förbi planområdet och vidare söderut utförs sedan ett nytt avvikande spår som placeras ca 5-6 meter utanför det nya genomgående huvudspåret. Efter utbyggnad av järnvägen kommer avståndet mellan nya byggnader och järnvägens närmaste spår att vara minst 25 meter.

Figur 3.2 visar järnvägen utmed den aktuella sträckan i höjd med planområdet efter utbyggnad av Ostkustbanan. Den nya spårplanen har erhållits från Trafikverket.



Figur 3.2. Ostkustbanans spår i höjd med Bagartorp. Efter utbyggnad av Ostkustbanan.

- — — — — Befintliga huvudspår Ostkustbanan
- — — — — Nya huvudspår Ostkustbanan
- — — — — Nytt avvikande huvudspår

Efter en utbyggnad av järnvägen planeras de två inre spåren trafikerade av i första hand pendeltåg, mellanspårerna av regionaltåg och godståg medan de yttre spåren ska trafikerade av fjärrtåg och snabbtåg. Trafikverket har dock meddelat /10/ att spårupplägget ska utformas utifrån att samtliga spår ska kunna trafikerade av alla tågtyper, inkl. farligt gods. Dessutom ska samtliga tåg utformas för att kunna trafikerade i högsta tillåtna hastighet, vilket efter utbyggnad ska vara 250 km/h. Detta gäller samtliga spår, inkl. det nya avvikande huvudspåret närmast planområdet.

Enligt uppgifter från Trafikverket är en rimlig förutsättning att utgå från prognostiserad trafikprognos för år 2040. Med hänsyn till planerad utbyggnad förväntas år 2040 totalt 653 tågrörelser/dygn /10/ med följande fördelning mellan olika tågtyper:

Snabbtåg:	42	(6 %)
IC (Arlanda express):	172	(26%)
Natttåg:	6	(1 %)
Pendeltåg:	296	(45 %)
Regionaltåg:	132	(20%)
Godståg:	5	(1%)

Trafikprognosen motsvarar en ökning med ca 14 % för den totala trafiken på den aktuella sträckan under perioden 2020-2040. Persontågen beräknas öka med ca 15 %. Godstågen beräknas däremot minska med ca 50 % i förhållande till dagens trafiksiffror.

Enligt ovan har Trafikverket meddelat att den framtida trafikeringen på samtliga spår utmed den aktuella sträckan ska vara öppen för alla typer av tåg och hastigheter. Det har dock inte gått att erhålla uppgifter om fördelningen mellan spåren, varken för nuläge eller framtida trafik. Bristen på underlag gällande trafiksiffror för i synnerhet spåret närmast planområdet har inneburit att ett antagande varit nödvändigt inför upprättandet av denna utredning. I den fortsatta utredningen så görs antagandet att trafikprognosen enligt ovan omfattar den totala trafiken på samtliga spår, d.v.s. inklusive det avvikande spåret. Det antas mycket grovt att persontågen är jämnt fördelad mellan samtliga sju spår. Detta innebär att en sjundedel av persontågen förutsätts trafikera respektive spår. För att inte underskatta riskbidraget från olycka med godståg antas det att 25 % av alla godståg trafikerar spåret närmast planområdet. Detta bedöms vara ett konservativt antagande, framförallt avseende persontågen.

Rosersbergs kombiterminal: Det har identifierats ytterligare en faktor som kommer att påverka trafikmängden på Ostkustbanan inom en relativt snar framtid, nämligen den nya kombiterminalen i Rosersberg. Syftet med terminalen är att minska den långväga godstrafiken på väg genom att istället köra på järnväg för att sedan lasta om godset till lastbilar för lokala transporter. En av fördelarna med den nya kombiterminalen är att avlasta kombiterminalen i Årsta samt att minska vägtransporterna på väg från söder till norr. De båda kombiterminalerna söder respektive norr om Stockholm innebär dessutom en möjlighet att minska den genomgående godstrafiken genom Stockholm och Solna. Enligt en analys som har upprättats av Vectura avseende de samhällsekonomiska effekterna som kombiterminalen medför prognostiseras terminalen hantera 40-70 000 containrar per år /11/. Detta motsvarar i medel 2,8 godståg per dygn, varav ca 2,5 godståg kommer söderifrån, d.v.s. förbi Bagartorp. Trafikverkets prognossiffror för godstrafiken på den aktuella sträckan av Ostkustbanan enligt ovan förutsätts beakta effekten av den nya kombiterminalen.

3.2.3 Transporter av farligt gods

Allmänt om transporter av farligt gods: Ämnen klassade som farligt gods är det som till stor del kan ge upphov till oväntade och plötsliga olyckshändelser och kunskap om dessa är därför viktigt i en riskanalys.

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 3.1 redovisas de olika klasserna samt typ av ämnen.

Tabell 3.1. Farligt gods indelat i olika klasser enligt RID-S /12/.

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 eldningsoljor, 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, magnetiska material etc.

Farligt gods på Ostkustbanan: På Ostkustbanan förekommer transporter av farligt gods. Det krävs ett tillstånd för att frakta farligt gods på järnväg. Erhållet tillstånd innebär i princip att tillståndsinnehavaren får nyttja järnvägen på samma sätt som andra nyttjare. Normalt finns inga restriktioner kring vilka farligt godsklasser som är tillåtna att transportera.

Någon preciserad statistik avseende omfattning och fördelningen av farligt gods finns inte för aktuell järnväg. Det har genomförts ett antal kartläggningar som ger viss information om vad som har transporterats/transporteras under vissa perioder:

- Trafikanalys upprättar årliga statistikrapporter över den totala godstrafiken, inkl. farligt gods, på Sveriges järnvägar. Utifrån statistik över godsmängd per farligt godsklass under femårsperioden 2015-2019 /13/ uppskattas det totala antalet farlig godsvagnar på järnvägen. Under den studerade femårsperioden så har försändelser med farligt gods utgjort i genomsnitt 4-5 % av den totala godstrafiken.
- Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB, tidigare Räddningsverket) har utfört kartläggningar av transportmängderna farligt gods på bl.a. Ostkustbanan, bl.a. under september månad 2006 /14/. Kartläggningen redovisas som intervall över transporterade godsmängder per farligt godsklass. Informationen är inte heltäckande, men ger en indikation på hur situationen ser ut samt hur den har förändrats över de senaste åren. För den aktuella sträckan av Ostkustbanan så uppskattas de angivna godsmängderna, omräknat till årsbasis, uppnå ca 2 700-268 000 ton per år. Detta bedöms motsvara mellan ca 100 – 10 000 godsvagnar med farligt gods per år, vilket i sin tur motsvarar mellan ca 0,1-15 % av den totala godstrafiken på Ostkustbanan med de trafiksiffror som redovisas i avsnitt 3.2.1 (ett genomsnittligt godståg antas bestå av ca 30 godsvagnar).
- Green Cargo utgör en av de större transportörerna av gods på Sveriges järnvägar. De står för ca 95 % av godstransporterna genom Stockholm. Statistik har erhållits från Green Cargo för mängden farligt gods på Ostkustbanan under en tremånadersperiod 2005 /15/. Underlaget redovisar alla vagnar märkta som farligt gods, inklusive tomma vagnar som ej är rengjorda. Omräknat till årsbasis uppskattas transporterna av farligt gods till sammanlagt ca 46 000 ton fördelat på ca 1 600 godsvagnar per år. Detta motsvarar ca 2-3 % av den totala godstrafiken på Ostkustbanan med de trafiksiffror som redovisas i avsnitt 3.2.1.

Med hänsyn till osäkerheterna i MSB:s och Green Cargos kartläggningar för Ostkustbanan p.g.a. begränsade tidsperioder samt mycket omfattande intervall) kommer uppskattningen att utgå från den nationella statistiken från Trafikanalys. Det antas att 4-5 % av den totala godsmängden per år utgör farligt gods. Även fördelningen mellan respektive farligt godsklass utgår från Trafikanalys nationella statistik. Dock görs några mindre justeringar med hänsyn till lokala kartläggningar (MSB år 2006 /14/ och Green Cargo år 2005 /15/). Syftet med dessa justeringar är framförallt att den nationella statistiken inte har visat på några transporter av klass 1 (explosiva ämnen) under den studerade femårsperioden. För att inte underskatta riskbidraget från olycksscenarier förknippade med explosivämnen så antas det konservativt att klass 1 utgör maximalt 0,1 % av det totala antalet farligt godsvagnar. Fördelningen för övriga farliga godsklasser antas motsvara nationell statistik.

Enligt avsnitt 3.2.2 ovan utreder Trafikverket en kapacitetsökning på Ostkustbanan. Enligt gällande trafikprognos så förväntas dock godstrafiken på den aktuella järnvägssträckan minska relativt kraftigt. Hur stor andel av den tillkommande godstrafiken som utgör transporter av farligt gods framgår inte av prognoserna. I den fortsatta analysen antas dock att även farligt gods förändras i motsvarande takt som den totala godstrafiken.

Utifrån ovanstående underlag görs en uppskattning av antalet tågsvagnar med farligt gods per år på Ostkustbanan fördelat på respektive klass, se tabell 3.2. I tabellen redovisas det uppskattade antalet farligt godsvagnar baserat trafikprognos för år 2040 enligt de uppgifter som redovisas i avsnitt 3.2.2. Antalet farligt godsvagnar utgår från att ett godståg omfattar i genomsnitt ca 30 godsvagnar.

Tabell 3.2. Uppskattat antal godsvagnar med farligt gods per år på Ostkustbanan för prognosåret år 2040.

Klass	Andel	Antal farligt godsvagnar per år
1. Explosiva ämnen och föremål	0,10%	3
2. Gaser	29,4%	804
3. Brandfarliga vätskor	35,1%	960
4. Brandfarliga fasta ämnen	2,6%	72
5. Oxiderande ämnen, organiska peroxider	13,3%	364
6. Giftiga ämnen	1,7%	46
7. Radioaktiva ämnen	0,0%	0
8. Frätande ämnen	17,6%	480
9. Övriga farliga ämnen och föremål	0,3%	8
Totalt		2735

Enligt ovan har Trafikverket meddelat att den framtida trafikeringen på samtliga spår utmed den aktuella sträckan ska vara öppen för alla typer av tåg och hastigheter. Detta gäller även transporter av farligt gods. Riskanalysen kommer därför att utgå från att farligt gods kan förekomma på alla spåren.

4. Inledande riskbedömning

4.1 Metodik

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

För identifierade olycksrisker görs en inledande kvalitativ bedömning av möjliga konsekvenser 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 huvud taget, 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 området för den nya bebyggelsen. För olycksrisker som anses kunna påverka risknivån genomförs en fördjupad (kvantitativ) riskanalys. Den fördjupade riskanalysen genomförs i ett senare skede av planprocessen. Olycksrisker som med hänsyn till små konsekvenser och/eller låg sannolikhet ej anses påverka risknivån inom planområdet bedöms vara acceptabla och bedöms därför ej nödvändiga att studera vidare i en fördjupad analys.

4.2 Identifiering av olycksrisker

Utifrån riskinventeringen är bedömningen att det är tågtrafiken på Ostkustbanan som kan medföra olyckshändelser med möjlig konsekvens för det studerade området. I bedömningen beaktas en framtida utbyggnad av järnvägen enligt beskrivningen i avsnitt 3.2.2, vilket innebär att avståndet mellan spår och den nya bebyggelsen minskar i förhållande till dagens situation.

De olycksrisker som bedöms kunna påverka risknivån inom det studerade området är:

1. Urspårning
2. Tågbrand
3. Olycka vid transport av farligt gods

Avståndet till Enköpingsvägen (sekundär transportled för farligt gods) överstiger enligt avsnitt 3.1 150 meter. Utifrån detta görs bedömningen att olycksrisker förknippade med trafiken på Enköpingsvägen har en mycket begränsad påverkan på risknivån inom det studerade området. Det har inte identifierats några andra riskkällor som bedöms kunna påverka risknivån inom det aktuella området.

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 och tåget stannar kvar inom spårområdet. Beroende på tågets hastighet och längd, rälsens kvalitet, förekomst av främmande föremål på spåret, omgivningens topografi etc. kan tåget dock spåra ur och hamna längre från spåret. Urspårning utgör den absolut mest sannolika olyckshändelsen med tågtrafik.

Skadeområdet för en urspårning är kraftigt beroende av tågets hastighet samt omgivningens utformning. Skadeavståndet vid en urspårning understiger i princip alltid 25 meter (om järnvägen ligger mycket högre än omgivningen kan skadeområdet bli större). Detta skadescenario motsvarar en i stort sett helt snedställd tågagn. Sannolikheten för detta värsta tänkbara scenario är dock mycket låg.

Vid en nivåskillnad där järnvägsspåret ligger lägre än kringliggande områden bedöms skadeavståndet begränsas markant jämfört med om järnvägen ligger i nivå med omgivningen. Detta gäller även vid en så begränsad nivåskillnad som för det aktuella planområdet där bebyggelsen ligger enstaka meter högre än järnvägen.

Befintlig utformning: Den nya bebyggelsen ligger några enstaka meter högre än Ostkustbanan. Avståndet mellan planerad bebyggelse och närmaste spår (avvikande huvudspår G1) blir som minst ca 30 meter. Enligt uppgifter från Trafikverket har det närmaste spåret idag en hastighetsbegränsning på 100 km/h på grund av underhållsfaktorer. Avståndet till närmaste genomgående huvudspår med en hastighetsbegränsning på 200 km/h är ca 35 meter. Med befintligt utförande av järnvägen innebär en urspårning en mycket begränsad påverkan på risknivån inom området för ny bebyggelse eftersom avståndet mellan bebyggelse och närmaste spår överstiger 25 meter. Sannolikheten för att ett urspårat tåg skulle kollidera med planerad bebyggelse bedöms därför vara extremt låg även vid värsta tänkbara scenario.

Utbyggnad: En utbyggnad av järnvägen bedöms endast medföra en marginell ökning av sannolikheten för att ett urspårat tåg skulle kollidera med planerad bebyggelse. I och med utbyggnaden av järnvägen är det dock, enligt Trafikverket, troligt att samtliga spår utformas för att kunna trafikeras i högsta tillåtna hastighet, 250 km/h. Efter en utbyggnad kommer avståndet till närmaste spår vara ca 25 meter.

Avståndet mellan bebyggelse och järnvägen kommer fortfarande att vara betryggande med avseende på urspårning. Nivåskillnaden mellan bebyggelse och järnväg innebär ytterligare reduktion av riskbidraget från urspårning, vilket innebär att den sammanvägda risknivån förknippad med urspårning bedöms vara mycket låg inom hela planområdet.

Utifrån ovanstående beskrivning görs bedömningen att urspårning inte utgör någon risk som behöver beaktas vidare i den fortsatta planprocessen.

4.3.2 Tågbrand

Konsekvenserna av en tågbrand är 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. Med hänsyn till avståndet mellan järnvägen och planerad bebyggelse bedöms en persontågsbrand ej innebära risk för brandspridning till området. Brand i persontåg bedöms därför ha en mycket begränsad påverkan på risknivån inom det studerade området.

Brand i godståg kan bli betydligt mer omfattande än brand i persontåg. Skadeområdet vid brand i godståg bedöms därmed kunna bli mer omfattande. Värmestrålningen bedöms bli hög närmast järnvägen och brandspridning till bebyggelse bedöms kunna ske inom ca 20-25 meter från järnvägen.

Befintlig utformning: Avståndet mellan planerad bebyggelse och närmaste spår blir som minst ca 30 meter. Med befintligt utförande av järnvägen innebär en tågbrand en mycket begränsad påverkan på risknivån inom det aktuella området. Sannolikheten för brandspridning till planerad bebyggelse bedöms vara mycket låg även vid en omfattande godstågsbrand.

Utbyggnad: En utbyggnad av järnvägen bedöms endast medföra en marginell ökning av sannolikheten för brandspridning till planerad bebyggelse. Efter en utbyggnad kommer avståndet till närmaste spår fortfarande att överstiga 25 meter. Sannolikheten för brandspridning till planerad bebyggelse bedöms därmed vara mycket låg även vid en omfattande godstågsbrand på det närmaste spåret. Avståndet mellan bebyggelse och järnvägen kommer fortfarande att vara betryggande med avseende på tågbrand. Den sammanvägda risknivån förknippad med tågbrand bedöms vara mycket låg inom hela planområdet.

Utifrån ovanstående beskrivning görs bedömningen att tågbrand inte utgör någon risk som behöver beaktas vidare i den fortsatta planprocessen.

4.3.3 Olycka vid transport av farligt gods

Allmänt

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

I tabell 4.1 nedan görs en övergripande beskrivning av vilka ämnen som tillhör respektive klass och vilka konsekvenser en olycka med respektive ämne kan leda till.

Tabell 4.1. Konsekvensbeskrivning för olycka med respektive RID-klass.

Klass	Konsekvensbeskrivning
1. Explosiva ämnen	Riskgrupp 1.1: Risk för massexplosion. Skadeområden kan vid stora transportmängder (> 2 ton) överstiga 50-200 meter. Begränsade skadeområden vid mängder under 1 ton. Riskgrupp 1.2-1.6: Ingen risk för massexplosion. Risk för splitter och kaststycken. Skadeområdet begränsas normalt till närområdet.
2. Gaser	Klass 2.1: Brännbar gas: jetflamma, gasmolnsexplosion, BLEVE. Skadeområden mellan ca 20-200 meter. Klass 2.2: Icke brännbar, icke giftig gas: Skadeområden begränsas vanligtvis till närområdet kring olyckan. Klass 2.3: Giftig gas: Giftigt gasmoln. Skadeområden på över 100-tals meter.
3. Brandfarliga vätskor	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Skadeområden vanligtvis inte över 40 m.
4. Brandfarliga fasta ämnen m.m.	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Skadeområden bedöms motsvara större brand i ett normalt godståg, se avsnitt 4.2.2.
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	Utsläpp av fasta giftiga ämnen. Skadeområdet begränsas vanligtvis till närområdet.
7. Radioaktiva ämnen	Utsläpp av radioaktivt ämne, vilket kan medföra kroniska effekter mm. Skadeområdet begränsas vanligtvis till närområdet.
8. Frätande ämnen	Utsläpp av frätande ämne. Skadeområdet begränsas vanligtvis till närområdet.
9. Övriga farliga ämnen	Utsläpp. Skadeområdet begränsas vanligtvis till närområdet.

Utifrån beskrivningen i tabellen ovan görs bedömningen att, med hänsyn till potentiella skadeavstånd, så är det endast enstaka olycksscenarier med farligt gods som behöver beaktas i den fortsatta processen. Utifrån sammanställningen i tabell 4.1 samt beskrivningen av planerad bebyggelse i avsnitt 2.2 bedöms det vara ämnen ur följande klasser som vid en olycka kan innebära konsekvenser för det aktuella området (detta gäller både för befintlig utformning samt utbyggnad av Ostkustbanan):

- Klass 1.1. Massexplosiva ämnen
- Klass 2.1. Brännbara gaser
- Klass 2.3. Giftiga gaser
- Klass 3. Brandfarliga vätskor
- Klass 5. Oxiderade ämnen och organiska peroxider

Olyckor med dessa ämnen behöver studeras vidare i en fördjupad analys.¹

Eftersom skadeavstånden för olyckor med övriga klasser är begränsade till närområdet så bedöms dessa inte leda till några konsekvenser inom det studerade området och behöver därför inte beaktas vidare.

4.4 Slutsats inledande riskanalys

Utifrån den inledande analysen har det bedömts nödvändigt att genomföra en fördjupad analys av vissa olycksrisker. Av de identifierade riskerna i anslutning till området har följande bedömts vara av sådan omfattning att mer detaljerade analyser bedömts nödvändiga:

- Olycka vid transport av farligt gods
 - i. Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)
 - ii. Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - iii. Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
 - iv. Utsläpp och antändning av brännbar vätska (klass 3)
 - v. Olycka där ämne ur klass 5 blandas med brännbart ämne och orsakar explosionsartat självantändning (klass 5)

I den fortsatta planeringen av området måste hänsyn tas till ovanstående olycksrisker. En fördjupad analys bör göras där frekvens och konsekvens beräknas och sammanställs i form av risknivå, vilken i sin tur utgör underlag för beslut om säkerhetshöjande åtgärder.

Avståndet och nivåskillnaden mellan järnväg och ny bebyggelse innebär ett betryggande skydd med avseende på urspårning och tågbrand. Denna bedömning gäller även vid en framtida utbyggnad av järnvägen enligt beskrivningen i avsnitt 3.2.2. För att erhålla ett fullständigt resultat avseende riskberäkningarna (individrisk och samhällsrisk) för det aktuella området kommer den fördjupade riskbedömningen dock även beakta urspårning och tågbrand.

¹ I Inledande riskanalys– Bagartorp, Solna stad, Brandskyddslaget AB, 2017-09-18 (utgåva 3) redovisades separata bedömningar av de fem farligt godsklasserna med avseende på hur de bedöms påverka risknivån inom det studerade området. Dessa beskrivningar redovisas nu som underlag till bedömningar i den fördjupade riskbedömningen, se bilaga A och bilaga B.

5. Fördjupad riskbedömning

5.1 Metodik

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 riskkällans egenskaper.

Enligt tidigare så utgår riskanalysen från att den framtida trafikeringen på samtliga spår utmed den aktuella sträckan ska vara öppen för alla typer av tåg och hastigheter. Detta gäller även transporter av farligt gods. Riskanalysen kommer därför att utgå från att farligt gods kan förekomma på alla spåren.

Beräkningarna redovisas i sin helhet i bilagorna A och B.

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

Konsekvenserna kommer att beräknas för planerat utförandealternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom det studerade området.

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. I publikationen *Värdering av risk /16/* ges förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk vilka rekommenderas av Länsstyrelsen i Stockholms län och som därför används i denna analys, 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}	$F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1
Övre gräns för områden där risker kan anses vara små	10^{-7}	$F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1

Enligt tabell 5.1 anges kriterierna i form av en övre och en undre gräns. Risker över den övre gränsen anses som oacceptabla medan risker under den nedre gränsen bedöms som acceptabla.

Området mellan kriterierna benämns ALARP (As Low As Reasonably Practicable). I detta område ska man sträva efter att med rimliga medel sänka riskerna, d.v.s. att kostnaderna för åtgärderna ska vara rimliga i förhållande till den riskreducerande effekt som erhålls. För att bedöma rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder bör man därför även beakta begreppet *tolerabel risk*:

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. De undre av kriteriegränserna nyttjas vanligtvis för bebyggelse där påverkan från externa risker (t.ex. förknippade med transport av farligt gods etc.) ska vara låg. Detta gäller exempelvis för bostäder, hotell och svårutrymda lokaler (sjukhus, skolor och personintensiva lokaler etc.). Jämfört med bostäder bedöms ofta påverkan av externa risker vara något mer tolerabla för t.ex. kontors- och vissa typer av restaurang- och butiksverksamheter. Orsaken till detta är främst att dessa typer av verksamheter innebär att personer normalt är vakna, samt att verksamheterna huvudsakligen nyttjas dagtid. För bebyggelse och utrymmen som inte innebär stadigvarande vistelse, t.ex. parkeringsplatser samt gång- och cykelstråk, accepteras normalt en risknivå som överstiger angivna riskkriterier.
2. Rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder beror även inom vilken del av ALARP som risknivån ligger. Risker inom övre delarna av ALARP bör enbart tolereras om det bedöms vara praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. För risker i de lägre delarna av ALARP bör kraven på riskreduktion inte vara lika hårda, men möjliga åtgärder ska dock fortfarande beaktas. I de flesta fall anses risknivån vara acceptabel även om den hamnar inom ALARP-området, förutsatt att de åtgärder som bedöms vara rimliga ur ett kostnads-/nyttoperspektiv vidtas.

- Slutligen bör riskvärderingen beakta hur stor påverkan som den aktuella förändringen har på den totala risknivån. Detta avser främst samhällsrisk där det studerade planområdet normalt utgör en mycket liten del. Värderingen av samhällsrisk utgår därför inte enbart från de angivna riskkriterierna utan även från en jämförelse mot risknivån om den planerade ändringen inte genomförs.

5.1.4 Hantering av osäkerheter

Riskanalysen utgår från underlag som innefattar relativt omfattande osäkerheter, främst med avseende på antalet transporter av farligt gods. I avsnitt 5.4 redovisas en ytterligare diskussion kring hanteringen av ovanstående osäkerheter m.m. samt hur detta inverkar på analysens resultat. För att studera hur olika antaganden påverkar resultatet av den fördjupade riskanalysen utförs en känslighetsanalys.

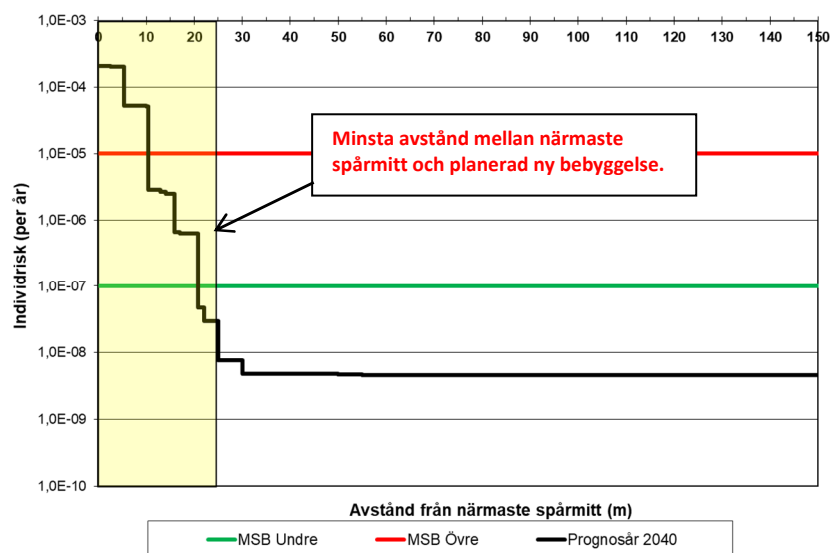
5.2 Resultat riskberäkningar

5.2.1 Individrisk Ostkustbanan

Nedan redovisas den beräknade risknivån inom områden utmed Ostkustbanan. Individrisken presenteras för oskyddade personer utomhus (se figur 5.1). I bilaga C redovisas även hur individrisken förväntas se ut för personer som vistas inomhus. Beräkningen av individrisk inomhus används som ett komplement för att få en mer nyanserad bild över individrisknivån inom planområdet vid ny bebyggelse och planerad markanvändning. Den primära bedömningsgrunden för riskvärderingen i avsnitt 5.3 kommer dock utgå från den ursprungliga individrisken för en oskyddad person som vistas utomhus i ett obebyggt område.

Individrisken redovisas för prognosår 2040 där hänsyn tas till planerad utbyggnad av järnvägen.

Avståndet i diagrammet utgår från spårmittpå det yttersta spåret efter planerad utbyggnad av Ostkustbanan (se beskrivningen i avsnitt 3.2.2). Med hänsyn till detta görs ett genomsnittligt avdrag på 5 m på skadeavståndet för olyckor på de genomgående huvudspåren. I sammanvägningen av individrisken antas tågbrand samt samtliga farligt godsolyckor inträffa på det yttersta spåret närmast planområdet.



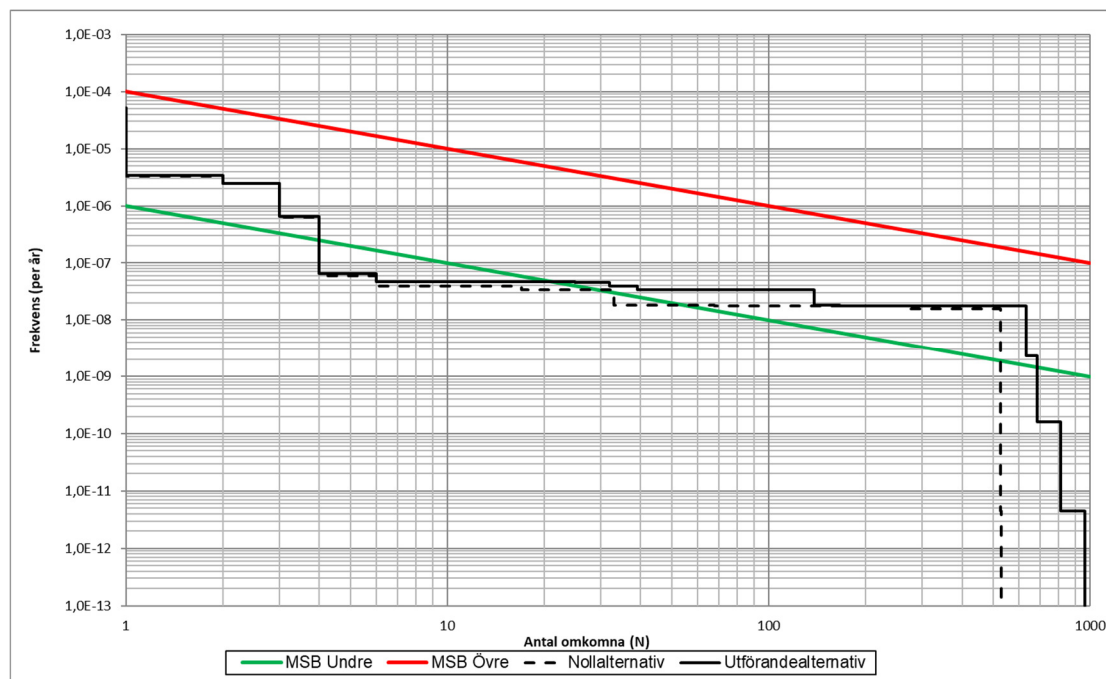
Figur 5.1. Individrisk för oskyddad person utomhus som funktion av avståndet från Ostkustbanan (mätt från närmaste spårmittpå efter utbyggnad av järnvägen). Utan hänsyn tagen till bebyggelse och andra avskärmande barriärer inom planområdet. (Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

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 där hänsyn tas till planerad utbyggnad av järnvägen.



Figur

5.2. F/N-kurva som redovisar samhällsriskenivån med avseende på skadescenarier på Ostkustbanan i anslutning till aktuellt planområde.

5.3 Värdering av risk

5.3.1 Individrisk

Med avseende på individrisk bedöms olycksriskerna förknippade med trafiken på Ostkustbanan hamna inom ALARP inom ca 20 meter från närmaste spårmitt (mätt från avvikande huvudspår efter utbyggnad av järnvägen). Inom ca 10 meter från Ostkustbanan så hamnar individrisken på en oacceptabel nivå. Detta avser både oskyddade personer utomhus samt personer inomhus (risknivån inomhus är generellt något lägre eftersom bebyggelsen har en riskreducerande effekt med avseende på de studerade olycksriskerna, se bilaga C).

I figur 5.1 markeras minsta avstånd mellan järnvägens närmaste spårmitt efter utbyggnad av järnvägen och planerad bebyggelse, ca 25 meter. Med avseende på individrisk anses risknivån vara acceptabel inom delar av planområdet där ny bebyggelse planeras.

Den förhöjda individrisknivån behöver beaktas vid planering och utformning av obebyggda ytor mellan planerad ny bebyggelse och Ostkustbanan. Se vidare avsnitt 6.

5.3.2 Samhällsrisk

Samhällsrisken från olycksriskerna förknippade med trafiken på Ostkustbanan bedöms delvis hamna inom ALARP-området. De olycksrisker som främst bidrar till att samhällsrisken hamnar inom ALARP utgör olycksrisker förknippade med brännbara gaser samt urspårning på Ostkustbanan. Olycksrisker förknippade med övriga farligt godstransporter samt tågbrand bedöms ha en begränsad påverkan på samhällsriskenivån.

Det kan konstateras att även för befintliga förhållanden inom planområdet så hamnar samhällsriskerna delvis inom ALARP. Avseende olycksrisken urspårning bedöms bidraget till samhällsriskerna inte påverkas av planerad ny bebyggelse eller förändring av det aktuella planområdet.

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 positivt 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.

Vid beräkning av olycksfrekvenser har olyckskvoter för urspårning med persontåg respektive godståg hämtats från beräkningsmetod utgiven av den europeiska järnvägsunionen, *UIC Code 777-2*. I tidigare riskanalyser som utförts för detaljplaner längs med Ostkustbanan har frekvensberäkningar utförts enligt den metodik som presenteras i rapport *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen /17/*. Med avseende på att olyckskvoterna som ligger till grund för beräkning av urspårning skiljer sig åt mellan de olika metoderna kommer följaktligen beräknade olycksfrekvenser för respektive sluthändelse att variera beroende av val av beräkningsmetodik.

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 riskberäkningar utförts där dessa parametrar varieras. I Bilaga C redogörs de kompletterande beräkningarna.

Utförd känslighetsanalys påvisar följande:

- Även vid en mycket kraftig ökning av antalet farligt godstransporter på Ostkustbanan så hamnar samhällsriskerna fortfarande inom ALARP, och till stor del inom den nedre halvan av ALARP. Samhällsriskerna hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.
- Att använda en annan mer konservativ beräkningsmetodik för frekvensberäkningarna (VTI) skulle medföra en begränsad skillnad i samhällsrisknivån bortsett från skadescenarier förknippade med urspårning med persontåg där olycksfrekvensen ökar kraftigt. För enstaka samhällsriskerna hamnar fortfarande inom ALARP, men kan hamna på en oacceptabel nivå för olycksrisker med enstaka omkomna, vilket är kopplat till den stora påverkan på urspårningsfrekvensen för persontåg. Det bör observeras att VTI-metoden framförallt är framtagen för att studera olycka med godståg, och för olyckor med persontåg så riskerar metodiken att kraftigt överskatta risken (se bilaga C).

En annan mer konservativ beräkningsmetodik påverkar individrisken och innebär ett ökat avstånd från järnvägen där individrisken hamnar inom ALARP. På ett avstånd om ca 25 meter från järnvägens spår kommer individrisknivån dock ändå fortfarande vara acceptabel.

Individerisken i anslutning till planerad byggnad som planeras minst 25 meter från det framtida planerade spåret är därmed att betrakta som acceptabel även med en konservativ beräkningsmetodik.

- En kraftig ökning av konsekvenserna för respektive skadescenario bedöms också ha en begränsad påverkan på resultatet. Samhällsrisken hamnar fortfarande huvudsakligen inom ALARP, men kan hamna på en oacceptabel nivå för enstaka omkomna. Detta är kopplat till urspårningsscenarioer på det nya avvikande huvudspåret. Det ska observeras att förutsättningarna både för frekvenser och konsekvenser för dessa scenarier är mycket konservativt utförda redan i ursprungsberäkningarna där det förutsätts att samtliga tåg håller en maximal hastighet på 250 km/h på det aktuella spåret samt att begränsad hänsyn har tagits till gällande nivåskillnader mellan spår och planområde. Motsvarande gäller vid den mycket konservativa känslighetsanalysen som studerar både en konservativ metodik för frekvensberäkningarna och en kraftig ökning av konsekvenserna för respektive skadescenario.

6. Säkerhetshöjande åtgärder

6.1 Allmänt

Enligt den fördjupade riskanalysen bedöms samhällsrisknivån för det studerade planområdet vara så hög att riskreducerande åtgärder ska beaktas vid exploatering. Dessutom bedöms individrisknivån inom ca 20 meter från järnvägen (mätt från närmaste spår efter utbyggnad av Ostkustbanan) vara så hög att åtgärder eller restriktioner behöver beaktas.

Åtgärdernas omfattning behöver dock diskuteras, då acceptansnivån är beroende av markanvändning samt avstånd till aktuella riskkällor.

Dessutom behöver bedömningen av åtgärder beakta vilket bidrag till risknivån som respektive olycksrisk innebär. I avsnitt 5.3 redovisas vilka olycksrisker som innebär störst bidrag till den sammanlagda riskbilden inom planområdet.

6.2 Diskussion kring åtgärder

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

I nedanstående avsnitt redovisas beskrivningar av möjliga skyddsåtgärder samt separata bedömningar av rimligheten i att vidta respektive åtgärd med avseende på de olycksrisker som studeras i den fördjupade riskanalysen. Respektive avsnitt inleds med en generell beskrivning av restriktionerna och åtgärder. I kursiv text redovisas en specifik bedömning för det aktuella området. I avsnitt 6.3 redovisas en sammanställning av vilka restriktioner och åtgärder som rekommenderas för det aktuella projektet.

6.2.1 Planering och placering av ny bebyggelse samt markanvändning

Vid lokalisering i ett utsatt område bör man alltid sträva efter att lokalisera bebyggelsen på ett tillräckligt stort avstånd från eventuella störningskällor. Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (se figur 1.1) bör användas som riktvärden för placering av verksamheter.

Normalt innebär uppfyllande av Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd att ytterligare säkerhetshöjande åtgärder inte behöver vidtas. 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 samt vilka olycksrisker 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 6.2.2.

Även obebyggda ytor i närheten av en riskkälla behöver utformas med hänsyn tagen till riskpåverkan.

Föreslagen bebyggelsestruktur innebär att avsteg görs från de av Länsstyrelsen rekommenderade skyddsavstånden. Förslaget enligt figur 2.2 innebär att avståndet mellan ny bebyggelse och järnvägens närmaste befintliga spår (avvikande huvudspår) är ca 30 meter. Avståndet till närmaste befintliga genomgående huvudspår är ca 35 meter. Efter utbyggnad av Ostkustbanan så kommer avståndet mellan ny bebyggelse och närmaste spår (nytt avvikande huvudspår) att bli ca 25 meter och avståndet till närmaste genomgående huvudspår blir ca 30 meter. Även efter en utbyggnad så uppfyller förslaget därmed Länsstyrelsens rekommenderade bebyggelsefria zon på 25 meter, mätt från närmaste spår.

Utifrån samhällsriskberäkningen dras slutsatsen att planerad exploatering och föreslagna avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd har en begränsad påverkan på samhällsrisknivån inom planområdet. Föreslagen exploatering bör därför kunna accepteras. Det rekommenderas dock att kompletterande byggnadstekniska åtgärder vidtas, se avsnitt 6.2.2.

Med hänsyn till den höga risknivån, samt avståndet, rekommenderas att ytor mellan planerad ny bebyggelse och Ostkustbanan inte utformas så att de uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

Rekommendationen avser allmänna gemensamma ytor. Exempel på lämplig markanvändning inom ytor som inte ska uppmuntra till stadigvarande vistelse är gång- och cykelväg, lokalgata, markparkering, naturområden, park samt områden som skyddar mot störning, exempelvis bullervall och plantering. Föreslagen utformning av ytorna närmast planområdet som främst innefattar gångytor till och från pendeltågstationen med tillhörande cykelparkering m.m. förväntas inte uppmuntra till stadigvarande vistelse. Entré till matbutik inom intilliggande fastighet som medges enligt den nya detaljplanen bedöms inte uppmuntra till stadigvarande vistelse.

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

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

För att tillgodose att avstånden mellan riskkällor och bebyggelse samt utrymmen för stadigvarande vistelse utomhus motsvarar föreslagen situationsplan behöver detta anges som krav i detaljplan, se vidare avsnitt 6.3.

6.2.2 Byggnadstekniska åtgärder

Enligt ovan innebär föreslagen bebyggelse att de rekommenderade skyddsavstånd som redovisas i avsnitt 1.6.1 underskrids. Den planerade bebyggelsen innebär enligt den fördjupade riskanalysen en förhöjd risknivå inom de aktuella områdena. För att acceptera avstegen samt för att reducera risknivån behöver kompletterande byggnadstekniska åtgärder vidtas. Nedan redovisas diskussioner kring behovet av åtgärder.

Allmänt om utformning av ny bebyggelse

Utrymningsstrategin för bebyggelse i anslutning till riskkällan kan behöva beakta möjliga externa olyckor. Detta innebär att utrymningsvägar behöver dimensioneras och utformas så att utrymning kan ske tillfredställande även vid en olycka på angränsande riskkällor (järnväg, farligt godsled, farlig verksamhet).

Ovanstående innebär att ny bebyggelse inom planområdet som vetter direkt mot Ostkustbanan ska utformas med åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från järnvägen. Åtgärdsförslaget gäller för ny bebyggelse som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (50 meter för bostäder). Avståndet ska mätas från närmaste spår efter planerad utbyggnad av Ostkustbanan.

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 lätta att identifiera och nyttja. Trapphus som mynnar mot järnvägen bör utföras genomgående så utrymning möjliggörs bort från riskkällan.

Det föreslås att åtgärden anges som krav i detaljplan, se avsnitt 6.3.

Skydd mot urspårning

För att förhindra att ett urspårat tåg kör in i byggnader eller persontäta områden utomhus kan olika byggnadstekniska åtgärder vidtas som alternativ eller som komplement till skyddsavstånd. Exempelvis kan byggnadens konstruktioner förstärkas så att den klarar påkörning utan att bärande konstruktioner skadas alternativt kan en mur/vägg eller dylikt (minst 1,5-2 meter hög över rälsöverkant) uppföras mellan byggnader och spår.

Konstruktioner ska dimensioneras utifrån gällande krav för konstruktioner över, eller i anslutning till trafikerade järnvägsspår, enligt SS-EN 1991-1-7:2006 (Eurokod 1-7). Detaljerad vägledning om de bakomliggande kraven i Eurokod finns i *UIC Code 777-2 R – Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone /18/*.

Som alternativ eller komplement till byggnadstekniska åtgärder kan åtgärder även vidtas på järnvägen, t.ex. kan de yttersta spåren utföras med urspårningsskydd i form av antingen skyddsriäl alternativt förhöjd kantbalk. Urspårningsskydd ska utföras i enlighet med Trafikverkets föreskrifter BVF 586.65 /19/.

I avsnitt 6.2.1 rekommenderas ett skyddsavstånd på minst 25 meter mellan närmaste spår (efter utbyggnad av järnvägen) och ny bebyggelse samt obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Dessutom är det en nivåskillnad mellan järnvägen och planerad ny bebyggelse, vilket utgör en naturlig skyddsbarriär mot urspårning. Skyddsavståndet och nivåskillnaden ger ett betryggande skydd mot samtliga potentiella urspårningsscenarier.

Med hänsyn till det begränsade riskbidraget samt föreslagna skyddsavstånd enligt avsnitt 6.2.1 bedöms det inte vara rimligt att ställa krav på ytterligare åtgärder som skyddar mot urspårning vid ny detaljplan. I bedömningen beaktas en framtida utbyggnad av Ostkustbanan.

Skydd mot brand

För att minska sannolikheten att en brand (olycka med brännbar gas, brandfarlig vätska eller tågbrand) 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. Nivåskillnader och framförliggande bebyggelse och barriärer behöver också beaktas.

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

Enligt den fördjupade riskbedömningen har aktuella brandscenarier på Ostkustbanan begränsad påverkan på risknivån inom planområdet. I avsnitt 6.2.1 rekommenderas skyddsavstånd mellan Ostkustbanan och ny bebyggelse samt obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Skyddsavstånden ger ett betryggande skydd mot tågbrand samt olycka med brandfarliga vätskor och begränsar dessutom sannolikheten för brandspridning in i byggnader vid olycka med brännbar gas.

För att ytterligare begränsa risken för brandspridning in i byggnader rekommenderas att för ny bebyggelse utförs fasader som vetter direkt mot Ostkustbanan i obrännbart material alternativt med konstruktioner som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30. Fönster bör utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Åtgärdsförslaget gäller för ny bebyggelse som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (50 meter för bostäder). Avståndet ska mätas från närmaste spår efter planerad utbyggnad av Ostkustbanan.

För att begränsa risken för brandspridning till befintlig matbutik inom intilliggande fastighet så rekommenderas att ovanstående åtgärdsförslag även vidtas för den entré till butiken som medges enligt den nya detaljplanen.

Det är tillåtet att utföra aktuella fönster öppningsbara. Bedömningen utgår från en sammanvägning av risknivån samt att sannolikheten uppskattas vara låg för att fönster är öppna under längre tid. Det ska observeras att krav på brandklassade fönster enligt BBR generellt innebär att fönstren endast får vara öppningsbara med verktyg, nyckel eller liknande för att möjliggöra underhåll och rengöring. Det är därför väsentligt att det framgår i detaljplan eller i planbeskrivning att aktuella fönster tillåts vara öppningsbara även utan verktyg, nyckel eller liknande. Om detta inte framgår finns risk för att det i byggprocessen uppstår problem om krav på brandklassade fönster formuleras utifrån krav i BBR.

Det föreslås att åtgärden anges som krav i detaljplan, se avsnitt 6.3.

Skydd mot gaser

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. Om ventilationssystemet utförs mekaniskt så kan det dessutom utformas så att det på ett enkelt sätt kan stängas av, genom exempelvis central nödavstängning.

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

Andra möjliga åtgärder för att försvåra inläckage av hälsofarlig gas i byggnaderna kan vara att inte göra fönster mot vägen öppningsbara samt att placera gasdetektorer i fasaden mot vägen. Gasdetektorer som placeras i fasaden kan kopplas till ventilationen så att den stängs av vid detektion av gas. Problemet är vilka gaser som ska detekteras. Vissa gaser är tunga och vissa lätta, placeringen av gasdetektorer är därför inte självklar. Gasdetektorer kräver regelbundet underhåll, vilket innebär ytterligare en funktion som ska ingå i byggnadernas drift- och underhållsarbete. Effekten på risknivån av att placera gasdetektorer i fasad är mycket begränsad. Detta i kombination med den kostnad och de osäkerheter i utförande som åtgärden medför innebär att den inte bedöms vara lämplig eller rimlig att genomföra.

Enligt riskanalysen har olycksrisker med giftiga gaser på Ostkustbanan påverkan på risknivån inom det studerade området. Det är osäkert hur stor riskreducerande effekt som de ventilationstekniska åtgärderna innebär. Åtgärderna bedöms dock normalt innebära relativt låga kostnader och inkräkter inte mer än marginellt på byggnadsutformningen. Nackdelen med åtgärderna är att de kan vara svåra att följa upp och att de inte kan regleras helt som planbestämmelser.

Med hänsyn till rimligheten i att vidta åtgärder i förhållande till riskbidraget och risknivå samt de planerade verksamheterna inom det studerade området så rekommenderas att åtgärder som skyddar mot gasspridning vid olycka på Ostkustbanan vidtas för ny bebyggelse inom planområdet.

Åtgärdsförslaget gäller för ny bebyggelse som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (50 meter för bostäder). Avståndet ska mätas från närmaste spår efter planerad utbyggnad av Ostkustbanan.

Det rekommenderas att åtgärderna anges som krav i detaljplan, se avsnitt 6.3.

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.

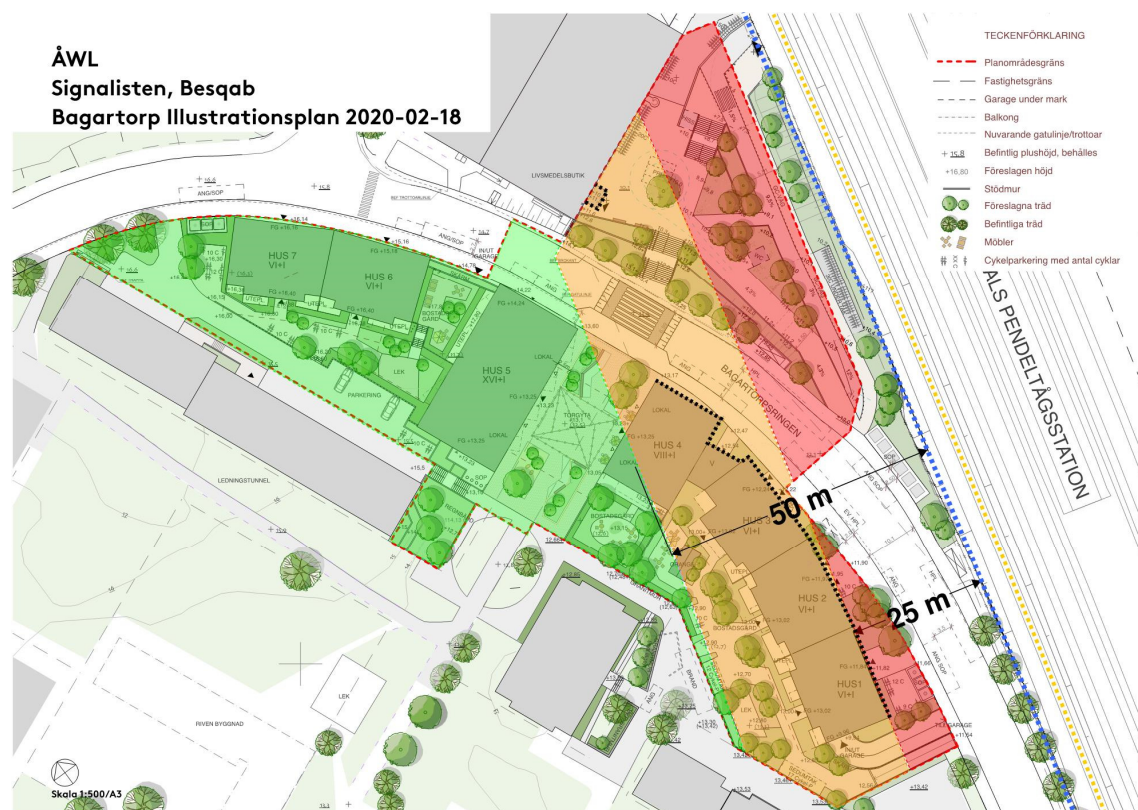
Enligt riskanalysen har olycksrisker med explosiva ämnen samt oxiderande ämnen och organiska peroxider på Ostkustbanan en begränsad påverkan på risknivån inom de studerade områdena. Frekvenserna för en massexplosion och explosionsartade brandförlopp är extremt låga, vilket dels beror på mycket begränsade transportmängder och dels de hårda regler som gäller för transporter av dessa ämnen.

Den riskreducerande effekten av åtgärder som skyddar mot explosioner bedöms vara mycket begränsad. Dessutom bedöms nettotillskottet som de aktuella avstegen från rekommenderade skyddsavstånd innebär vara begränsat eftersom skyddsavstånden i sig har en relativt liten reducerande effekt på större explosionsscenarier.

Med hänsyn till det begränsade riskbidraget bedöms det inte vara rimligt att ställa krav på åtgärder som skyddar mot explosion vid ny detaljplan.

6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning

Vid bebyggelse och förändrad markanvändning inom det aktuella planområdet rekommenderas att följande restriktioner och byggnadstekniska åtgärder vidtas. I figur 6.1 redovisas rekommenderade restriktioner och byggnadstekniska åtgärder som funktion av avståndet till Ostkustbanan.



Figur 6.1. Illustration av restriktioner och byggnadstekniska åtgärder inom planområdet del av Järva 2:9 m.fl. i stadsdelen Bagartorp, Solna stad.

- Nytt genomgående huvudspår Ostkustbanan
- Nytt avvikande huvudspår

> 50 meter från närmaste spår efter utbyggnad av Ostkustbanan:

- Bebyggelse kan utföras utan särskilda krav på säkerhetshöjande åtgärder.

< 50 meter från närmaste spår efter utbyggnad av Ostkustbanan rekommenderas följande restriktioner och byggnadstekniska åtgärder:

- Ny bebyggelse ska placeras så att avstånden är minst 25 meter till närmaste spår efter utbyggnad av Ostkustbanan, mätt från spårmittpunkt. Avståndet mellan bebyggelse och närmaste genomgående spår blir då ca 30 meter.
- Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från Ostkustbanan.
- Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Ostkustbanan alternativt på byggnadernas tak.
- Fasader som vetter direkt mot Ostkustbanan ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.

I figur 6.1 redovisas omfattningen av kravet med svart streckad linje: - - - -

- Fönster i fasader som vetter direkt mot Ostkustbanan ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.
I figur 6.1 redovisas omfattningen av kravet med svart streckad linje: - - - -

 < 25 meter från närmaste spår efter utbyggnad av Ostkustbanan ska dessutom följande restriktioner uppfyllas:

- Ytor mellan ny bebyggelse och Ostkustbanan ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (t.ex. lekplatser, utegym eller uteserveringar) bör placeras så att avstånden är minst 25 meter till närmaste spår efter utbyggnad av Ostkustbanan, mätt från spårmitt. Avståndet till närmaste genomgående spår blir då ca 30 meter.

Förtydligande avseende avstånd:

Enligt förslag till ny spårplan kommer det befintliga avvikande huvudspåret utmed planområdet att göras om till ett nytt genomgående huvudspår och ett avvikande huvudspår utförs ca 5 meter närmare planområdet.

De byggnadstekniska åtgärderna gäller för ny bebyggelse som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (se figur 1.1) och syftar till att främst reducera risker förknippade med transporter av farligt gods. Enligt uppgifter från Trafikverket så går det inte förutsätta att det inte kommer att förekomma farligt gods på samtliga spår, inkl. det avvikande huvudspåret som ligger närmast planområdet och riskanalysen har därför tagit höjd för att farligt gods kan förekomma på alla spåren.

Med hänsyn till detta så föreslås att omfattningen av de byggnadstekniska åtgärderna utgår från närmaste spår efter planerad utbyggnad av Ostkustbanan.

Observera att ovanstående åtgärder endast utgör förslag och det är upp till kommunen att ta beslut om åtgärder. För att säkerställa att åtgärderna vidtas krävs att dessa utformas som planbestämmelser i detaljplanen. Åtgärderna ska formuleras som planbestämmelser på ett sådant sätt att de är förenliga med Plan- och bygglagen (2010:900). Vid formulering av planbestämmelser är det viktigt att funktionen i åtgärden bevakas och får ett juridiskt skydd. Det är lika viktigt att inte låsa fast sig vid en viss teknik eller ett specifikt material eftersom det kan dröja flera år innan planen realiserar.

6.3.1 Åtgärdernas riskreducerande effekt

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

- Begränsning av sannolikheten för att personer utsätts för en förhöjd risknivå under längre tidsperioder genom att tillgodose skyddsavstånd till ny bebyggelse samt områden med stadigvarande vistelse utomhus.
- Begränsning av möjligheten för att oskyddade personer skadas utomhus inom områden med förhöjd risknivå genom att tillgodose skyddsavstånd till områden med stadigvarande vistelse.
- 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 (tågbrand samt olycka med brännbar gas och brandfarliga vätskor) genom skyddsavstånd i kombination med fasad- och fönsteråtgärder.
- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av urspårning genom skyddsavstånd.
- Ökad möjlighet för personer att utrymma byggnader innan kritiska förhållanden uppstår inomhus till följd av en olycka på angränsande järnväg eller transportled för farligt gods genom att tillgodose utrymningsmöjligheter bort från riskkällan.

I bilaga C redovisas samhällsriskerna med hänsyn tagen till föreslagna åtgärder och restriktioner kring markanvändning. Föreslagna åtgärder innebär en reduktion av samhällsriskerna. Med hänsyn till den beräknade risknivån inom studerade områden bedöms de föreslagna åtgärderna ha en tillräcklig riskreducerande effekt.

Åtgärderna medför att planerad ny bebyggelse och markanvändning får en begränsad påverkan på samhällsriskerna för det aktuella planområdet och dess omgivning. Med hänsyn till de mycket små olycksfrekvenserna för olycka med explosivämnen så skulle ytterligare åtgärder som skyddar mot explosion ha en begränsad riskreducerande effekt som inte är motiverbar i förhållande till kostnaderna för dessa åtgärder. Att utöka de byggnadstekniska åtgärderna till att gälla för ny bebyggelse på större avstånd från Ostkustbanan skulle också ha en begränsad riskreducerande effekt, detta eftersom exempelvis större olycksscenarier med brännbar gas så beror en stor del av riskbidraget på konsekvenser utomhus samt inom kringliggande befintlig bebyggelse.

7. Slutsatser

Det aktuella planområdet ligger i ett utsatt läge med hänsyn till olycksrisker förknippade med trafiken på Ostkustbanan. Järnvägen innebär relativt omfattande transportmängder farligt gods. Det uppskattas kunna förekomma transporter av samtliga farligt godsklasser. På den aktuella sträckan utgörs järnvägen idag av fyra genomgående huvudspår tillhörande Ostkustbanan. Från 700 meter norr om det aktuella planområdet och vidare söderut mot Stockholm löper dessutom ett avvikande huvudspår närmast planområdet.

Trafikverket har dessutom planer på att i framtiden utöka Ostkustbanan med två nya spår mellan Stockholm och Uppsala. Enligt förslag till ny spårplan kommer det befintliga avvikande huvudspåret utmed sträckan att göras om till ett nytt genomgående huvudspår. Utmed den aktuella sträckan utförs sedan ett nytt avvikande huvudspår. Utbyggnaden innebär att avståndet mellan planområdet och närmaste spår skulle minska med ca 5 meter. Den framtida utbyggnaden av järnvägen har beaktats i den fördjupade riskbedömningen där hänsyn tas till kortare avstånd mellan spår och planområde samt ökad hastighet på de nya spåren i förhållande till befintlig järnväg. Efter utbyggnad av järnvägen så kommer avståndet från ny bebyggelse att bli minst 25 meter till närmaste spår.

Risikanalyserna utgår från att alla transporttyper kan förekomma på samtliga spår. Detta medför att samtliga identifierade olycksrisker (urspårning, tågbrand samt olycka med farligt gods) kan inträffa på samtliga spår.

Genomförd riskbedömning av identifierade risker förknippade med Ostkustbanan visar att olycksriskerna påverkar risknivån inom det studerade planområdet. Detta gäller framförallt samhällsriskerna. Av de olycksrisker som främst påverkar risknivån inom planområdet är det huvudsakligen transporter av brännbara gaser (klass 2.1) samt urspårning som leder till en förhöjd samhällsrisknivå. Olycksrisker förknippade med övriga farligt godstransporter samt tågbrand bedöms ha en relativt begränsad påverkan på samhällsriskerna.

Planerad ny bebyggelse inom planområdet understiger Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd till järnväg. Med anledning av den höga risknivån samt aktuella avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade avstånd föreslås att säkerhetshöjande åtgärder vidtas i syfte att reducera "nettotillskottet" av oönskade händelser som avsteget medför.

I avsnitt 6.3 redovisas de restriktioner och åtgärder som rekommenderas vid bebyggelse och vid förändrad markanvändning inom planområdet. För att säkerställa att åtgärderna vidtas krävs att dessa utformas som planbestämmelser i kommande detaljplaner.

Föreslagna åtgärder innebär en reduktion av samhällsriskerna. Åtgärderna medför att planerad ny bebyggelse och markanvändning får en begränsad påverkan på samhällsriskerna för det aktuella planområdet och dess omgivning.

8. Bilagor

BILAGA A – Frekvensberäkningar

BILAGA B – Konsekvensberäkningar

BILAGA C – Riskberäkningar

9. Referenser

- /1/ Riskhantering i Detaljplaneprocessen – Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods, Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län & Västra Götalands län, september 2006
- /2/ Inledande riskanalys – Bagartorp, Solna stad, Brandskyddslaget AB, 2017-09-18 (utgåva 3)
- /3/ Detaljplan för del av Järva 2:9 m.fl. stadsdelen Bagartorp i Solna stad (BND 2015:256), Underrättelsehandling, upprättad oktober 2020
- /4/ Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4, Länsstyrelsen Stockholm, 2016-04-11
- /5/ Järnvägen i samhällsplaneringen – Underlag för tillämpning av miljöbalken och plan- och bygglagen, Diarienummer F08-13934/SA20, Banverket 2009
- /6/ Riksintresseprecisering Ostkustbanan, delen Solna – Uppsala, publikation 2016:102, Trafikverket, juni 2016
- /7/ Granskning III av förslag till ny detaljplan för del av fastigheten Järva 2:9 m.fl. Bagartorps centrum, Solna stad (TRV 2020/38090), Trafikverket 2020-11-12
- /8/ Trafikuppgifter avsedda för bullerberäkning (Information - trafikuppgifter enligt tågplan 2020 respektive Information - bullerprognoser 2040), senast daterad 2019-12-09, finns att hämta på www.trafikverket.se
- /9/ Ostkustbanan Stockholm – Uppsala, PM Strategisk spårstudie, Banverket, 2010-03-11
- /10/ Yttrande på förnyad granskning av ny detaljplan för Järva 2:9 m.fl. inom stadsdelen Bagartorp, Solna stad (TRV 2020/38090), Trafikverket 2020-04-22
- /11/ Samhällsekonomi för Stockholm Kombiterminal Norr: Rosersberg, Vectura Consulting AB, 2009-03-09 (reviderad 2009-10-12)
- /12/ RID-S 2019 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2018:6, 2018
- /13/ Bantrafik 2019 (Rapportnr 2020:19), Statistikrapport från Trafikanalys
- /14/ Kartläggning av farligt gods på järnväg under september månad 2006, Räddningsverket 2007 (www.msb.se)
- /15/ RID-transporter mars - maj 2005 utförda av Green Cargo, sträckan Karlberg-Årstabroarna, Green Cargo, 2005
- /16/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997
- /17/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001
- /18/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002
- /19/ Föreskrift (BVF 586.65) rörande Banverkets spårteknik – Skyddsräler, regler för anordnande och konstruktiv utformning, Banverket, 1995-10-10

Bilaga A - Frekvensberäkningar

Uppdragsnamn Bagartorp (del av Järva 2.9 m.fl.), Solna stad		
Uppdragsgivare BESQAB	Uppdragsnummer 107699	Datum 2020-12-02
Handläggare Erik Hall Midholm	Egenkontroll EMM 2020-12-02	Internkontroll RKL 2020-12-02

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:

Ostkustbanan

- 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

Frekvensberäkningarna utförs för en 1 km lång järnvägssträcka i anslutning till det aktuella planområdet. Beräkningarna utförs utifrån förutsättningar avseende spårutformning och trafiksiffror för prognosår 2040 enligt avsnitt 3.2 i huvudrapporten.

2. Beräkningar järnvägsolycka

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

2.1 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 (648 persontåg respektive 5 godståg per dygn):

- Urspårning persontåg: $5,9E-03$ urspårningar per år
- Urspårning godståg: $4,6E-04$ urspårningar per år
- **Urspårning totalt:** **$6,4E-03$ urspårningar per år**

Utslaget på den totala tågtrafiken så innebär ovanstående urspårningsfrekvenser en genomsnittlig olyckskvot på ca $2,7E-08$ per tågkm.

/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

/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 $7 \cdot 10^{-8}$ per tågkm. 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 persontågkm ca 70 % av det totala antalet tågkm i Sverige. Detta kan jämföras med ca 99 % för den aktuella järnvägssträckan. Sannolikheten för urspårning är normalt betydligt högre för godståg än för persontåg, vilket kan förklara skillnaden i genomsnittlig olyckskvot enligt nationell statistik och aktuell sträcka.

2.1.1 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

$$d_{\text{persontåg, 250 km/h}} = 250^2/80 = 780 \text{ m}$$

$$d_{\text{godståg, 160 km/h}} = 140^2/80 = 245 \text{ m}$$

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

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

/4/ Bantrafik 2016 (Rapportnr 2017:21), Statistikrapport från Trafikanalys

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

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 $V^{0,55}$

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

$$b_{\text{godståg, 140 km/h}} = 140^{0,55} = 15,1 \text{ m}$$

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:

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

Frekvensberäkningarna utgår från planerad utbyggnad av Ostkustbanan som kan innebära ett tillkommande spår på vardera sida om befintliga spår utmed den aktuella sträckan (totalt sex stycken genomgående huvudspår) samt ett nytt avvikande huvudspår som löper från ca 700 meter norr om Bagartorp vidare söderut mot Stockholm.

Utformningen av spårområdet utmed planområdet, innebär att sannolikheten för skador inom det studerade området till följd av en urspårning begränsas. Bredden på spårområdet, hastighetsgräns på sträckan, samt utformningen av ytan mellan järnvägen och planområdet innebär att det endast är urspårning på de två yttersta västra spåren som kan påverka risknivån inom kringliggande områden väster om järnvägen. Spårområdets bredd innebär att urspårning på övriga fem spår har en mycket begränsad påverkan på risknivån väster om järnvägen.

I beräkningarna av urspårningsfrekvensen antas mycket grovt att persontågen är jämnt fördelad mellan samtliga sju spår. Detta innebär att en sjundedel av tågen förutsätts trafikera spåret närmast planområdet. För att inte underskatta riskbidraget från olycka med godståg antas det dock konservativt att 25 % av alla godståg trafikerar spåret närmast planområdet.

Resultaten från genomförd fördjupad analys av urspårningsfrekvens redovisas i tabell A.1 nedan. Beräkningarna har utgått från antagandet att ca 95 persontåg per dygn (1/7 av persontågen) respektive i genomsnitt 1,25 godståg per dygn (25 % av godstågen) trafikerar det yttersta spåret närmast planområdet (avvikande huvudspår). Det förutsätts att samtliga tåg på spåret har en hastighet på 250 km/h. Vidare antas det mycket grovt att ca 327 persontåg per dygn (50 % av persontågen) respektive i genomsnitt 2,5 godståg per dygn (50 % av godstågen) trafikerar nästa spår (genomgående huvudspår). Det förutsätts att samtliga persontåg på spåret har en hastighet på 250 km/h och samtliga godståg håller 140 km/h.

I tabell A.1-A.3 redovisas resultaten av sannolikhetsberäkningar med avseende på urspårning på den aktuella järnvägssträckan.

Tabell A.1. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarioer på aktuell järnvägssträcka. **Persontåg på genomgående huvudspår.** Avståndet utgår från närmaste genomgående spår efter utbyggnad av Ostkustbanan.

a (meter)	P_2	Frekvens kollision ($F_1 \times P_2$)
0	40,9%	9,5E-04
1	35,0%	8,1E-04
2	29,6%	6,8E-04
3	24,8%	5,7E-04
4	20,6%	4,8E-04
5	16,9%	3,9E-04
6	13,7%	3,2E-04
7	10,9%	2,5E-04
8	8,5%	2,0E-04
9	6,5%	1,5E-04
10	4,8%	1,1E-04
11	3,5%	8,1E-05
12	2,4%	5,6E-05
13	1,6%	3,7E-05
14	1,0%	2,3E-05
15	0,6%	1,4E-05
16	0,3%	7,4E-06
17	0,2%	3,6E-06
18	0,1%	1,8E-06
19	0,05%	1,1E-06
20	0,03%	6,4E-07
20,8	0,00%	0,0E+00

Tabell A.2. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarioer på aktuell järnvägssträcka. **Godståg på genomgående huvudspår.** Avståndet utgår från närmaste genomgående spår efter utbyggnad av Ostkustbanan.

a (meter)	P_2	Frekvens kollision ($F_1 \times P_2$)
0	38,1%	2,1E-05
1	30,4%	1,7E-05
2	23,9%	1,3E-05
3	18,4%	1,0E-05
4	13,8%	7,7E-06
5	10,1%	5,6E-06
6	7,1%	4,0E-06
7	4,8%	2,7E-06
8	3,1%	1,7E-06
9	1,8%	1,0E-06
10	1,0%	5,7E-07
11	0,5%	2,9E-07
12	0,2%	1,4E-07
13	0,1%	7,6E-08
14	0,1%	4,9E-08
15	0,0%	9,8E-09
15,1	0,0%	0,0E+00

Tabell A.3. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarioer på aktuell järnvägssträcka. **Tåg på avvikande huvudspår.** Avståndet utgår från avvikande huvudspår efter utbyggnad av Ostkustbanan.

a (meter)	P ₂	Frekvens kollision (F ₁ x P ₂)
0	40,9%	3,1E-04
1	35,0%	2,6E-04
2	29,6%	2,2E-04
3	24,8%	1,9E-04
4	20,6%	1,5E-04
5	16,9%	1,3E-04
6	13,7%	1,0E-04
7	10,9%	8,1E-05
8	8,5%	6,4E-05
9	6,5%	4,9E-05
10	4,8%	3,6E-05
11	3,5%	2,6E-05
12	2,4%	1,8E-05
13	1,6%	1,2E-05
14	1,0%	7,6E-06
15	0,6%	4,4E-06
16	0,3%	2,4E-06
17	0,2%	1,2E-06
18	0,1%	5,8E-07
19	0,05%	3,4E-07
20	0,03%	2,1E-07
20,8	0,00%	0,0E+00

2.2 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.

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.

-
- /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

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.5 redovisas resultaten av frekvensberäkningar med avseende på brand i godståg på den aktuella järnvägssträckan. Beräkningarna utgår från det totala antalet godståg på sträckan.

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

Scenario	Frekvens [per år]
Brand i godståg	4,4E-04
Mycket stor brand (3,7 %)	1,6E-05
Stor brand (32,7 %)	1,4E-04
Liten brand (46,7 %)	2,0E-04
Väldigt liten brand / rökutveckling (16,8 %)	7,4E-05

2.3 Järnvägsolycka med farligt gods

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 **järnvägsolycka utan brand** ($F_{\text{urspårning}}$) + **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 urspårning spårar i genomsnitt 3,5 vagnar ur /9/. Sannolikheten för att en farligt godsvagn spårar ur beräknas då utifrån följande ekvation:

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

Enligt riskinventeringen som redovisas i avsnitt 3 i huvudrapporten utgör farligt godstransporter i genomsnitt ca 5 % av den totala godstrafiken. Sannolikheten för att en farligt godsvagn spårar ur beräknas utifrån ovanstående ekvation till:

$$P = 1 - (1-0,05)^{3,5} = 16 \%$$

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

I tabell A.6 redovisas den förväntade frekvensen för järnvägsolycka utan brand i farligt godsvagn. 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.

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

Scenario	Andel	Olycksfrekvens (per år)
Klass 1	0,1%	7,5E-08
Klass 2	29,4%	2,2E-05
Klass 3	35,1%	2,6E-05
Klass 4	2,6%	2,0E-06
Klass 5	13,3%	1,0E-05
Klass 6	1,7%	1,3E-06
Klass 7	0,0%	5,7E-09
Klass 8	17,6%	1,3E-05
Klass 9	0,3%	2,2E-07
Totalt		7,5E-05

Järnvägsolycka med brand: Sannolikheten för att en farligt godsvagn utsätts för brandpåverkan beräknas utifrån ekvationen: $P = X$. Enligt ovan utgör farligt godstransporter i genomsnitt ca 5 % av den totala godstrafiken, d.v.s. $P = 5 \%$.

I tabell A.7 redovisas den förväntade frekvensen för järnvägsolycka med brand i farligt godsvagn. Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för järnvägsolycka är oberoende av vilken last som ryms i vagnarna, d.v.s. fördelningen av olyckor mellan de olika farligt godsklasserna är direkt kopplad till andelen av respektive klass.

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

Scenario	Andel	Olycksfrekvens (per år)
Klass 1	0,1%	2,2E-08
Klass 2	29,4%	6,4E-06
Klass 3	35,1%	7,7E-06
Klass 4	2,6%	5,7E-07
Klass 5	13,3%	2,9E-06
Klass 6	1,7%	3,7E-07
Klass 7	0,0%	1,7E-09
Klass 8	17,6%	3,8E-06
Klass 9	0,3%	6,3E-08
Totalt		2,2E-05

Utifrån resultatet av tabell A.6 och tabell A.7 beräknas frekvensen för järnvägsolycka med farligt gods med brand utgöra ca 20 % av den totala olycksfrekvensen för järnvägsolycka med farligt gods, d.v.s. $2,2E-05 / (7,5E-05 + 2,2E-05)$.

2.3.1 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 (totalt ca 2-28 ton per år under perioden 2013-2017). 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 olycksscenarier förknippade med explosivämnen så antas det konservativt att det kan förekomma enstaka stora transporter av explosivämnen.

Antagandet om fördelningen mellan olika transportmängder utgår från tidigare lokala kartläggningar som pekar på att det kan förekomma transporter av explosivämnen. Fördelningen mellan olika transportmängder har uppskattats utifrån en separat utredning som upprättades inom projektet med överdäckningen av Norra Stationsområdet /12/ samt uppgifter från den riskutredning som utförts för Mäljarbanans sträckning genom Solna och Sundbyberg /13/. Kartläggningen i /12/ beaktar uppgifter från bl.a. MSB, Polisen samt transportörer i Stockholms län:

- Enligt uppgifter från MSB utgörs ca 80-90 % av transporter med explosivämnen av ämnen ur klass 1.1. Klass 1.3 och 1.4 står för ca 5-10 % och övriga klasser transporteras i stort sett inte alls. I de fortsatta beräkningarna antas det konservativt att samtliga transporter rymmer klass 1.1.
- Enligt uppgifter från MSB utgör enbart 0,5 % av transportererna med klass 1.1 i Stockholmsregionen s.k. transittransporter (genomfart) medan resterande transporter till avnämre inom länet.

/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

/12/ Samrådsunderlag avseende omledningsvägnät för explosiva ADR-S transporter – Intunnling av Norra Station, WSP, 2008-11-14

/13/ Riskutredning för Mäljarbanans sträckning mellan Solna stad och Sundbybergs stad (Huvudsta – Duvbo), Briab Brand & Riskingenjörerna AB, 2018-02-28

Utifrån ovanstående uppgifter så antas följande fördelning på Ostkustbanan:

- 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 masseexplosion 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 5 % av alla godsvagnar och enligt tabell A.1 uppskattas explosiva ämnen utgöra högst 0,1 % av alla farligt godstransporter. Sannolikheten för att en farligt godsvagn med explosivämnen är inblandad i en tågbrand beräknas utifrån detta till $5 \% \times 0,01 \% = 0,0005 \%$.

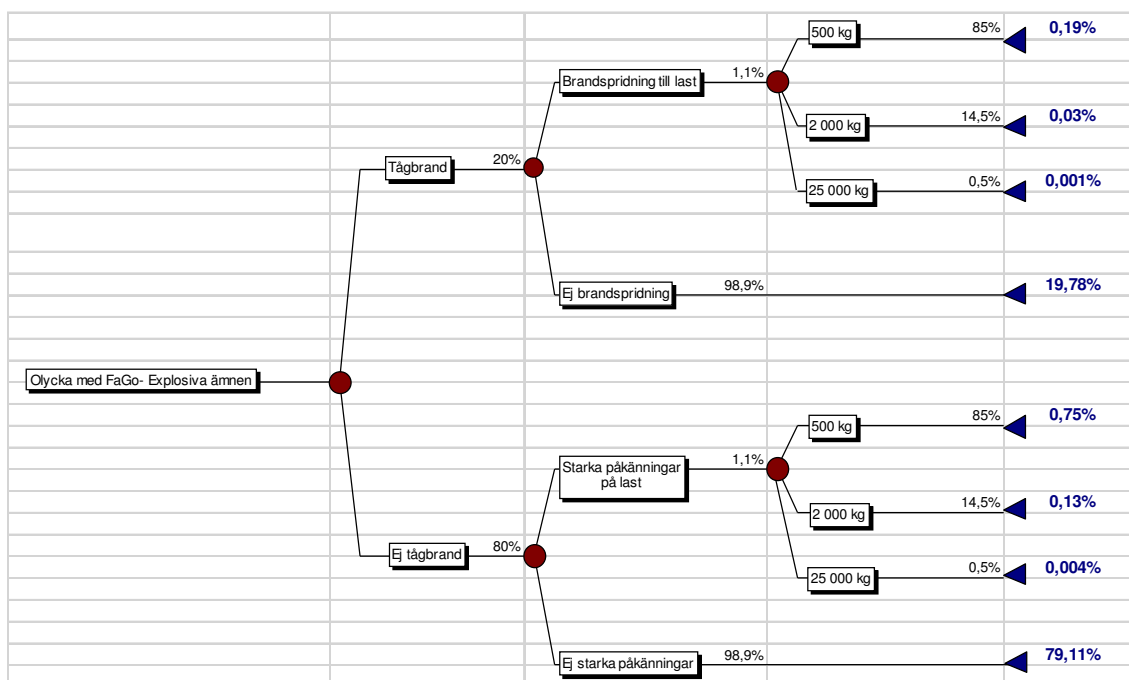
Det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport /10/. Detta innebär en begränsad sannolikhet för att en tågbrand ska påverka godset i sådan omfattning att det leder till explosion.

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 masseexplosion 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 masseexplosion 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 masseexplosion 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)	9,7E-08
Järnvägsolycka utan brand	7,5E-08
Järnvägsolycka med brand	2,2E-08
Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)	
500 kg	7,7E-10
- P.g.a. starka påkänningar	7,3E-10
- P.g.a. tågbrand	4,1E-11
2 000 kg	1,3E-10
- P.g.a. starka påkänningar	1,2E-10
- P.g.a. tågbrand	7,0E-12
25 000 kg	4,5E-12
- P.g.a. starka påkänningar	4,3E-12
- P.g.a. tågbrand	2,4E-13

2.3.2 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. I Räddningsverkets (numera MSB) kartläggning från september månad 2006 redovisas däremot klass 2 uppdelad i de tre undergrupperna /11/. Enligt denna kartläggning består den största andelen (ca 98 %) av brännbara gaser på Ostkustbanan, men kartläggningen redovisar inga transporter av giftiga gaser. Sett till ett generellt genomsnitt på samtliga järnvägar visar kartläggningen att fördelningen mellan undergrupperna är ca 73 % brännbara gaser, 25 % icke giftiga och icke brännbara gaser respektive 2 % giftiga gaser. I beräkningar tas utgångspunkt i den mer generella statistiken.

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 %.

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 /14/:

	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" /15/* kan vidare fördelningen mellan gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion givet en fördröjd antändning ansättas till 60 respektive 40 %.

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

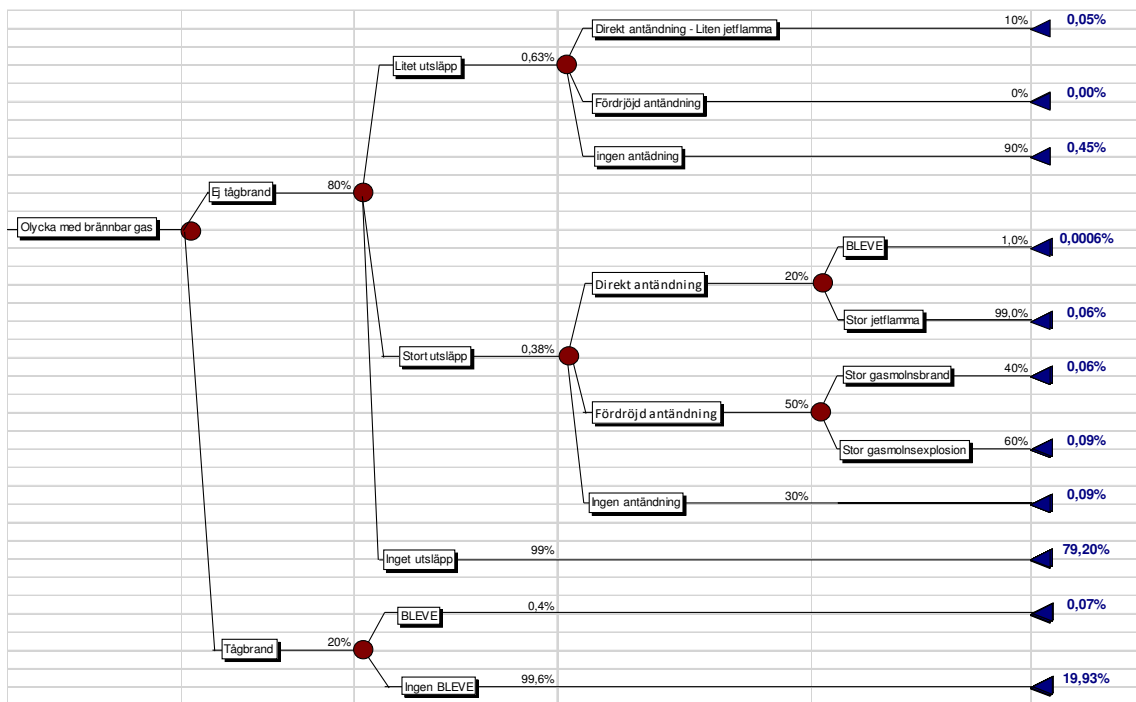
Sannolikheten för att förhållandena kring något av dessa scenarier är sådana att en BLEVE uppstår bedöms vara mycket låg, uppskattningsvis mindre än 1 % för respektive scenario.

Sannolikheten för BLEVE till följd av tågbrand antas (p.g.a. att det förutsätter en icke fungerande säkerhetsventil m.m.) endast vara 10 % givet en mycket stor brand i godsvagn. Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca 3,7 % enligt avsnitt 2.2 (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.

/14/ Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993

/15/ Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book". Ministerie van Verkeer en Waterstaat (VROM), Nederländerna, 2005



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

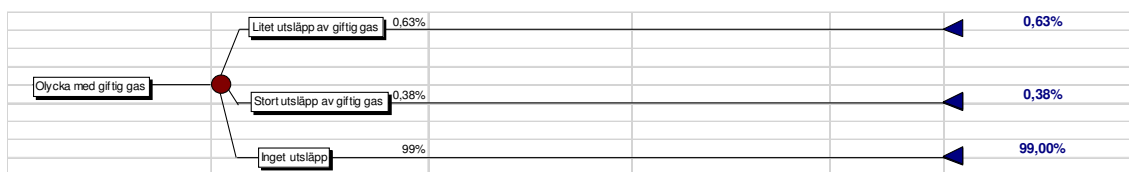
Tabell A.9. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brännbara gaser på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 2.1	2,1E-05
Urspårning	1,6E-05
Tågbrand	4,7E-06
Direkt antändning av litet utsläpp - jetflamma	1,0E-08
Fördröjd antändning av litet utsläpp	0,0E+00
Direkt antändning av stort utsläpp - jetflamma	1,2E-08
Fördröjd antändning av stort utsläpp	3,1E-08
-Stor gasmolnsbrand	1,2E-08
-stor gasmolnsexplosion	1,9E-08
BLEVE	1,5E-08
-pga jetflamma	1,2E-10
-pga brand i godsvagn	1,5E-08

Klass 2.3. Giftiga gaser

För giftiga gaser studeras följande scenarier beroende av läckagestorlek: litet 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.9.



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

Tabell A.10. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av giftiga gaser på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 2.3	5,7E-07
Litet utsläpp giftig gas	3,6E-09
Stort utsläpp giftig gas	2,1E-09

2.3.3 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 *Klass 2. Gaser* ovan. För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 % /9/.

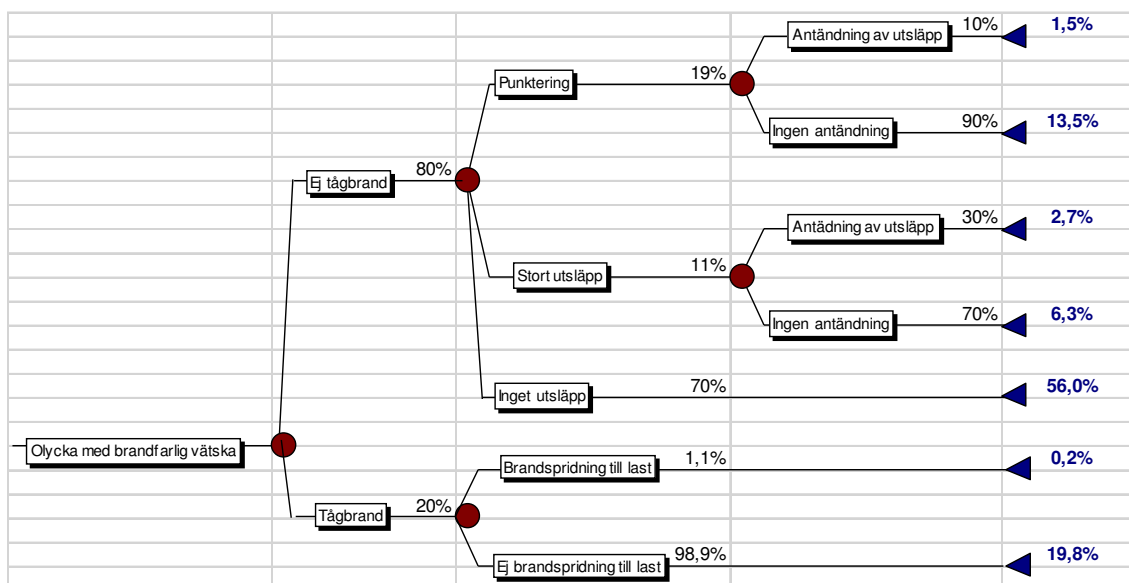
I /9/ anges enligt tidigare en fördelning mellan olika utsläppsstorlekar för järnvägstankar givet utsläpp: litet (62,5 %); medelstort (20,8 %); stort utsläpp (16,7 %).

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 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 2.2 (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.3 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.10.



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

Tabell A.11. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brandfarlig vätska på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 3	3,4E-05
Urspårning	2,6E-05
Tågbrand	7,7E-06
Liten pölbrand	5,1E-07
Stor pölbrand	9,2E-07
Godsvagnsbrand	7,5E-08

2.3.4 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 /16/ 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.

/16/ FOI Memo 2774 – Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5, FOI, 2009-04-20

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. Nämda 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.

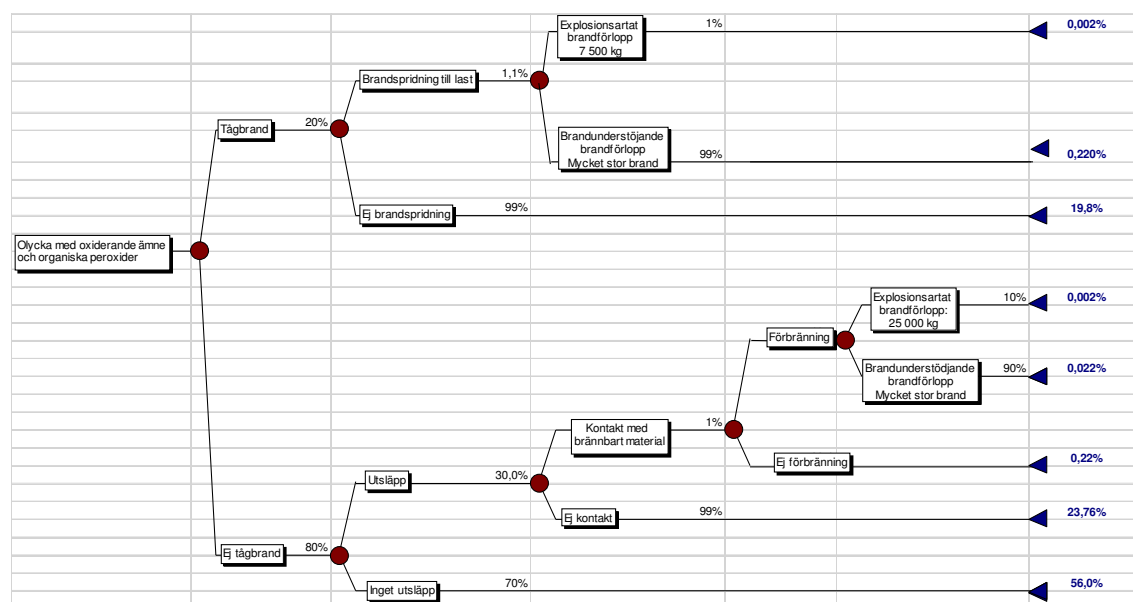
Oxiderande ämnen och organiska peroxider transporteras i tunnväggiga vagnar. Skada på en godsvagn med klass 5 bedöms motsvara den sammanlagda sannolikheten för utsläpp för tunnväggiga vagnar, d.v.s. 30 % /9/. Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca 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 brandunderstödande 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 /17/ 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.11.



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

/17/ Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, 1996

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)	1,3E-05
Järnvägsolycka utan brand	1,0E-05
Järnvägsolycka med brand	2,9E-06
Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarande 7 500 kg ekvivalent trotyl)	2,9E-10
Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarande 25 000 kg ekvivalent trotyl)	3,1E-10
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande godsvagnsbrand med klass 3)	3,1E-08
- P.g.a. tågbrand	2,8E-08
- P.g.a. förroening av brännbart material	2,8E-09

Bilaga B - Konsekvensberäkningar

Uppdragsnamn Bagartorp (del av Järva 2.9 m.fl.), Solna stad		
Uppdragsgivare BESQAB	Uppdragsnummer 107699	Datum 2020-12-02
Handläggare Erik Hall Midholm	Egenkontroll EMM 2020-12-02	Internkontroll RKL 2020-12-02

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:

Ostkustbanan

- 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

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 2) respektive beräkning/bedömning av antal omkomna till följd av respektive olycksrisk (avsnitt 3).

2. Beräkning av skadeavstånd/-områden

2.1 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 tågsvagn. 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 samt 140 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 15 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 ungefär i nivå med omgivningen. Det studerade planområdet ligger dock enligt tidigare högre än järnvägen. Ny bebyggelse planeras minst ca 30 meter från närmaste genomgående huvudspår respektive minst 25 m från nytt avvikande huvudspår efter planerad utbyggnad av Ostkustbanan.

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. Med hänsyn till nivåskillnad antas sannolikheten för worst case scenario utgöra en extremt låg andel av den sammanlagda frekvensen för dimensionerande scenario.

- Urspårning persontåg (hastighetsbegränsning 250 km/h)
 - Dimensionerande scenario, medel: skadeavstånd <10 meter
 - Dimensionerande scenario, max: skadeavstånd 10-21 meter
 - Worst case scenario: skadeavstånd 30 meter (1 % av frekvens för dim. scenario, max)
- Urspårning godståg (hastighetsbegränsning 140 km/h)
 - Dimensionerande scenario, medel: skadeavstånd < 8 meter
 - Dimensionerande scenario, max: skadeavstånd 8-15 meter
 - Worst case scenario: skadeavstånd 30 meter (1 % av frekvens för dim. scenario, max)

Skadezonens 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 antas skadezonen i längsled utmed järnvägen vara 780 meter vid urspårning med persontåg och 245 meter vid urspårning med godståg.

Bedömningskriterier

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

Sannolikheten för att omkomma till följd av byggnadskollaps eller att av byggnadsdelar rasar bedöms däremot vara beroende av byggnadens våningsantal. Ju lägre våningsantal ju lägre sannolikhet att omkomma. För personer som vistas inomhus antas det grovt att 50 % omkommer av de som vistas i byggnader med fasad inom det avstånd från järnvägen som den urspårade vagnen hamnar.

2.2 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 överskrider avståndet mellan spår och planområdet.

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, se även avsnitt 2.3.4):

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

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

Ovanstående förhållande mellan brandeffekt och pölarea innebär att flamhöjden grovt kan uppskattas till $H_f = D / 1$.

Utfallande strålning (I₀) – Den utfallande strålningen (kW/m²) är beroende av pölbrandens diameter. Upp till en viss pölstorlek ökar strålningen från flamman, 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 /3/:

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

/1/ Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005

/2/ Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000

/3/ Radiation from large pool fires, Journal of Fire Protection Engineering, 1 (4), pp 141-150, Shokri & Beyler, 1989

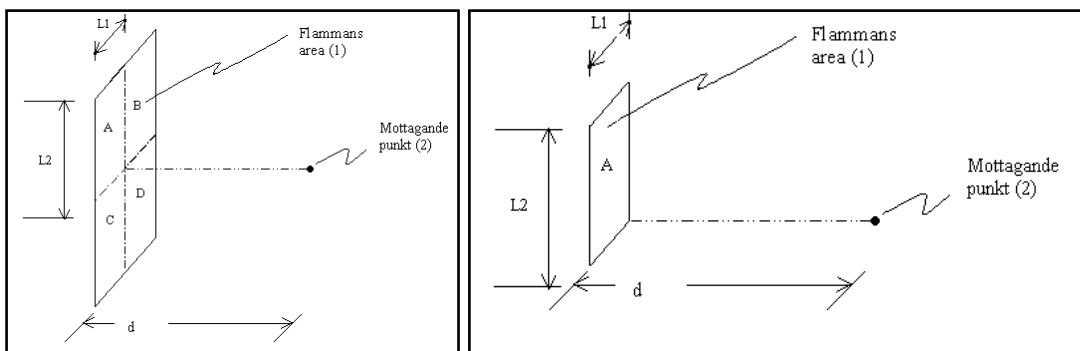
Synfaktor (F) – Synfaktorn (–) anger hur stor andel av den utfallande strålningen som når en mottagande punkt eller yta (se figur B.1). Vid beräkningen av synfaktorn antas att branden är rektangulär så att flammans diameter är lika stor i toppen som i botten. Detta är ett konservativt antagande då branden 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 /4/: $F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$

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

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

$\theta_1 = \theta_2 =$ infallande vinkel (d.v.s. 0) och $A_1 = L_1 \times L_2$ enligt figur B.1.



Figur B.1. Synfaktor.

Ovanstående ekvation kan omvandlas till följande ekvation för beräkning av respektive ytas (A, B, C och D) synfaktor /5/:

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

$X = \frac{L_1}{d}$ och $Y = \frac{L_2}{d}$ enligt figur B.1.

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

Med hjälp av ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flamhöjden för de olika scenarierna (se tabell B.1).

Tabell B.1. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flamhöjd samt utfallande värmestrålning.

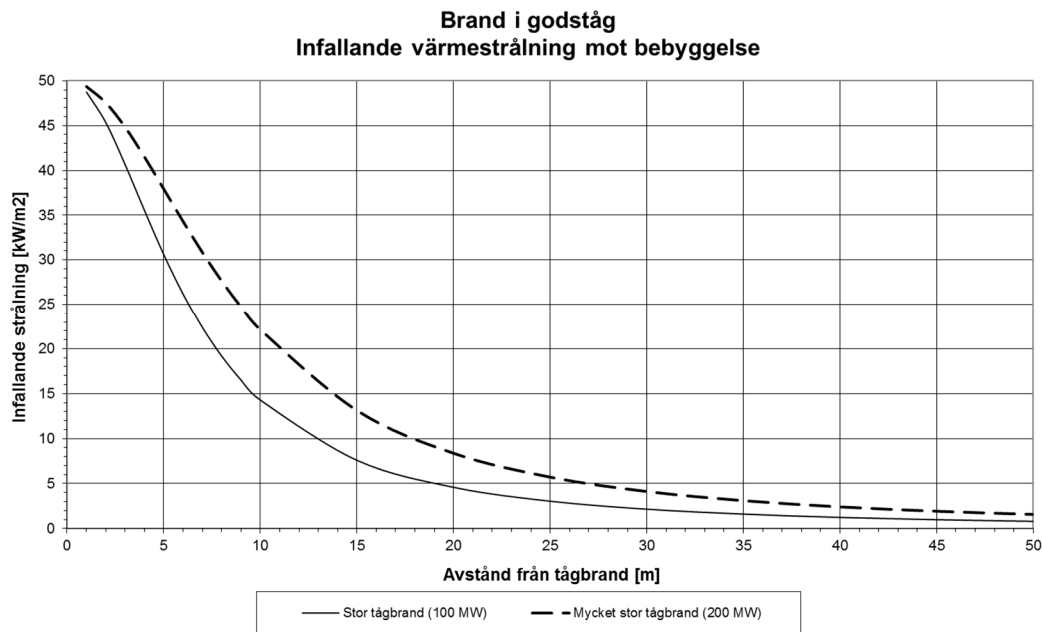
Scenario	Brinnande yta A_f (m^2)	Utvecklad effekt Q (kW)	Brandens diameter D_f (m)	Flamhöjd H_f (m)	Utfallande strålning I_0 (kW/m^2)
Stor tågbrand	100	100 000	11,3	11,3	46,8

/4/ An Introduction to Fire Dynamics – second edition, Drysdale, University of Edinburgh, UK 1999

/5/ Thermal Radiation Heat Transfer, 3rd ed., Seigel & Howell, USA 1992

Mycket stor tågbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
----------------------	-----	---------	------	------	------

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.2. 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 flaman och absorberar en avsevärd del av strålningen, vilket i sin tur minskar den utfallande värmeinstrålningen. För att inte underskatta den infallande värmeinstrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på 50 kW/m^2 för samtliga brandscenarier.



Figur B.2. Infallande strålning som funktion av avståndet från brand i godståg.

Bedömningskriterier

Hur hög värmeinstrålning 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.2 redovisas exempel på strålningsnivåer och vilka skador dessa kan medföra avseende personskada respektive brandspridning.

Tabell B.2. Effekter av olika strålningsnivåer /1, 6/.

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 /7/ 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 utvändig 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

/6/ Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – metoder för bedömning av risker, FOA, september 1997

/7/ 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.3 redovisas beräknade skadeavstånd för respektive skadescenario.

Tabell B.3. 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

2.3 Olycka med farligt gods

2.3.1 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
- 2000 kg
- 25 000 kg

Konsekvensberäkningarna följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium *Konsekvenser vid explosioner /8/*. 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.3 och figur B.4 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.

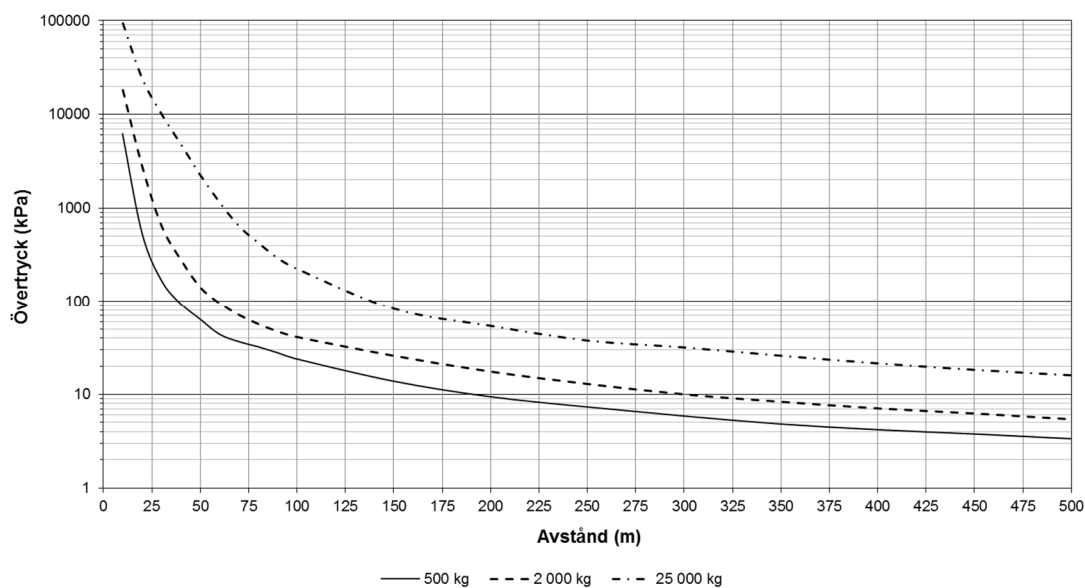
/8/ Konsekvenser vid explosioner – kompendium framtaget i samband med FOAs kurs explosivämneskunskap, FOA, Rickard Forsén 1999-09-03 (Bearbetat av Stefan Olsson 2001-09-16)

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

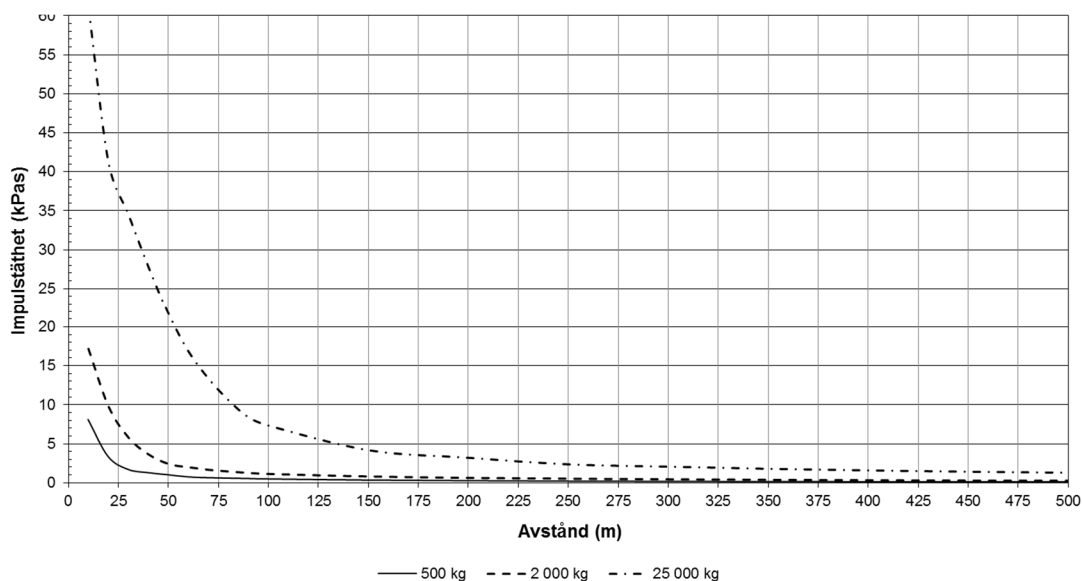
Då människor är relativt små bedöms inget reflekterande tryck uppstå vilket innebär att man vid bedömning av skadeområdet för konsekvenser utomhus studerar strykande tryck (180°).

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

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



Figur B.3. Max övertryck som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.



Figur B.4. 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 karaktäristiska tryck (P_c) och impuls (I_c), se ekvationen i avsnitt Metodik. I tabell B.4 anges karaktäristiska tryck (P_c) respektive impulstäthet (I_c) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärighet /8/.

Tabell B.4. Karaktäristiska 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

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 antas ca 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 /6/:

- | | | | |
|----------------|---------|----------------|---------|
| • 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: 10 %
- 2 000 kg 50 %
- 25 000 kg 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.5 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.3 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 ca 75 % i förhållande till vad som anges i figur B.3 respektive figur B.4. I tabell B.5 redovisas skadeavstånden för dels icke skyddad bebyggelse och dels skyddad bebyggelse.

Tabell B.5. 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	100 % <i>inomhus</i>	20	< 20
	15 % <i>inomhus</i>	80	< 30
	10 % <i>utomhus</i>	30	< 30
2 000 kg massexplosion	100 % <i>inomhus</i>	35	30
	15 % <i>inomhus</i>	175	100
	50 % <i>utomhus</i>	50	30
25 000 kg massexplosion	100 % <i>inomhus</i>	90	60
	15 % <i>inomhus</i>	600	200
	100 % <i>utomhus</i>	100	70

2.3.2 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
- *Gasmolnsexplosion*: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck
- *BLEVE*: Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion kan uppkomma om tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en utbredd brand under en längre tid.

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

Avseende olycka på järnväg har utsläppssimuleringarna utförts för en tankvagn med total mängd ca 40 ton tryckkondenserad gas.

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

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck vid 15°C
- Lufttryck: 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 /9/:

- 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.

Skadeområdena för gasmolnsexplosion är dessutom beroende av vindstyrkan, där skadeområdet blir större ju lägre vindstyrka. Även här antas det konservativt en relativt låg vindstyrka, ca 3 m/s.

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.

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

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

För gasmolnsexplosion och BLEVE bedöms sannolikheten för brandspridning vara låg med hänsyn till kortvariga brandförlopp. Konsekvenser inomhus kan dock uppstå p.g.a. tryckpåverkan. Utifrån detta uppskattas grovt att 5 % av personer som befinner sig inomhus inom belyst skadezon enligt tabell B.6 förväntas omkomma.

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

Resultat

I tabell B.6 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. Planerad bebyggelse enligt avsnitt 2 bedöms reducera skadeavståndet (längden) för respektive scenario med åtminstone 50 % i förhållande till vad som redovisas i **Gasol**. 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.6. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse	
		bredd	längd	bredd	längd
Olycka på järnväg					
Liten jetflamma	5 % inomhus 50 % utomhus	6	5	6	5
Liten gasmolnsexplosion	5 % inomhus 50 % utomhus	2	5	2	5
Stor jetflamma	5 % inomhus 50 % utomhus	50	45	50	25
Stor gasmolnsexplosion	5 % inomhus 50 % utomhus	165	145	165	75
BLEVE	5 % inomhus 50 % utomhus	530	265	530	135

2.3.3 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 längre 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 konservativt 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.7 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. Enligt avsnitt 5.3.1 utgår beräkningarna i **Spridning i Luft 1.2** från bebyggelse med avseende på ytråheten (d.v.s. möjligheten för gasmolnet att spridas). Beräkningarna avser relativt fri spridning av gas som inte tar någon hänsyn till framföriggande 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 avskärmande 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 framföriggande skyddande bebyggelse. För skadescenarioer med mindre skadeavstånd än avståndet till planerad bebyggelse görs inget reducering.

Tabell B.7. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarioer 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	15
	5%	4	15	30	50	4	15	30	25
Stort utsläpp (stor punktering)	100%	20	50	140	250	20	25	140	125
	50%	80	260	240	370	80	130	240	185
	5%	190	345	360	430	190	172,5	360	215

2.3.4 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 /10/. 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 /11/ 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 2.2.

Med hjälp av gällande samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden beräknats för de två skadescenarierna (se tabell B.8).

Tabell B.8. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flammhöjd samt utfallande värmestrålning.

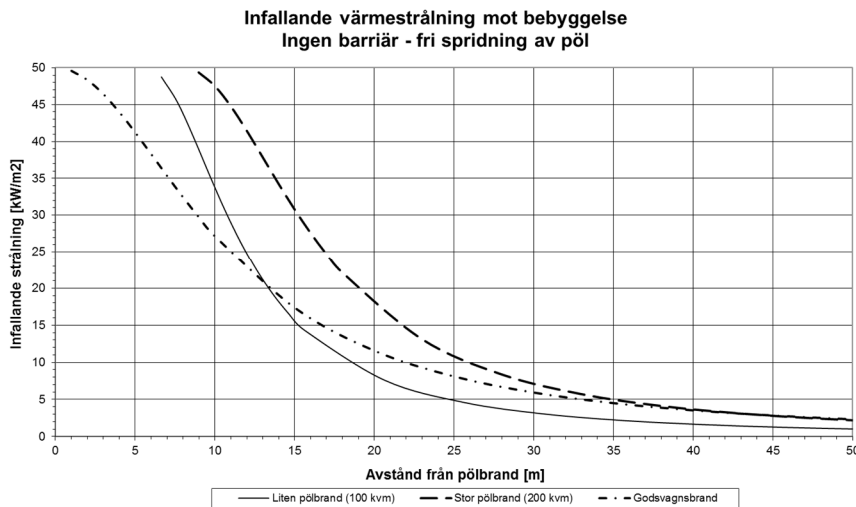
Scenario	Brinnande yta A _F (m ²)	Utvecklad effekt Q (kW)	Brandens diameter D _F (m)	Flammhöjd H _F (m)	Utfallande strålning I ₀ (kW/m ²)
Liten pölbrand	100	100 000	11,3	11,3	46,8
Stor pölbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
Godsvagnsbrand	300	300 000	19,5	19,5	40,0

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.5 och figur B.6. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. I diagrammen beaktas även pölarnas radie (ej för tankbilsbrand), vilket beror på att pölen kan spridas mot det studerade området.

Enligt tabell B.9 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.

/10/ Konsekvenser vid tankbilsolycka med bensen i Stockholms innerstad, Stockholms brandförsvär, 1998

/11/ Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee of Road Tunnels, 1999



Figur B.5. Infallande strålning som funktion av avståndet från pölbrand respektive godsvagnsbrand.

Bedömningskriterier
Se avsnitt 2.2.

Resultat

I tabell B.9 redovisas beräknade skadeavstånd för respektive skadescenario.

Tabell B.9. 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	22
	100% utomhus	13
	50% utomhus	22
	5% utomhus	25
Godsvagnsbrand (300 MW)	5% inomhus	17
	100% utomhus	7
	50% utomhus	17
	5% utomhus	22

2.3.5 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Metodik

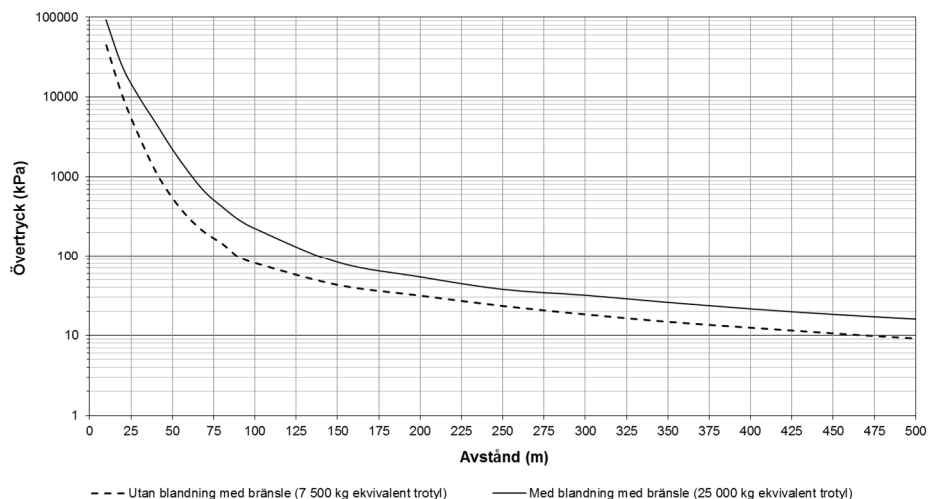
Olyckor med oxiderande ämnen (klass 5.1) och organiska peroxider (klass 5.2) brukar vanligtvis inte leda till personskador. Om det blir involverat i en brand kommer dock brandens intensitet att öka. Vissa oxiderande ämnen kan även ge explosionsartade brandförlopp eller våldsamma reaktioner tillsammans 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:

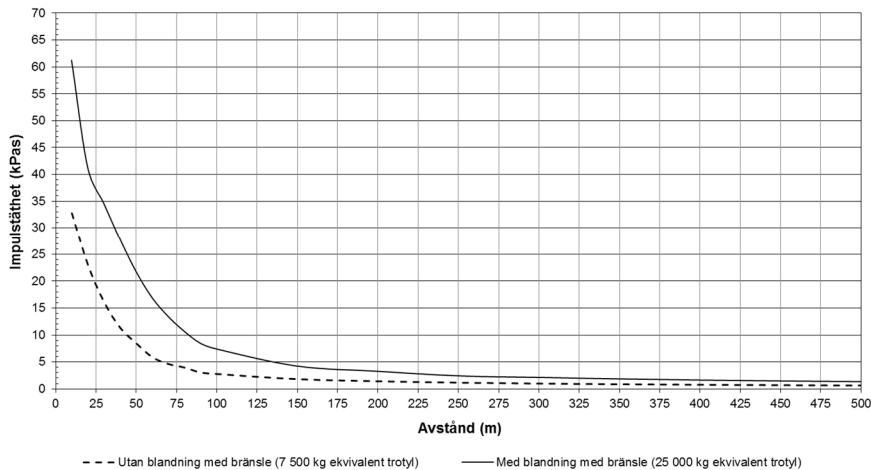
- Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarar 30 % av 25 000 kg ekvivalent trotyl)
- Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarar 100 % av 25 000 kg ekvivalent trotyl)
- Brandunderstöjdande brandförlopp (motsvarande godsvagnsbrand med brandfarlig vätska, se avsnitt 2.3.4)

Konsekvensberäkningarna avseende explosionsartade brandförlopp följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium *Konsekvenser vid explosioner /8/* och som beskrivs i avsnitt 2.3.1.

I figur B.8 och figur B.9 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.6. Max övertryck som funktion av avståndet från explosionsartat brandförlopp med klass 5 på eller nära mark vid vinkelrätt infall.



Figur B.7. Impulstättighet 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 2.2 samt avsnitt 2.3.4. Aktuellt scenario med brandunderstödjande brandförlopp antas motsvara en godsvagnsbrand med brandfarlig vätska (se figur B.5).

Bedömningskriterier

Se avsnitt 2.2 respektive avsnitt 2.3.1.

Resultat

I tabell B.10 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario med ämne ur klass 5.

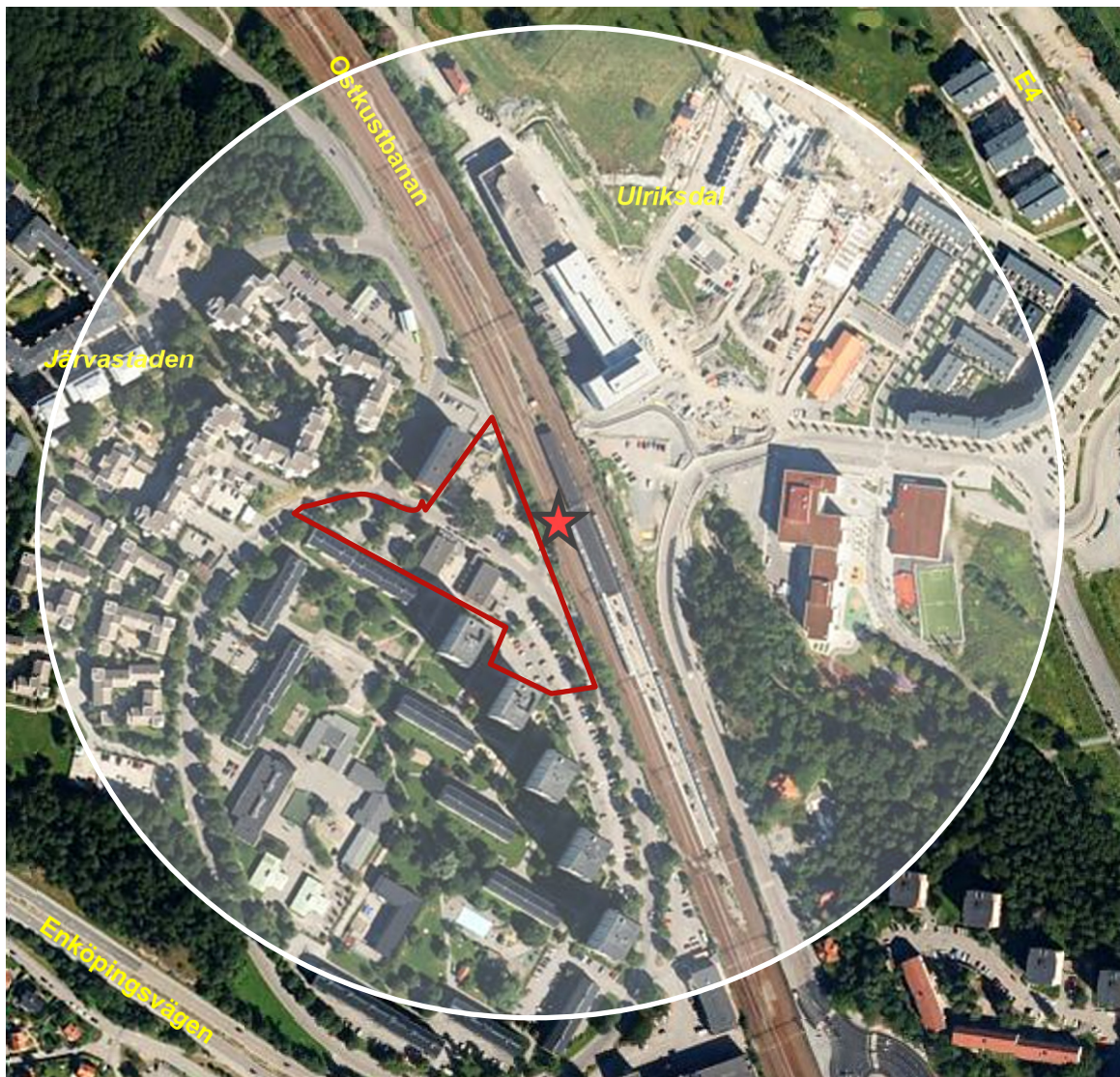
Tabell B.10. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		Oskyddad bebyggelse	Skyddad bebyggelse
Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarande 7 500 kg ekvivalent trotyl)	100 % <i>inomhus</i>	60	35
	15 % <i>inomhus</i>	400	100
	50 % <i>utomhus</i>	75	50
Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarande 25 000 kg ekvivalent trotyl)	100 % <i>inomhus</i>	90	60
	15 % <i>inomhus</i>	600	200
	50 % <i>utomhus</i>	100	70
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande godsvagnsbrand med klass 3)	5% <i>inomhus</i>	17	17
	100% <i>utomhus</i>	7	7
	50% <i>utomhus</i>	17	17
	5% <i>utomhus</i>	22	22

3. Beräkning av antal omkomna

3.1 Föresättningar

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



Figur B.8. Översiktsbild över området Bagartorp och dess omgivning (område för planerad bebyggelse rödmarkerat).

Röd stjärna visar antagen placering av respektive olycka på Ostkustbanan.

Vit cirkel visar ungefärligt maximalt påverkansområde för olycka på Ostkustbanan, ca 300 meter.

- 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.
- Figur B.8 visar det aktuella området som studeras i denna riskutredning samt dess närmaste omgivning. Frekvensberäkningarna i bilaga A omfattar en 1 km lång sträcka av Ostkustbanan. Konsekvensberäkningarna kommer dock att avgränsas till att studera respektive olycksscenario där de innebär så stora konsekvenser som möjligt för det studerade planområdet. Detta innebär att olyckan förutsätts inträffa mitt för planområdet där avståndet till respektive riskkälla är som kortast, se markering i figur B.8).
- Det område som beaktas i konsekvensberäkningarna motsvarar det maximala skadeområdet för aktuella skadescenarier (ca 300 meter radie kring riskkällan).
- Konsekvensberäkningarna kommer att utgå från att respektive olycka inträffar på det yttersta spåret närmast planområdet (d.v.s. det nya avvikande huvudspåret). Undantag görs för skadescenarierna urspårning med persontåg och godståg på genomgående huvudspår där ett genomsnittligt avdrag görs på 5 meter på skadeavståndet eftersom dessa scenarier är kopplade till de genomgående spåren. Detta är en mycket konservativt antagande med hänsyn till att en stor andel av trafiken, inkl. farligt godstransporterna förväntas ske på de genomgående huvudspåren.

3.1.1 Planerad bebyggelse Bagartorp

Det aktuella planområdet är ca 10 000 m². Av dessa utgör ca 4 000 m² gatu- och torgmiljö.

Syftet med den nya detaljplanen är att möjliggöra nya bostadshus utmed Bagartorpsringen, se figur B.9. Den nya bebyggelsen ersätter huvudsakligen befintlig markparkering samt centrumbyggnader i anslutning till gångstråket mot pendeltågstationen. De nya byggnaderna består av ett högt bostadshus i 17 våningar samt ett antal lägre bostadshus i 6-8 våningar.

Enligt det förslag till bebyggelsestruktur som redovisas i figur B.9 planeras ny bebyggelse som närmast ca 30 meter från närmaste genomgående huvudspår (mätt från spårmittpå på närmaste spår efter planerad utbyggnad av Ostkustbanan). Avståndet till det nya avvikande huvudspåret blir minst 25 meter.

De nya bostadshusen kommer till största del att bestå av lägenheter i storlekarna 1-4 rum och kök. Sammanlagt planeras ca 230 bostadslägenheter. I bottenvåningen mot det övre torget (d.v.s. väster om Bagartorpsringen) föreslås lokaler för centrumändamål och i våning 2 och 3 föreslås möjlighet till centrumändamål.

I BBR /12/anges riktlinjer för genomsnittliga persontätheter kopplat till verksamhet som avser dimensionering av utrymningssäkerheten. För kontor anges 0,1 pers/m² och för verksamheter och lokaler 0,5 anges personer per m² (nettoarea). De värden som redovisas i BBR avser dock dimensioneringen av utrymningssäkerheten, vilket innebär maximal personbelastning. Så höga persontätheter bedöms endast uppstå vid relativt begränsade tillfällen. 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.). Sammantaget antas den maximala personbelastningen inom en byggnad utslaget på total BTA vara ungefär hälften av ovan angivna persontätheter.

/12/ Boverkets byggregler BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2017:5 (BBR 25)

För bostäder finns inget värde på dimensionerande persontäthet. Det antas grovt 1 person per 20-30 m² BOA. Inom flerbostadshus uppskattas en maximal persontäthet på ca 0,033-0,05 personer per m² bostadsarea (BOA). Det antas att de nya bostadshusen bebos av ca 500 personer. Värdet gäller nattetid då personer är hemma. Dagtid uppskattas persontätheten inom bostäderna generellt vara lägre. Grundat på övriga verksamheter så antas det dock grovt att det genomsnittliga personantalet inom planområdet motsvarar ca 500 personer dygnet runt.

Detaljplanen innefattar två torgytor. Det övre torget väster om Bagartorpsringen utgör Bagartorp centrum och i anslutning till detta planeras butiker och verksamheter som bidrar till stadigvarande vistelse inom torgytan. Det övre torget ligger ca 45-50 meter från närmaste befintliga järnvägsspår. Detaljplanen innefattar även omgestaltning och upprustning av det nedre entrétorget mellan Bagartorpsringen och pendeltågsstationen. Det nedre torget kommer att fungera som en kollektivtrafiknod och rustas upp med ökad möjlighet för cykelparkering. Från gångtunneln/entrén mot pendeltågsstationen planeras en hiss upp till torgytan. Den planerade utformningen av det nedre torget bedöms inte innebära ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

Detaljplanen medger en entré från det nedre entrétorget till den befintliga matbutiken. Entrén är befintlig men planförslaget medger att den flyttas utmed fasaden mot torget.

Uteplatser, grönytor och lekplatser som är kopplade till bostadshusen placeras i bullerskyddade lägen bort från järnvägen. Ut mot Bagartorpsringen skapas halvoffentlig förgårdsmark med cykelparkeringar, planteringar och sopkassuner. Utformningen av dessa ytor som vetter mot järnvägen uppmuntrar inte till stadigvarande vistelse.

För obebyggda ytor öster om Bagartorpsringen, som förutsätts utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse (ca 4 000 m²), förväntas personantalet vara lågt. Den genomsnittliga persontätheten uppskattas till 1 person per 200 m² (0,005 personer/m²). För det övre torget (Bagartorps centrum) samt övriga obebyggda delar som planeras för mer stadigvarande vistelse (ca 2 800 m², inkl. uppbyggda innergårdar) uppskattas persontätheten kunna vara högre, antaget 1 person per 20 m² (0,05 personer/m²). Dessa persontätheter motsvarar sammanlagt att i genomsnitt ca 160 personer vistas utomhus inom planområdet, varav ca 20 personer inom det nedre entrétorget. Nattetid antas obebyggda ytor i stort sett vara tomma.



Figur B.9. Illustrationsplan för ny bebyggelse inom området Bagartorp, daterad 2020-03-11. Avståndsmätningen utgår från närmaste befintliga spår.

3.1.2 Kringliggande bebyggelse

Enligt avsnitt 3.1 studeras ett område med ca 300 meters radie kring järnvägen, vilket motsvarar det maximala skadeområdet för aktuella skadescenarier, se markering i figur B.8.

Väster om Ostkustbanan: Det aktuella planområdet innebär en förtätning av de redan bebyggda områdena Bagartorp och Agnesberg. Väster om Agnesberg pågår byggnationen av den nya stadsdelen Järvastaden. För Järvastaden som helhet (inkl. Brotorp) planeras sammanlagt ca 4 000 bostadslägenheter och ca 50 000 kvadratmeter kommersiella lokaler.

Kringliggande bebyggelse utgörs huvudsakligen av flerbostadshus i 4-14 våningsplan.

Avståndet mellan Ostkustbanan och närmaste befintliga bostadshus är ca 25 meter (huset direkt norr om entrétorget). Övriga bostadshus ligger minst 50 meter från järnvägen.

Mycket grovt uppskattas bebyggelsen och verksamheterna inom detta område innebära ca 4 000 personer vid full belastning.

Det har inte identifierats några större obebyggda ytor som bedöms uppmuntra till stadigvarande vistelse utomhus. Med hänsyn till detta antas 10 % av personerna vistas utomhus.

Öster om Ostkustbanan: Nordost om det aktuella planområdet, på motstående sida om järnvägen sker utveckling av en ny stadsdel inom Ulriksdal. Detta område sträcker sig mellan järnvägen i väster och E4 i öster. Inom området pågår planering och byggnation av kontor, handel, skola, hotell och bostäder.

Avståndet mellan Ostkustbanan och närmaste bebyggelse är ca 20-25 meter. Mycket grovt uppskattas bebyggelsen och verksamheterna inom detta område innebära ca 5 000 personer vid en genomsnittlig full belastning.

Det har inte identifierats några större obebyggda ytor som bedöms uppmuntra till stadigvarande vistelse utomhus. Med hänsyn till detta antas 10 % av personerna vistas utomhus.

3.1.3 Sammanställning dimensionerande personantal

Både planerad bebyggelse inom planområdet och kringliggande bebyggelse bedöms kunna innebära att antalet personer i det studerade området kan variera relativt kraftigt mellan olika tidpunkter. Detta gäller främst obebyggda ytor där planerad utformning och användning kommer att innebära mycket begränsad personbelastning nattetid. Konsekvensberäkningarna utförs dock konservativt för ett scenario där maximalt personantal förväntas inom området både inomhus och utomhus, d.v.s. "beläggningen" ansätts till 100 %.

Inom det studerade området med en radie på ca 300 meter runt olycksplatsen (se figur B.8) så förutsätts det vid olyckstillfället vistas sammanlagt 9 670 personer, varav i genomsnitt ca 10 % förutsätts vistas utomhus. Utslaget på det totala studerade området ($300^2 \times \pi$ minus ett avdrag på ca 600 x 45 meter för Ostkustbanans spårområde) så innebär detta en genomsnittlig persontäthet på ca 0,038 personer per kvadratmeter. Konsekvensberäkningarna kommer dock beakta att planerad markanvändning innebär att persontätheten varierar inom det studerade området. Detta gäller framförallt ytorna närmast järnvägen som utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse, vilket förväntas innebära betydligt lägre persontäthet än vad som anges ovan, se avsnitt 3.1.1.

3.2 Resultat

I tabell B.11 redovisas uppskattat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 3.1.1 och 3.1.2) inom det studerade området.

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. Beräkningarna delas upp i konsekvenser inom planområdet respektive inom kringliggande områden. Skadeområdena har beräknats med hänsyn tagen till ett minsta avstånd 25 m mellan spår och ny bebyggelse samt minst 7 meter mellan spår och obebyggda ytor där personer förväntas kunna vistas (avdraget motsvarar spårområdets bredd utanför det yttersta spåret).

Med hänsyn till att persontätheten inom de obebyggda ytorna närmast järnvägen utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse, vilket därmed innebär en lägre persontäthet än inom övriga delar av planområdet, så kommer skadescenarier med skadeområde < 30 m (d.v.s. som främst påverkar dessa ytor) att studeras specifikt där beräknade skadeområden multipliceras med förväntad persontäthet inom dessa ytor.

Enligt avsnitt 3.1 så utförs konsekvensberäkningarna utifrån förutsättningen där de innebär så stora konsekvenser som möjligt för det studerade planområdet. Detta innebär följande förutsättningar:

- *Urspårning på genomgående huvudspår (både persontåg och godståg) inträffar på det nya yttersta genomgående spåret efter utbyggnad av Ostkustbanan (30 m från ny bebyggelse).*
- *Urspårning på avvikande huvudspår inträffar på det nya avvikande huvudspåret efter utbyggnad av Ostkustbanan (25 m från ny bebyggelse)*
- *Tågbrand inträffar på det nya avvikande huvudspåret efter utbyggnad av Ostkustbanan (25 m från ny bebyggelse)*
- *Olycka med farligt gods inträffar på det nya avvikande huvudspåret efter utbyggnad av Ostkustbanan (25 m från ny bebyggelse).*

Ovanstående förutsättningar innebär att avståndet till kringliggande bebyggelse öster om järnvägen ökar med ca 20 meter i förhållande till vad som redovisas ovan. Detta påverkar de skadescenarier som har ett cirkulärt skadeområde (explosion, BLEVE m.m.). De skadescenarier som endast påverkar en sida åt gången (urspårning, gasutsläpp m.m.) förutsätts enligt tidigare vara riktade mot planområdet.

Tabell B.11. Beräknade konsekvenser – antal omkomna vid olycka på Ostkustbanan.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna		
	Inomhus	Utomhus	Totalt
1. Urspårning			
Urspårning genomgående huvudspår:			
- Persontåg, dim.scenario min	0	0	0
- Persontåg, dim.scenario max	0	3	3
- Persontåg, worst case scenario	0	6	6
- Godståg, dim.scenario min	0	0	0
- Godståg, dim.scenario max	0	1	1
- Godståg, worst case scenario	0	6	6
Urspårning avvikande huvudspår:			
- Urspårning, dim.scenario min	0	1	1
- Urspårning, dim.scenario max	0	4	4
- Urspårning, worst case scenario	18	14	32
2. Brand i godståg			
Stor tågbrand (100 MW)	0	0	0
Mycket stor tågbrand (200 MW)	0	0	0
3. Olycka vid transport av farligt gods			
Klass 1.1 Masseexplosiva ämnen			
500 kg masseexplosion	23	3	26
2 000 kg masseexplosion	154	13	167
25 000 kg masseexplosion	796	172	967
Klass 2.1 Brännbar gas			
Liten jetflamma	0	0	0
Liten gasmolnexplosion	0	0	0
Stor jetflamma	6	33	39
Stor gasmolnexplosion	59	80	139
BLEVE	361	271	632
Klass 2.3 Giftig gas			
Litet utsläpp	0	3	3
Stort utsläpp	426	262	687

Tabell B.11. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna		
	<i>Inomhus</i>	<i>Utomhus</i>	<i>Totalt</i>
Klass 3 Brandfarlig vätska			
Liten pölbrand	0	0	0
Stor pölbrand	0	2	2
Godsvagnsbrand	0	1	1
Klass 5 Oxiderande ämnen			
Explosionsartat brandförlopp utan blandning (motsvarande 7500 kg massexplosion)	171	8	179
Explosionsartat brandförlopp med blandning (motsvarande 25000 kg massexplosion)	796	17	813
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande mycket stor brand i godståg)	0	1	1

Bilaga C - Riskberäkningar

Uppdragsnamn Bagartorp (del av Järva 2.9 m.fl.), Solna stad		
Uppdragsgivare BESQAB	Uppdragsnummer 107699	Datum 2020-12-02
Handläggare Erik Hall Midholm	Egenkontroll EMM 2020-12-02	Internkontroll RKL 2020-12-02

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 riskmåttan 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 och 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 skadeområdena 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

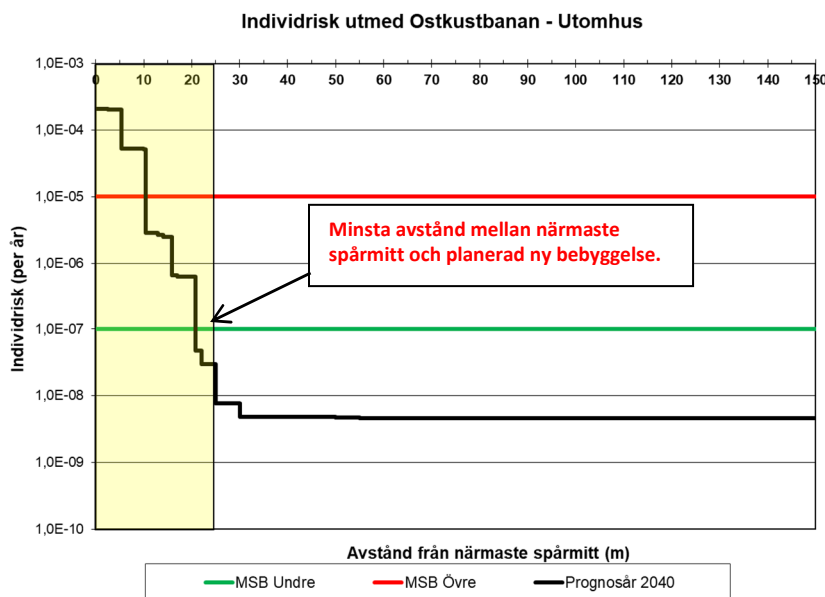
Den beräknade individrisken kommer att värderas utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk /1/*, se avsnitt 5.1 i huvudrapporten. Riskkriterierna redovisas även i diagrammen nedan.

2.3 Resultat

I figur C.1 redovisas individrisken för det studerade planområdet och dess omgivning som funktion av avståndet till järnvägen. Avståndet i diagrammet utgår från spårmittpå det yttersta spåret efter planerad utbyggnad av Ostkustbanan (se beskrivningen i avsnitt 3.2.2 i huvudrapporten). Med hänsyn till detta görs ett genomsnittligt avdrag på 5 m på skadeavståndet för olyckor på de genomgående huvudspåren. I sammanvägningen av individrisken antas tågbrand samt samtliga farligt godsolyckor inträffa på det yttersta spåret närmast planområdet.

Riskprofilerna som redovisas gäller för obebyggd mark där ingen hänsyn tas till eventuella konsekvensreducerande effekter av exempelvis framföriggande bebyggelse.

Individrisken redovisas för prognosår 2040 där hänsyn tas till planerad utbyggnad av järnvägen.

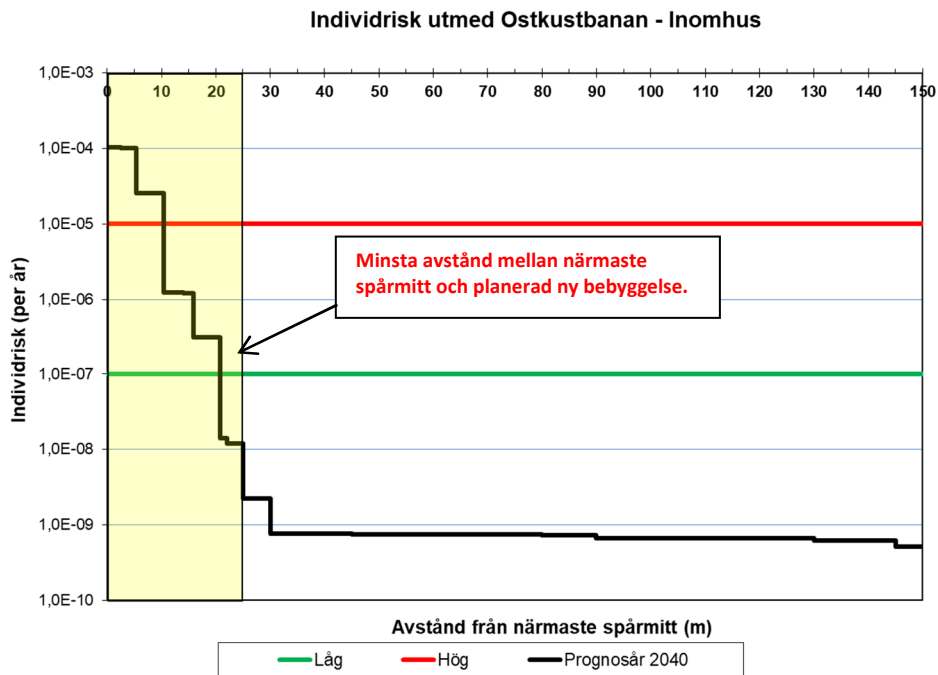


Figur C.1. Individrisk för oskyddad person utomhus som funktion av avståndet från Ostkustbanan (mätt från närmaste spårmittpå efter utbyggnad av järnvägen). Utan hänsyn tagen till bebyggelse och andra avskärmade barriärer inom planområdet. (Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

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

I bilaga B beräknas även skadeområden med avseende på personer som vistas inomhus. Dessa konsekvensberäkningar utgår från förutsatt byggnadsutformning inom det studerade området. För majoriteten av skadescenarierna har bebyggelsen en reducerande effekt på skadeavstånd och sannolikheten att omkomma (bl.a. olycka med brännbar respektive giftig gas samt brandfarliga vätskor). För skadescenarier med explosiva ämnen bedöms däremot skadeavstånden vara större inomhus.

I figur C.2 redovisas därför individrisken för det studerade planområdet och dess omgivning som funktion av avståndet till järnvägen där hänsyn tas till bebyggelsen. Diagrammet bedöms ge en bättre bild över individrisknivån inom planområdet vid ny bebyggelse och planerad markanvändning. Avståndet i diagrammet utgår från spårmittpå det yttersta spåret efter planerad utbyggnad av Ostkustbanan (se beskrivningen i avsnitt 3.2.2 i huvudrapporten). Med hänsyn till detta görs ett genomsnittligt avdrag på 5 m på skadeavståndet för olyckor på de genomgående huvudspåren. I sammanvägningen av individrisken antas tågbrand samt samtliga farligt godsolyckor inträffa på det yttersta spåret närmast planområdet. Individrisken redovisas för prognosår 2040 där hänsyn tas till planerad utbyggnad av järnvägen.



*Figur C.2. Individrisk för person inomhus som funktion av avståndet från Ostkustbanan (mätt från närmaste spårmittpå efter utbyggnad av järnvägen).
Med hänsyn tagen till bebyggelse och andra avskärmande barriärer inom planområdet.
 (Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)*

3. Beräkning av Samhällsrisk

3.1 Metodik

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

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

- Respektive skadescenario antas inträffa där det medför så stora konsekvenser som möjligt för det aktuella planområdet, vilket innebär där avståndet är som kortast mellan järnvägen och bebyggelse inom planområdet. Med hänsyn till bebyggelsestrukturen inom kringliggande områden utmed den studerade järnvägssträckan (1 000 meter) bedöms sannolikheten för att de beräknade konsekvenserna skulle uppstå oavsett var på sträckan som olyckan inträffar vara låg.

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

- Samhällsrisken beräknas utifrån konsekvensberäkningar som utgår från att respektive olycka inträffar på det yttersta spåret närmast planområdet. Undantag görs för skadescenarierna urspårning med persontåg och godståg på de genomgående huvudspåren där ett genomsnittligt avdrag görs på 5 meter. Detta är en mycket konservativt antagande med hänsyn till att en stor andel av trafiken, inkl. farligt godstransporterna förväntas ske på de genomgående huvudspåren, vilket innebär ett ökat avstånd till planområdet och därmed mindre konsekvenser.
- 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 riktat mot planområdet.

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

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

3.2 Bedömningskriterier

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

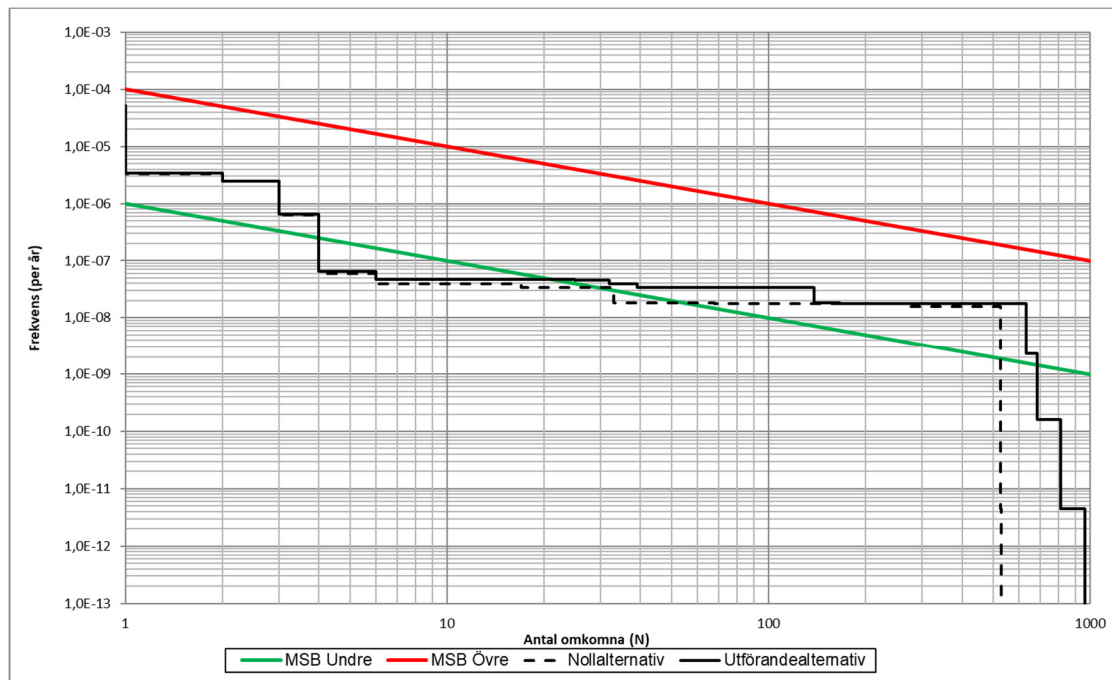
3.3 Resultat

3.3.1 Samhällsrisk utan åtgärder

I figur C.3 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. Med hänsyn den befintliga utformningen av planområdet så antas det grovt, med undantag för urspårning, att konsekvenserna för de studerade olycksriskerna endast omfattar omkomna inom kringliggande områden.

För urspårning antas planförslaget för nedre entrétorget (d.v.s. allmän yta mellan Bagartorpsringen och pendeltågsstationen) inte påverka personbelastningen i förhållande till befintliga förhållanden. Detta eftersom urspårningsscenarierna huvudsakligen innebär konsekvenser inom denna yta.

Samhällsrisken redovisas för prognosår 2040 där hänsyn tas till planerad utbyggnad av järnvägen.



Figur C.3. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Ostkustbanan i anslutning till aktuellt planområde.

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 samhällsrisken minskar genom att reducera konsekvenserna av de studerade olycksscenarierna. I figur C.4 redovisas den beräknade samhällsrisken 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 25 meter till närmaste spår efter utbyggnad av Ostkustbanan, mätt från spårmittpunkt.

Åtgärden eliminerar antalet omkomna inom ny bebyggelse för olycksrisker med skadeavstånd som understiger skyddsavstånden samt reducerar antalet omkomna inom ny bebyggelse för övriga olycksrisker. Åtgärden har störst effekt på olycksscenarioet urspårning där konsekvenserna elimineras för en klar majoritet av potentiella skadescenarier.

Åtgärdsförslagen har beaktats i riskberäkningarna och innebär därmed ingen förändring i förhållande till utförda beräkningar.

Ytor mellan ny bebyggelse och Ostkustbanan ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (t.ex. lekplatser eller uteserveringar) bör placeras så att avstånden är minst 25 meter till närmaste efter utbyggnad av Ostkustbanan, mätt från spårmittpunkt.

Åtgärden reducerar antalet omkomna utomhus för olycksrisker med skadeavstånd som understiger dessa avstånd samt reducerar antalet omkomna utomhus för övriga olycksrisker. Åtgärdsförslaget har delvis beaktats i riskberäkningarna genom att ange ett genomsnittligt avstånd på minst 7 meter mellan närmaste spår (efter utbyggnad) och obebyggda ytor där personer förväntas kunna vistas (avdraget motsvarar spårområdet bredd utanför det yttersta spåret) samt att persontätheten inom de obebyggda ytorna närmast järnvägen har ansatts som låg med hänsyn till föreslagen situationsplan. Konsekvensberäkningarna beaktar dock inte i detalj placering av ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse eftersom dessa förutsättningar kan förändras. Att reglera åtgärden genom en planbestämmelse bedöms ytterligare reducera sannolikheten för att personer vistas inom området mellan järnväg och ny bebyggelse. Det antas grovt att åtgärderna, i kombination med den planerade utformningen av ytorna närmast järnvägen som bl.a. innefattar en del större nivåskillnader reducerar antalet omkomna utomhus i planområdet med minst 25 % vid urspårning, tågbrand samt olycka med brandfarliga väskor. För skadescenarier med mycket stora skadeavstånd, som massexplosion, stor gasmolnsexplosion och BLEVE samt stort utsläpp giftig gas uppskattas den reducerande effekten bli mindre, uppskattningsvis högst 10 %.

Byggnadstekniska åtgärder

Allmänt om utformning av ny bebyggelse

Inom 50 meter från Ostkustbanan (avstånd ska mätas från närmaste genomgående huvudspår efter planerad utbyggnad av järnvägen) ska det från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse inom ny bebyggelse som vetter direkt mot Ostkustbanan utan framförbyggande bebyggelse finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från Ostkustbanan.

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

Inom 50 meter från Ostkustbanan (avstånd ska mätas från närmaste genomgående huvudspår efter planerad utbyggnad av järnvägen) ska fasader som vetter direkt mot Ostkustbanan utan framförliggande bebyggelse inom ny bebyggelse utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.

Vid bebyggelse inom 50 meter från Ostkustbanan (avstånd ska mätas från närmaste genomgående huvudspår efter planerad utbyggnad av järnvägen) ska fönster som vetter mot järnvägen utföras i lägst brandteknisk klass EW 30.

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

Föreslagen bebyggelsestruktur innebär att det är en relativt omfattande del av bebyggelsen som omfattas av åtgärdsförslaget. För aktuell situationsplan har åtgärderna därför en relativt hög effekt. Det antas grovt att åtgärderna reducerar antalet omkomna inomhus med 100 % vid tågbrand och olycka med brandfarliga vätskor samt med minst 75 % vid olycka med brännbar gas inom planområdet. Riskreducerande effekt utomhus antas vara 0 %. Inom kringliggande bebyggelse har åtgärderna ingen effekt.

Skydd mot gaser

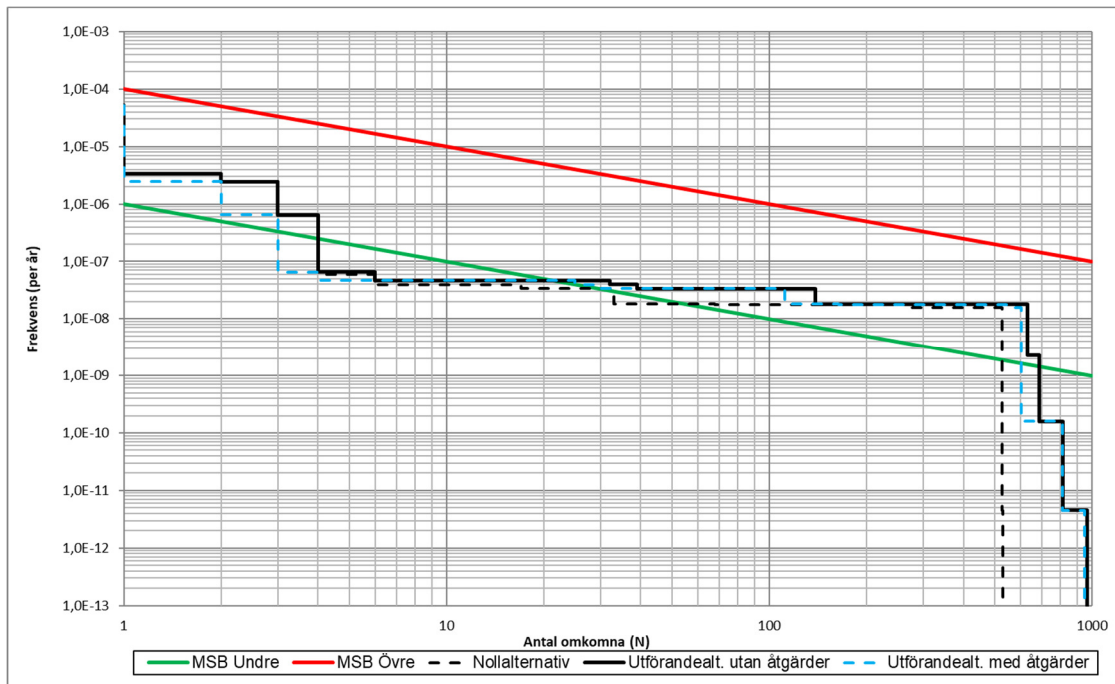
Inom 50 meter från Ostkustbanan (avstånd ska mätas från närmaste genomgående huvudspår efter planerad utbyggnad av järnvägen) ska ny bebyggelse som vetter direkt mot Ostkustbanan utan framförliggande bebyggelse utföras med friskluftsintag placerade mot trygg sida, d.v.s. bort från Ostkustbanan alternativt på byggnadernas tak. Mekaniska ventilationssystem ska utföras med central nödavstängningsfunktion (manuell).

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

Föreslagen bebyggelsestruktur innebär att det är en relativt omfattande del av bebyggelsen som omfattas av åtgärdsförslaget. För aktuell situationsplan har åtgärderna därför en relativt hög effekt. Inom de delar där åtgärder vidtas antas det att konsekvenserna reduceras med 50 % vid utsläpp av giftig gas (den reducerande effekten vid olycka med brännbar gas sker framförallt i kombination med skyddsåtgärder mot brand). 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.4 redovisas den beräknade samhällsriskerna för utförandealternativet utan respektive med rekommenderade åtgärder. Samhällsriskerna redovisas för prognosår 2040 där hänsyn tas till planerad utbyggnad av järnvägen.



Figur C.4. F/N-kurva som redovisar samhällsriskenivån med avseende på skadescenarier på Ostkustbanan i anslutning till aktuellt planområde för studerat utförandealternativ utan, respektive, med rekommenderade restriktioner och åtgärder. Prognosår 2040.

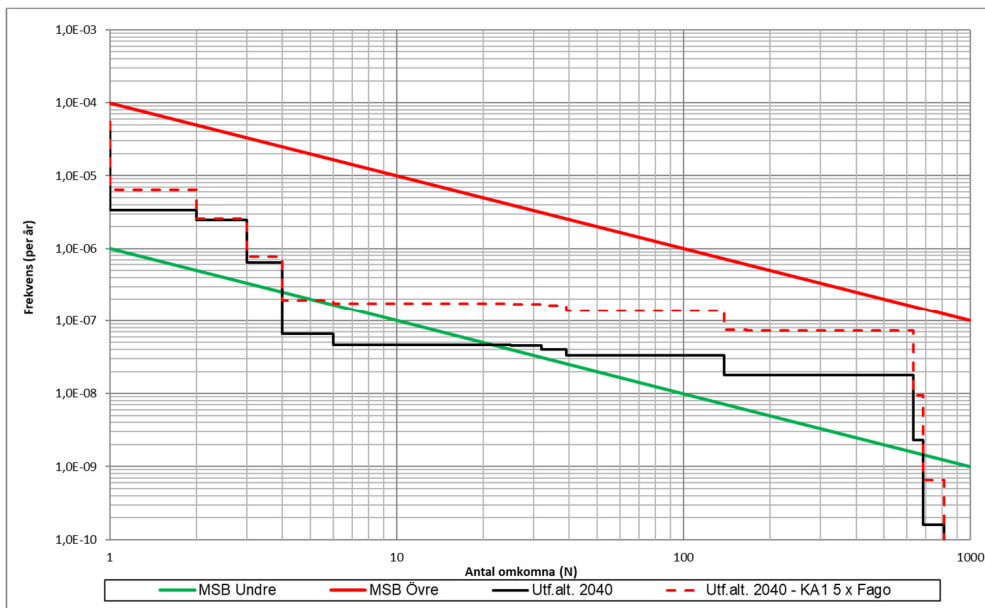
4. Känslighetsanalys

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 gör endast för utförandealternativet.

4.1 Känslighetsanalys 1 – Förändrat antal farligt godsvagnar

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

I figur C.5 redovisas resultatet av Känslighetsanalys 1.



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

4.2 Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetod

4.2.1 Motiv till val av beräkningsmetodik

Statistikinsamling för järnvägen görs kontinuerligt. Trafikanalys gör varje år en sammanställning avseende bantrafikskador samt bantrafik som utgör en del av den officiella statistiken. I hela Sverige har det i närtid (2006–2015) inträffat 91 urspårningar vid tågrörelse på järnväg /2/. Det sammanlagda trafikarbetet under åren 2006–2015 kan utifrån statistiken i uppskattas till totalt ca 1400 miljoner tågkilometer, varav persontrafiken står för ca 100 miljoner tågkilometer per år och godstrafiken står för ca 40 miljoner tågkilometer per år /3/.

/2/ Bantrafikskador 2015 – Statistik. Trafikanalys, rapport 2016:20 (Sveriges officiella statistik). Innehåller även historiska översikter.

/3/ Bantrafik 2016, Trafikanalys, Statistik 2017:21.

Sannolikheten för en tågurspårning i medeltal (oberoende av bankaraktär och tågtyp) blir då ca $6,5 \times 10^{-8}$ per tågakilometer. Denna siffra ligger relativt nära värden presenterade i *UIC Code 777-2* (Utslaget på den totala tågtrafiken så innebär beräknade urspårningsfrekvenser en genomsnittlig olyckskvot på ca $2,7 \times 10^{-8}$ per tågakm, se bilaga A) och tar vidare ingen hänsyn till specifika korrelationer såsom exempelvis växlars förväntade påverkan på urspårningsfrekvensen. Jämförelsen indikerar att metodik enligt *UIC Code 777-2* återger rimliga resultat.

I tidigare riskanalyser som utförts för detaljplaner längs med Ostkustbanan har frekvensberäkningar utförts enligt den metodik som presenteras i rapport *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen /4/*.

Enligt metodiken beräknas frekvensen för urspårning med följande sannolikheter för urspårning förknippade med olika typer av felfaktorer:

- Rälsbrott $5,0 \cdot 10^{-11}$ / vagnaxelkm
- Solkurvor $1,0 \cdot 10^{-5}$ / spårkm
- Spårlägesfel $4,0 \cdot 10^{-10}$ / v.a.km
- Vagnfel $5,0 \cdot 10^{-10}$ / v.a.km (persontåg)
 $3,1 \cdot 10^{-9}$ / v.a.km (godståg)
- Lastförskjutning $4,0 \cdot 10^{-10}$ / v.a.km godståg
- Annan orsak $5,7 \cdot 10^{-8}$ / tågakm
- Okänd orsak $1,4 \cdot 10^{-7}$ / tågakm

Antalet vagnaxelkilometer uppskattats utifrån schablonmått för vagnantal och vagnaxlar för olika typer av tågmodeller sett till aktuell tågtrafik.

Vid passage över en växel kan urspårning även ske p.g.a. felfaktorer förknippade med växel. Utöver ovanstående faktorer bör därför även följande faktorer beaktas:

- Växel sliten, trasig $5,0 \cdot 10^{-9}$ / tågpassage
- Växel ur kontroll $7,0 \cdot 10^{-8}$ / tågpassage

Med samma ingångsvärden som belysts i Bilaga A. *Frekvensberäkningar* kan frekvensen för urspårning beräknas enligt tabell C.1.

/4/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001

Tabell C.1. Urspårningsfrekvens beräknad enligt Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen.

Orsak	Olycksfrekvens (per år)
Urspårning persontåg	
Rälsbrott	2,8E-04
Solkurvor	9,9E-05
Spårlägesfel	2,3E-03
Växel sliten, trasig	1,2E-03
Växel ur kontroll	1,7E-02
Vagnfel	2,8E-03
Lastförsjuktning	0,0E+00
Annan orsak	1,3E-02
Okänd orsak	3,3E-02
Totalt	7,0E-02
Urspårning godståg	
Rälsbrott	7,3E-06
Solkurvor	7,7E-07
Spårlägesfel	5,8E-05
Växel sliten, trasig	9,1E-06
Växel ur kontroll	1,3E-04
Vagnfel	4,5E-04
Lastförsjuktning	5,8E-05
Annan orsak	1,0E-04
Okänd orsak	2,6E-04
Totalt	1,1E-03
Urspårning totalt	7,1E-02

Jämförelse mellan beräkningar med VTI med UIC Code 777-2 och nationell statistik över bantrafikskador indikerar en viss överskattning av urspårningsfrekvenser. Detta primärt vad gäller frekvens för urspårning med persontåg. Olyckskvoten för urspårning med persontåg enligt resultatet i tabellen ovan utslaget på totalt antal tågkilometer enligt trafikprognos för år 2040 skulle vara ca $3,0 \times 10^{-7}$ per tågkm. D.v.s. en faktor 12 högre än olyckskvoten för urspårning med persontåg på sträcka med växlar enligt UIC Code 777-2 och en faktor 4 högre än den olyckskvoten för urspårning med både persontåg och godståg enligt nationell olycksstatistik (se ovan).

Gällande urspårning med godståg och i ett led frekvensen för uppkomst av en farligt godsolycka är skillnaden inte lika påtaglig. Olyckskvoten för urspårning med godståg enligt resultatet i tabellen ovan utslaget på totalt antal tågkilometer enligt trafikprognos för år 2040 skulle vara $5,9 \times 10^{-7}$ per tågkm. D.v.s. en faktor 2 högre än olyckskvoten för urspårning med godståg på sträcka med växlar enligt UIC Code 777-2.

Sammantaget kan det konstateras att enligt VTI så skulle ca 1,1 % av alla urspårningar på svenska järnvägar inträffa på den aktuella sträckan. Samtidigt som det endast är ca 0,2 % av det totala antalet tågkilometer som trafikerar just den aktuella sträckan. Sannolikheten för en urspårning skulle därmed vara drygt 4 gånger högre på den aktuella sträckan jämfört med den genomsnittliga sannolikheten för urspårning. Eftersom den aktuella sträckan är förhållandevis rak och trafikerats frekvent vilket innebär att skador på räls m.m. bör kunna identifieras snabbt så har det inte identifierats några faktorer som skulle motivera denna förhöjda sannolikhet för urspårning.

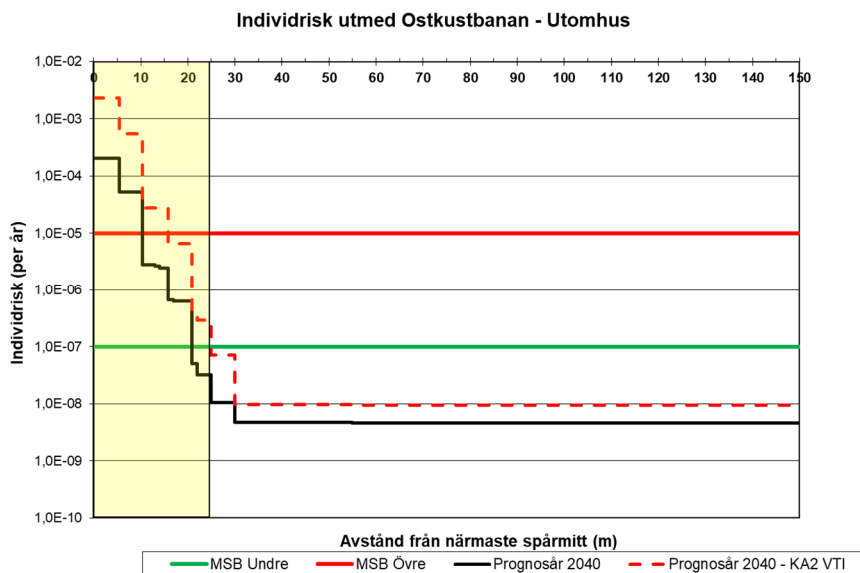
Allt indikerar att beräkningar av urspårningsfrekvenser mest representativt utförs med olyckskvoter enligt *UIC Code 777-2*.

4.2.2 Känslighetsanalys

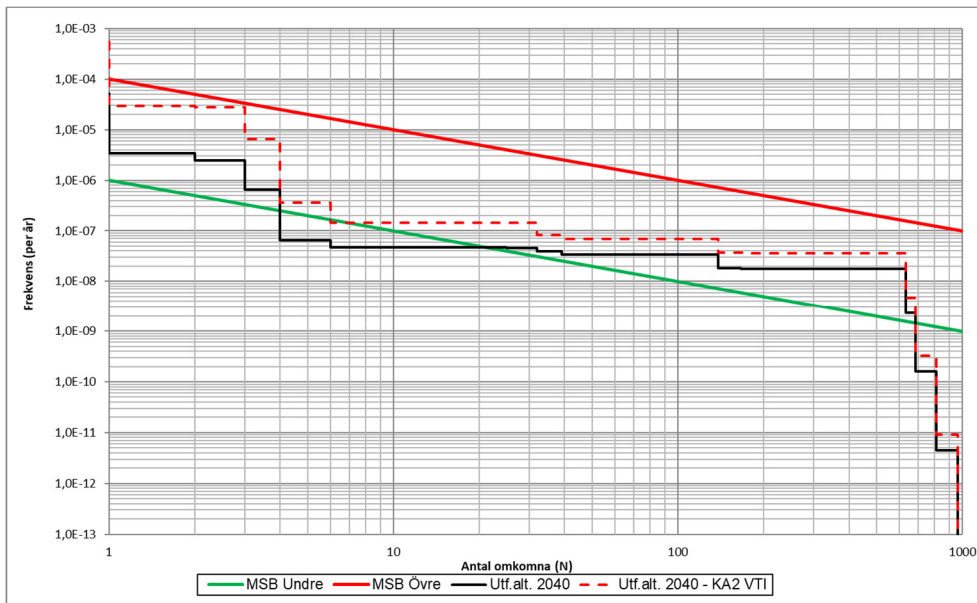
Urspårningsfrekvenser benämnda VTI är framtagna via att beräknade urspårningsfrekvenser, framtagna med *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* (enligt tabell C.1), har multiplicerats med belysta delsannolikheter enligt Bilaga A. *Frekvensberäkningar* vad gäller uppkomst av en farligt godsolycka för respektive farligt godsklass och sluhändelse. D.v.s. det enda som skiljer beräkningsmässigt är den initiala urspårningsfrekvensen som varierar beroende av beräkningsmetodik och tillhörande olyckskvoter. Alla beräkningar utgår från att en normerad sträcka om 1 km studeras.

I figur C.6 och figur C.7 redovisas resultatet av Känslighetsanalys 2.

Observera att beräkningsmetodik ej ändras avseende olycksrisken Tågbrand och inte heller de delscenarier för olycka med farligt gods som utgår från frekvensberäkningarna för tågbrand. Detta är förklaringen till den mycket begränsade skillnaden i risknivå för $N > 400$ omkomna då frekvensen för BLEVE domineras av delscenariot tågbrand som sprider sig till lasten.



Figur C.6. Individrisk för oskyddad person utomhus som funktion av avståndet från Ostkustbanan (mätt från närmaste spårmit efter utbyggnad av järnvägen). Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetodik.

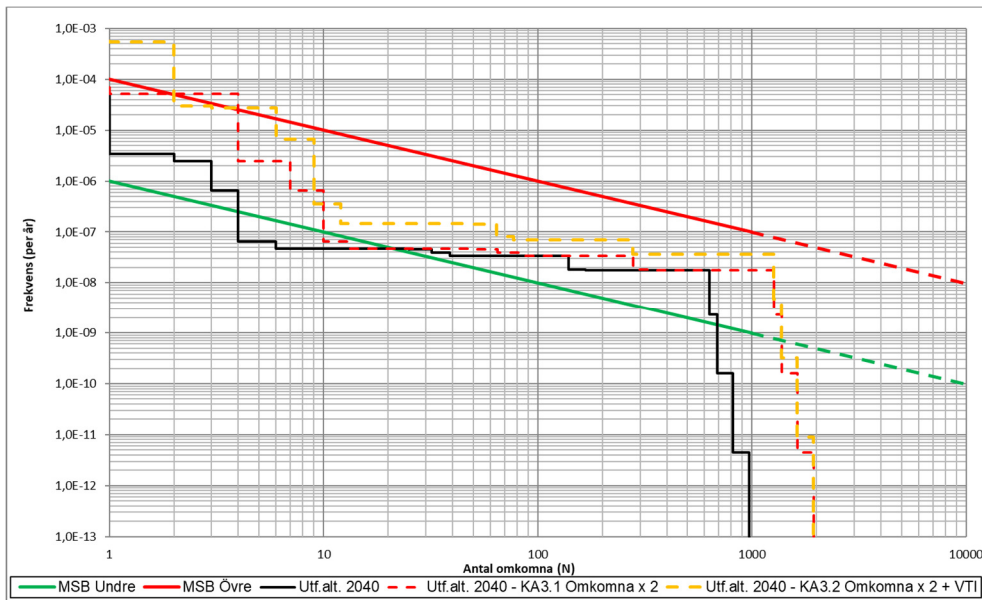


Figur C.7. F/N-kurva som redovisar samhällsriskenivå med avseende på skadescenarier på Ostkustbanan i anslutning till aktuellt planområde. Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetodik.

4.3 Känslighetsanalys 3. Förändrade konsekvenser

Samhällsriskenivåer presenterade i figur C.8 återger hur resultaten kan förväntas variera beroende av antagande om persontäthet inom det studerade området samt med val av beräkningsmetodik.

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



Figur C.8. F/N-kurva som redovisar samhällsriskenivå med avseende på skadescenarier på Ostkustbanan i anslutning till aktuellt planområde. Känslighetsanalys 3 – Förändrade konsekvenser.