

Riskutredning

Kv. Krossen, Solna stad

Underlag för detaljplanearbete

2021-01-28

Dokumenttyp: Riskutredning

Uppdragsnamn: Kv. Krossen, Solna stad
Järvastadens idrottsplats

Uppdragsnummer: 111687

Datum: 2021-01-28

Status: Underlag för detaljplanearbete

Uppdragsledare: Erik Hall Midholm

Handläggare: Erik Hall Midholm
Tel: 08-588 188 60
E-post: erik.midholm@brandskyddslaget.se

Uppdragsgivare: Järvastaden AB

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2018-10-25	EMM	RKL	Granskningshandling
2019-03-20	EMM	RKL	Version 1
2020-02-13	EMM	RKL	Version 2
2020-05-18	EMM	RKL	Version 3
2020-09-01	EMM	RKL	Version 4: <ul style="list-style-type: none">- Förtydliganden har gjorts avseende den planerade utbyggnaden av Ostkustbanan.- Revidering av frekvens- och riskberäkningar samt känslighetsanalys utifrån ny trafikprognos Ostkustbanan år 2040. Konsekvensberäkningar har uppdaterats utifrån gällande förutsättningar om trafikering, bl.a. att farligt gods kan förekomma på samtliga spår.- Utredningen har dessutom kompletterats med en utökad beskrivning avseende riktlinjer för värdering av risk (se avsnitt 5.1.3 och avsnitt 5.3) och utifrån detta kompletterande beskrivningar avseende förslag till säkerhetshöjande åtgärder (se avsnitt 6).
2021-01-28	EMM	RKL	Version 5: <ul style="list-style-type: none">- Revidering av fördjupad riskbedömning utifrån gällande förutsättningar om trafikering och hastighetsbegränsningar på sträckan, inkl. efter utbyggnad av Ostkustbanan (erhållet i yttrande från Trafikverket):- Genomgående i rapporten justeras beteckning av spår närmast planområdet- Alla tågtyper, inkl. farligt gods kommer kunna trafikera samtliga spår- Efter utbyggnad ska samtliga spår utformas för att kunna trafikeras i högsta tillåtna hastighet.- Se avsnitt 5 samt bilaga A, B och C.

Sammanfattning

Inom den nya stadsdelen Järvastaden i Solna stad planeras en ny detaljplan för området Krossen. Syftet med den nya planen är att uppföra en ny idrottsplats med fotbollsplaner. På idrottsplatsen planeras en mindre åskådarläktare för upp till ca 250 personer. Fotbollsplanerna är framförallt avsedda att användas för träning.

Eftersom det aktuella området ligger inom 150 meter från Ostkustbanan har Brandskyddslaget fått i uppdrag att upprätta en riskutredning för det aktuella planförslaget.

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 Ostkustbanan 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. Utmed 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 nya verksamheter minskar jämfört med befintliga förhållanden.

Utifrån inventeringen har olycksscenarioer 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. Olycksscenarioer förknippade med övriga farligt godsklasser innebär enbart skadeområden som begränsas till närområdet, vilket innebär att dessa olycksrisker inte bedöms påverka risknivån inom det aktuella planområdet.

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 olycksriskerna på järnvägen påverkar risknivån inom det studerade planområdet. Detta gäller framförallt individrisken. Av de olycksrisker som främst påverkar risknivån inom planområdet är det huvudsakligen urspårning på det avvikande huvudspåret som leder till en förhöjd individrisk. Olycksrisker förknippade med farligt godstransporter samt tågbrand bedöms ha en relativt begränsad påverkan på risknivån. Dessutom bedöms planförslaget kunna innebära en förhöjd samhällsrisk.

Med anledning av den förhöjda risknivån samt Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd föreslås att följande säkerhetshöjande åtgärder och restriktioner vidtas vid exploatering inom planområdet:

Avstånden som anges ska mätas från närmaste spårmitt (avvikande huvudspår) där hänsyn tas till planerad utbyggnad av järnvägen.

- Avståndet mellan järnvägen och obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (idrottsplaner och utegym m.m.) ska inte understiga 15 meter utmed sträckan där närmaste spår ligger lägre än planområdet.
- Avståndet mellan järnvägen och obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (idrottsplaner och utegym m.m.) ska inte understiga 22 meter utmed sträckan där närmaste spår ligger i nivå med planområdet.
- Avståndet till ytor som medger läktare ska inte understiga 40 meter.
- Avståndet mellan järnvägen och bebyggelse som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (kafé m.m.) ska inte understiga 40 meter.
- Avstånd mellan järnvägen och bebyggelse för icke stadigvarande vistelse (förråd m.m.) ska inte understiga 22 meter. Utmed sträckan där närmaste spår ligger lägre än planområdet kan avståndet minskas till 15 meter.
- Obebyggda ytor närmast järnvägen (inom 15 meter utmed sträckan där spåret ligger lägre än planområdet, respektive inom 22 meter utmed sträckan där spåret ligger i nivå med planområdet) ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. T.ex. driftytor m.m. är acceptabelt inom dessa ytor. Ytorna bör utformas så att de inte är tillgängliga för exempelvis idrott, lek och publik.

Föreslagna åtgärder medför att samhällsrisken inom planområdet och dess omgivning begränsas samt att personer inte utsätts för en förhöjd risknivå mer än under begränsad tid.

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.....	7
1.6 Förutsättningar	7
2. OMRÅDESBESKRIVNING	9
2.1 Planerad exploatering.....	9
2.2 Omgivande planer	11
3. RISKINVENTERING	12
3.1 Allmänt identifiering av riskkällor.....	12
3.2 Ostkustbanan.....	12
4. INLEDANDE RISKANALYS	21
4.1 Metodik.....	21
4.2 Identifiering av olycksrisker	21
4.3 Kvalitativ uppskattning av risk	21
4.4 Slutsats inledande riskanalys	24
5. FÖRDJUPAD RISKANALYS	25
5.1 Metodik.....	25
5.2 Resultat riskberäkningar	28
5.3 Värdering av risk	31
5.4 Hantering av osäkerheter	32
6. SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER	33
6.1 Allmänt.....	33
6.2 Diskussion kring åtgärder	33
6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder och restriktioner – sammanställning	35
7. SLUTSATSER	37
8. BILAGOR	39
9. REFERENSER	39

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Inom den nya stadsdelen Järvastaden i Solna stad planeras en ny detaljplan för området Kv. Krossen. Syftet med den nya planen är att uppföra en ny idrottsplats med upp till tre fotbollsplaner.

Planområdet ligger i anslutning till Ostkustbanan (järnväg). På Ostkustbanan går bl.a. transporter av farligt gods. Närheten till järnvägen ställer krav på att olycksrisker förknippade med tågtrafiken undersöks vid ny bebyggelse och markplanering. Brandskyddslaget har fått i uppdrag att utföra en riskanalys för den nya detaljplanen. I denna analys värderas olycksrisker i syfte att erhålla ett bra underlag för beslut om fortsatt planering och utformning av området.

1.2 Syfte

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

1.3 Omfattning

Riskanalysen begränsas till att beakta olycksrisker förknippade med trafiken på Ostkustbanan. Avståndet till närmaste rekommenderad transportled för farligt gods respektive bensinstation överstiger kraftigt 150 meter.

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 omfattas inte av analysen.

1.4 Underlag

Underlag till denna riskanalys utgörs av:

- Solna stads *Översiktsplan 2030 /1/*
- Situationsplan för Kv. Krossen (skiss daterad 2019-04-01), se figur 2.2
- Detaljplan för ny idrottsplats i norra Solna, Kv. Krossen m.fl., stadsdelen Järva (BND 2018:53), plankarta, planbeskrivning och tillhörande underlagshandlingar, Granskningshandling upprättad september 2020 /2/

1.5 Internkontroll

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

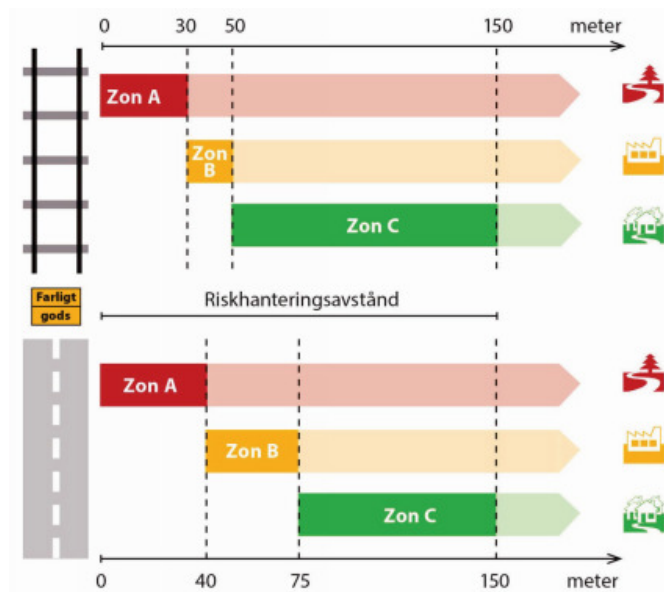
1.6 Förutsättningar

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. Sammanhållen bebyggelse skall utformas med hänsyn till behovet av skydd mot uppkomst av olika olyckor. Översiktsplaner skall redovisa riskfaktorer och till detaljplaner ska vid behov en miljökonsekvensbeskrivning tas fram som redovisar påverkan på bland annat hälsa. Utförande av miljökonsekvensbeskrivning regleras i Miljöbalken (1998:808).

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 /3/. 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 /3/.

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.

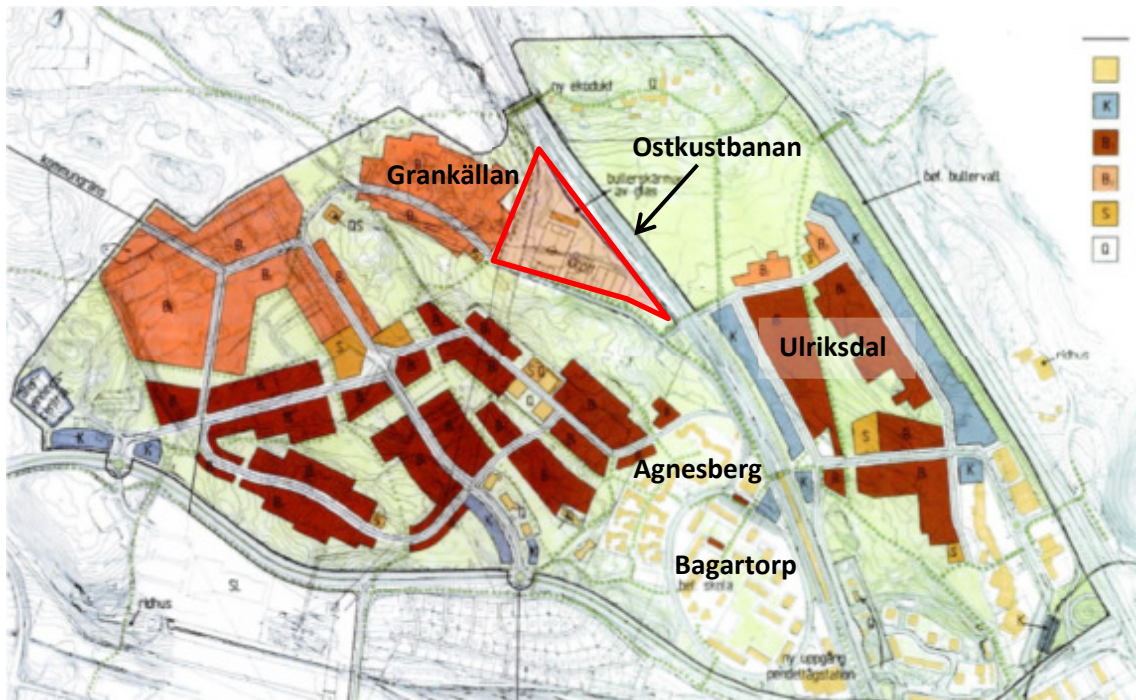
Intill järnväg och primära transportleder för farligt gods rekommenderas ett skyddsavstånd på minst 25 meter. Åtgärder ska åtminstone vidtas inom 30 meter från järnväg respektive vägen.

2. Områdesbeskrivning

Kvarteret Krossen utgör ett område inom den östra delen av den nya stadsdelen Järvastaden som håller på att byggas inom Solna Stad (se vidare avsnitt 2.2). Det aktuella planområdet har en area på ca 3,3 hektar och utgör del av den befintliga fastigheten Järva 2:16.

Kv. Krossen har tidigare utgjort del av en stenkrossanläggning. Idag är området obebyggt och används dels för hantering av massor och sten under pågående byggnation av ny bostadsbebyggelse inom det angränsande planområdet Grankällan.

I figur 2.1 visas en orienteringsbild över planområdet och dess omgivning.



Figur 2.1. Orienteringsbild över Järvastadens med planområdet kv. Krossen markerat.

Planområdet angränsar i söder mot Gunnarbovägen och i nordost mot Ostkustbanan. Nordväst om området ligger Igelbäckens naturreservat samt det nya bostadsområdet Grankällan (del av Järvastaden).

Planområdets placering i anslutning till järnvägen och Igelbäckens naturreservat innebär att kringliggande områden är relativt obebyggda. Det finns ett skogsområde som avskärmar planområdet från de bostadsområden som byggs söderut. På motstående sida av järnvägen ligger en golfbana och Överjärva gård. Söder om golfbanan pågår byggnationen av den nya stadsdelen Ulriksdal, se figur 2.1.

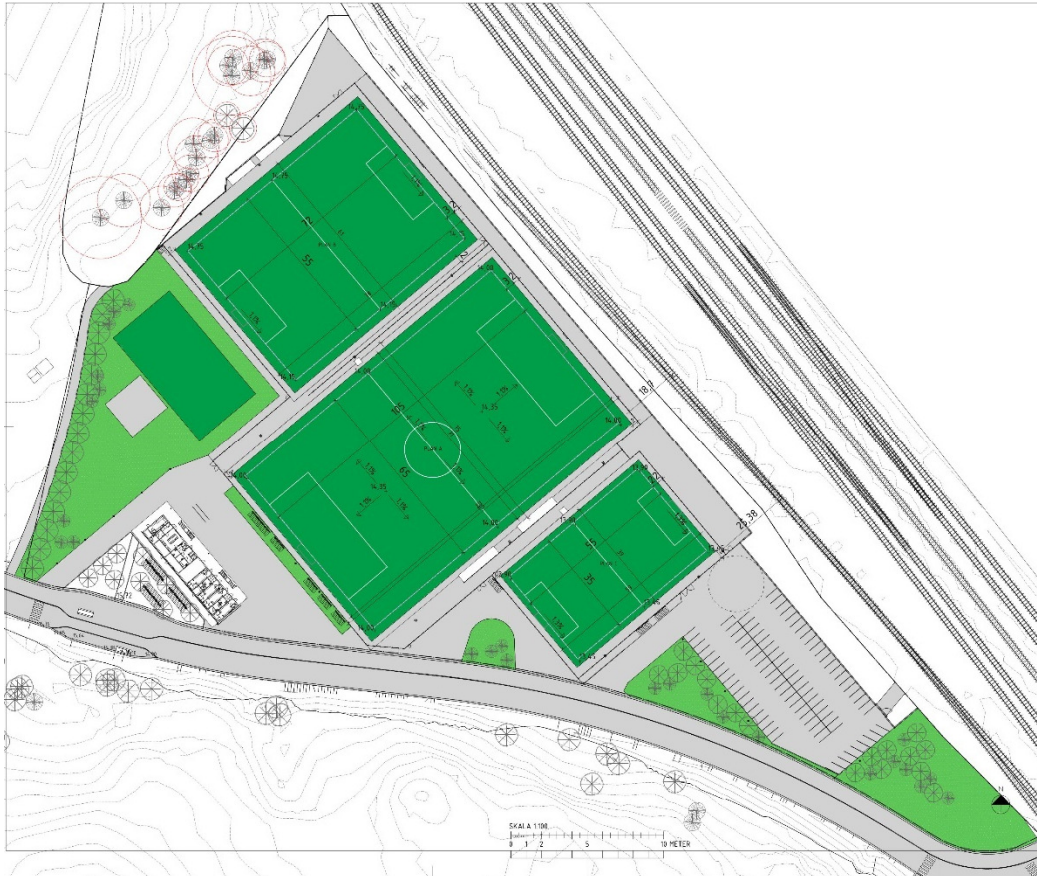
Majoriteten av planområdet ligger högre än järnvägen. Nivåskillnaden är lägst i områdets södra delar men stiger därefter kraftigt norrut. Det närmast liggande spåret går dessutom ner i ett tråg i höjd med planområdet, vilket skapar en fysisk barriär mellan planområdet och genomgående spår.

2.1 Planerad exploatering

Syftet med den nya detaljplanen är att möjliggöra en idrottsanläggning inom planområdet. Området ska i första hand rymma utomhusplaner. Kultur- och fritidsförvaltningen i Solna stad upprättat ett övergripande funktionsprogram (daterad 2020-04-15) /4/ som redovisar bl.a. upp till tre utomhusplaner för fotboll.

Vidare ska idrottsplatsen rymma byggnader för omklädningsrum och förråd samt utegym, markparkering och driftytor.

Idrottsplatsen planeras ej att omfatta några större åskådarläktare eller liknande. På idrottsplatsen planeras en mindre åskådarläktare för upp till ca 250 personer. Fotbollsplanerna är framförallt avsedda att användas för träning. Detta gör att idrottsplatsen inte kommer att betraktas som personintensiv verksamhet.



Figur 2.2. Förslag till situationsplan med planerad utformning av idrottsplatsen inom planområdet kv. Krossen.

I det övergripande funktionsprogrammet /4/ redovisas uppskattade prognoser för besöksvolymerna kopplade till olika aktiviteter inom anläggningen. Vid cupaktiviteter med upp till 35 lag förväntas upp till sammanlagt 1 890 personer vistas inom idrottsplatsen under en dag. Alla förväntas dock inte vistas där samtidigt, utan det maximala personantalet som samtidigt vistas inom idrottsplatsen uppskattas till ca 510 personer. Cuper förväntas inträffa ca 5-10 dagar/år.

Under vardagar samt övriga helgdagar är beläggningen avsevärt lägre. Under en vardag då det främst är träning samt skolverksamhet förväntas personantalet variera mellan ca 20-190 personer som vistas inom området samtidigt. Under helger då det sker matcher och träning förväntas personantalet kunna variera mellan ca 190-290 personer.

Nattetid är idrottsplatsen i stort sett tom.

2.2 Omgivande planer

2.2.1 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 bostäder och ca 50 000 kvadratmeter kommersiella lokaler.

Järvastaden innebär ingen bostadsbebyggelse i direkt anslutning till Ostkustbanan. Närmaste nya bostad ligger inom området Grankällan, ca 90-100 meter från järnvägen.

Exploateringen av Järvastaden innebär inte några nya riskkällor i anslutning till planområdet Krossen.

2.2.2 Ulriksdal

Sydost 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.

2.2.3 Kraftvärmeverk i Norra Kymlinge

I området Norra Kymlinge i Sundbybergs kommun planeras ett nytt kraftvärmeverk i anslutning till E4 (Uppsalavägen). Anläggningen ska byggas av energiföretaget Norrenergi & Miljö AB som samögs av Sundbybergs kommun och Solna stad.

I översiktsplanen för Sundbyberg kommun har ett område avsatts för kraftvärmeverk /5/. I april 2010 röstade dessutom kommunfullmäktige om att ge klartecken för byggnation av anläggningen.

Avståndet mellan kraftvärmeverket och det aktuella planområdet är mycket stort, > 1 000 m, vilket innebär att anläggningen ej bedöms medföra några ytterligare riskkällor som kan påverka planområdet.

2.2.4 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 spår samt hur dessa ska dras. Genom Solna stad har de framtida spåren skissats väster om nuvarande spår från Tomtebodavägen till strax söder om Enköpingsvägen i Ulriksdal. Vidare norrut har framtida spår skissats på vardera sidan om befintliga spår.

Utbyggnaden innebär att påverka avståndet mellan planområdet och järnvägens spår. 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 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 1.6.1) avgränsas inventeringen till riskkällor inom 150 meter från det aktuella området. I det aktuella områdets närhet har **Ostkustbanan** identifierats som riskkälla.

I anslutning till planområdet finns ingen väg som utgör rekommenderad transportled för farligt gods. Avståndet till närmaste transportled för farligt gods (E4) och närmaste bensinstation 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

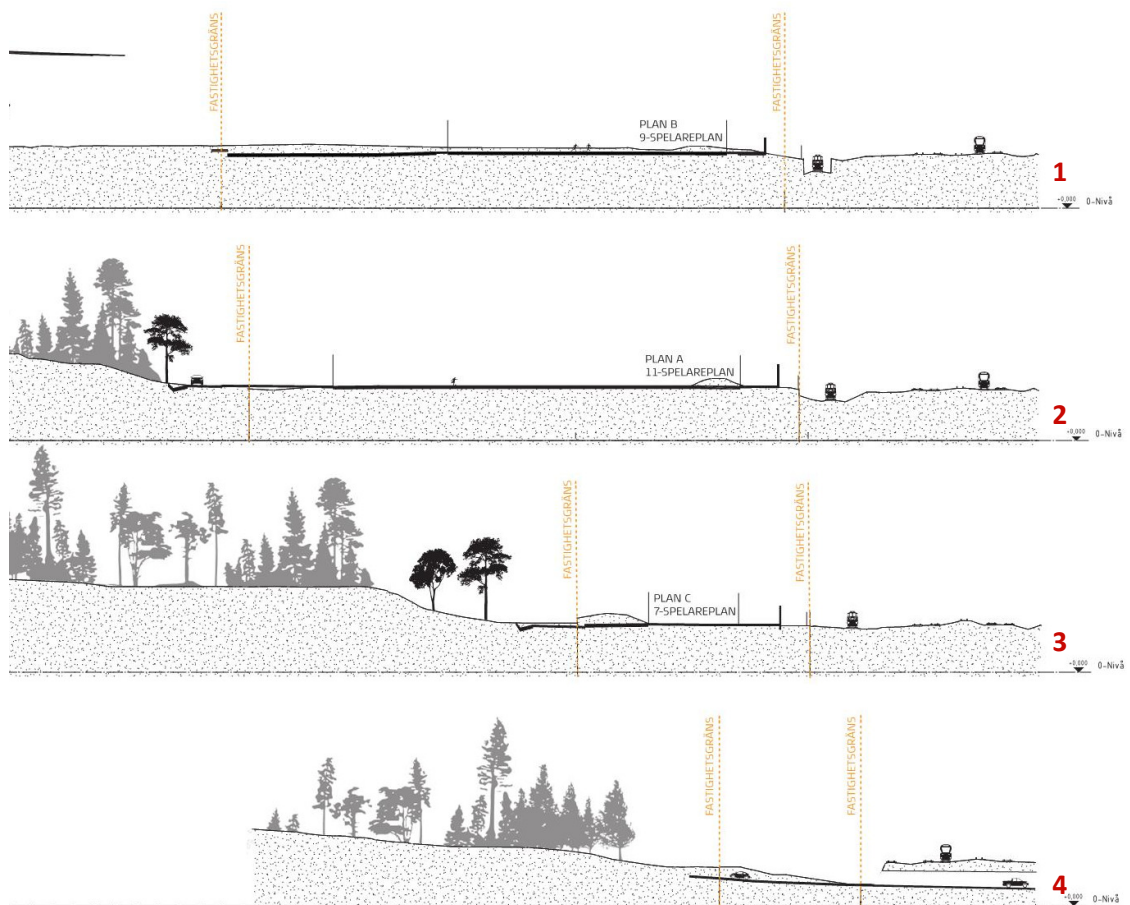
Järnvägen, som går strax öster om det aktuella området utgör en del av Ostkustbanan. På den aktuella sträckan utgörs järnvägen idag av fyra huvudspår (U1-U2 respektive N1-N2). Utmed planområdet och vidare söderut mot Stockholm löper dessutom ett avvikande huvudspår (G1) närmast planområdet. I höjd med planområdets södra del ligger det avvikande huvudspåret ungefär i höjd med omgivningen, men går sedan i ett tråg utmed den norra delen av planområdet för att passera under huvudspåren i en tunnel och ansluter därefter till det yttre östra huvudspåret ca 700 meter norr om planområdet.

Figur 3.1 visar järnvägen utmed den aktuella sträckan i höjd med planområdet kv. Krossen.



Figur 3.1. Ortofoto över Ostkustbanan i höjd med planområdet (se markerad yta). **Befintliga spår.** Röda markeringar anger snitt för de sektioner som redovisas i figur 3.2.

Det aktuella planområdet ligger ungefär i nivå med Ostkustbanans huvudspår U1-U2 respektive N1-N2. Enligt beskrivningen ovan så går det närmaste liggande spåret (avvikande huvudspår G1) delvis i ett tråg utmed planområdet. Figur 3.2 redovisar sektioner som visar förhållandet mellan planområdet och järnvägsspåren (snittens placeringar visas i figur 3.1).



Figur 3.2. Sektioner genom planområdet i anslutning till Ostkustbanan.

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).

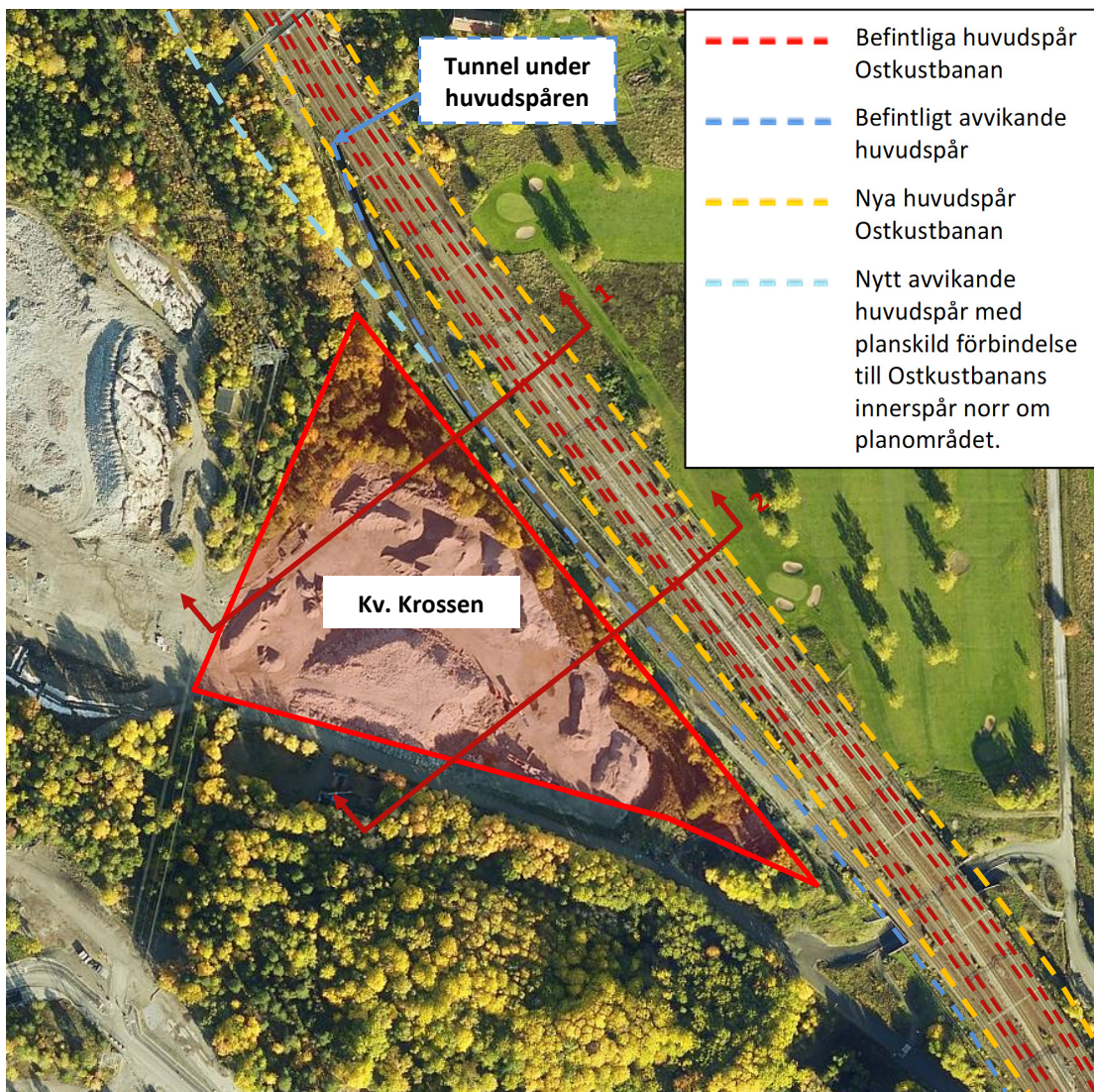
3.2.2 Framtida förändringar

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 huvudspår. 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 Tomtebodavägen 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 utmed Bagartorp. Ett nytt avvikande huvudspår placeras utanför det nya huvudspåret. I höjd med det aktuella planområdet där det befintliga avvikande huvudspåret gör en båge västerut för att därefter passera i tunnel under huvudspåren fortsätter dock det nya huvudspåret parallellt med befintliga huvudspår. På denna sträcka förväntas att det avvikande huvudspåret kommer att ligga kvar i befintligt läge, eventuellt med någon mindre justering.

I samband med utbyggnaden av Ostkustbanan planeras dessutom en ny planskild förbindelse mellan det avvikande huvudspåret och de inre huvudspåren på Ostkustbanan. Den befintliga planskilda förbindelsen mellan avvikande huvudspår och det yttersta södergående huvudspåret behålls men ansluter istället till det nya yttersta södergående huvudspåret.

Utifrån de skisser som redovisas i uppdaterade strategiska spårstudien samt ett tidigt förslag på ny spårplan för utbyggnad av Ostkustbanan har en grov skiss gjorts av den framtida järnvägen utmed den aktuella sträckan i höjd med planområdet Kv. Krossen, se figur 3.3.



Figur 3.3. Ortofotograf över Ostkustbanan i höjd med planområdet (se markerad yta), **efter utbyggnad av Ostkustbanan.**

Utbyggnaden av Ostkustbanan innebär att avståndet mellan planområdet och närmaste huvudspår minskar med ca 7 meter. Även de nya huvudspåren kommer att ligga ungefär i nivå med det aktuella planområdet.

Utbyggnaden innebär inte att spårområdet kommer att utökas mer än marginellt förutom i höjd med planområdets norra hörn där den nya förbindelsen mellan avvikande huvudspår och innerspår innebär att spårområdets bredd förlängs norrut, se figur 3.3. Den nya förbindelsen kommer dock att gå i ett tråg på motsvarande sätt som det befintliga avvikande huvudspåret (se figur 3.2).

Figur 3.4 redovisar sektioner som visar förhållandet mellan planområdet och järnvägsspåren efter utbyggnad av Ostkustbanan (snittens placeringar visas i figur 3.3).



Figur 3.4. Sektioner genom planområdet i anslutning till Ostkustbanan, efter utbyggnad av Ostkustbanan.

Efter en utbyggnad av järnvägen planeras de två inre spåren trafikeras av i första hand pendeltåg, mellanspåren av regionaltåg och godståg medan de yttre spåren ska trafikeras av fjärrtåg och snabbtåg. Trafikverket har dock meddelat /10, 11/ att spårupplägget ska utformas utifrån att samtliga spår ska kunna trafikeras av alla tågtyper, inkl. farligt gods. Dessutom ska samtliga tåg utformas för att kunna trafikeras i högsta tillåtna hastighet, vilket efter utbyggnad ska vara 250 km/h. Detta gäller samtliga spår, inkl. avvikande huvudspår 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 /11/ med följande fördelning mellan olika tågtyper:

Snabbtåg:	42	(6 %)
IC (Arlanda express):	172	(26%)
Nattåg:	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 avvikande huvudspår. 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 det avvikande huvudspåret 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 /12/. 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 /13/.

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 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 /14/ 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 /15/. 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 /16/. 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 /15/ och Green Cargo år 2005 /16/). 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 olycksscenarioer 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.

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

4.1 Metodik

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

För identifierade olycksrisker görs en 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. 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

Det har inte identifierats några andra riskkällor som bedöms kunna påverka risknivån inom det aktuella området. Avståndet till närmaste transportled för farligt gods (E4) och närmaste bensinstation 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*.

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 tågsvagn vid mycket höga hastigheter. Sannolikheten för detta värsta tänkbara scenario är 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. Det aktuella planområdet ligger högre än, eller i nivå med Ostkustbanan utmed i stort sett hela sträckan. I höjd med planområdets norra del går dessutom det närmaste spåret (avvikande huvudspår G1) i ett tråg som därmed bildar en fysisk barriär som hindrar att ett urspåret tåg skulle hamna inom planområdet.

Enligt avsnitt 3.2.1 har tågen på det närmaste befintliga spåret (avvikande huvudspår G1), på grund av underhållsfaktorer idag en hastighetsbegränsning på 100 km/h. Detta medför att sannolikheten för en urspårning där tåget hamnar över 15 meter från spåret är extremt låg även på sträckan där spåret går i nivå med omgivningen.

Befintlig utformning av Ostkustbanan: Avståndet mellan Ostkustbanans yttersta huvudspår och det avvikande huvudspåret är som minst ca 10 meter utmed det aktuella planområdet (längst i söder, se figur 3.1). Avståndet ökar dock norrut eftersom det avvikande huvudspåret viker av i en båge för att sedan passera i en tunnel under huvudspåren. Vid en urspårning på det yttre huvudspåret bedöms den urspårade vagnen därmed kunna hamna max 15 meter utanför det avvikande huvudspåret.

Med befintligt utförande av järnvägen innebär en urspårning en begränsad påverkan på risknivån inom planområdet. Skadeområdet vid en urspårning kommer inte överstiga 15 meter mätt från det närmaste spåret.

Utmed planområdets norra del där närmaste spår går i tråg bedöms urspårning inte utgöra någon risk som behöver beaktas vidare i den fortsatta planprocessen.

Utbyggnad av Ostkustbanan: En utbyggnad av järnvägen bedöms medföra en relativt liten påverkan på risknivån i det aktuella planområdet. Efter utbyggnaden kommer avståndet mellan Ostkustbanans yttersta huvudspår och det avvikande huvudspåret att vara minst ca 7-8 meter utmed det aktuella planområdet (längst i söder, se figur 3.3). Avståndet ökar dock norrut eftersom det avvikande huvudspåret förväntas behålla sin befintliga dragning (eventuellt med mindre justering). Vid en urspårning på det yttre (nya) huvudspåret bedöms den urspårade vagnen därmed kunna hamna max 17 meter utanför det avvikande huvudspåret (längst i söder).

Enligt besked från Trafikverket ska dock samtliga spår dimensioneras för en maxhastighet på 250 km/h i och med utbyggnaden av Ostkustbanan, detta förutsätts även gälla för det avvikande huvudspåret närmast planområdet (även om dess placering inte förändras så mycket). Utmed planområdets södra del där närmaste spår går i nivå med planområdet kan sannolikheten för att en urspårad vagn hamnar över 15 meter från spåret kunna öka.

Utmed planområdets norra del där närmaste spår går i tråg bedöms dock även fortsättningsvis att urspårning, trots ökad hastighetsbegränsning, 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 närmaste spår.

Befintlig utformning av Ostkustbanan: Godståg går idag på samtliga spår förbi planområdet. Avståndet mellan huvudspår och det avvikande huvudspåret är som minst ca 10 meter utmed det aktuella planområdet (längst i söder, se figur 3.1). Avståndet ökar dock norrut eftersom det avvikande huvudspåret viker av i en båge för att sedan passera i en tunnel under huvudspåren. En brand i ett godståg på något av huvudspåren bedöms därför som mest påverka ett område på ca 10 meter utanför det avvikande huvudspåret. Utmed majoriteten av den studerade sträckan kommer en brand i ett godståg på något av huvudspåren inte påverka ytor utanför spårområdet.

Med hänsyn till det begränsade antalet tåg som trafikerar det avvikande huvudspåret bedöms sannolikheten för en brand i ett godståg på detta spår vara mycket låg.

Sammantaget bedöms en tågbrand innebära en mycket begränsad påverkan på risknivån inom det aktuella planområdet.

Utbyggnad av Ostkustbanan: En utbyggnad av järnvägen bedöms endast medföra en marginell påverkan på risknivån i det aktuella planområdet med avseende på tågbrand. Efter utbyggnaden kommer avståndet mellan Ostkustbanans yttersta huvudspår och det avvikande huvudspåret att vara minst ca 7-8 meter utmed det aktuella planområdet (längst i söder, se figur 3.3). Avståndet ökar dock norrut eftersom det avvikande huvudspåret behåller sin befintliga dragning. En brand i ett godståg på något av huvudspåren bedöms därför som mest kunna påverka ett område på ca 23 meter utanför det avvikande huvudspåret (längst i söder).

Utbyggnaden av järnvägen bedöms även vidare ha en begränsad påverkan på sannolikheten för en brand i godståg på det avvikande huvudspåret.

Sammantaget bedöms en tågbrand innebära en mycket begränsad påverkan på risknivån inom det aktuella planområdet.

4.3.3 Olycka vid transport av farligt gods

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, gasmolnexplosion, 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.

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

Klass	Konsekvensbeskrivning
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 olycksscenarioer med farligt gods som behöver beaktas i den fortsatta processen. Utifrån sammanställningen i tabell 4.1 samt beskrivningen av planerad exploatering inom planområdet i avsnitt 2.2 bedöms det vara ämnen ur följande klasser som vid en olycka kan innebära konsekvenser för det aktuella området:

- 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

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:

- Urspårning på avvikande huvudspår samt närmaste huvudspår
(avser endast den södra halvan av planområdet, inom den norra halvan innebär utformningen av järnvägen med närmaste spår i tråg ett skydd mot urspårning)
- Brand i godståg på avvikande huvudspår
- Olycka vid transport av farligt gods
 - Massexplosiva ämnen
 - Brännbara gaser
 - Giftiga gaser
 - Brandfarliga vätskor
 - Oxiderande ämnen och organiska peroxider

I den fortsatta planeringen av området måste hänsyn tas till ovanstående olycksrisker. En fördjupad analys behöver göras där frekvens och konsekvens beräknas och sammanställs i form av risknivå, vilken i sin tur utgör underlag för beslut om säkerhetshöjande åtgärder. I avsnitt 5 redovisas förutsättningar och resultat av en fördjupad analys.

5. Fördjupad riskanalys

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. Den fördjupade riskanalysen tar hänsyn till en utbyggnad med två nya huvudspår enligt beskrivningen i avsnitt 3.2.1.

Frekvensberäkningarna utförs utifrån förutsättningar avseende spårutformning och trafiksiffror för prognosår 2040 enligt avsnitt 3.2. 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

Syftet med den fördjupade riskanalysen är att studera risknivån inom området som planeras för idrottsplats för att avgöra lämpligheten med denna markanvändning i anslutning till järnvägen.

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 för obebyggd mark där ingen hänsyn tas till eventuell konsekvensreducerande effekt av exempelvis framföriggande bebyggelse (varken befintlig eller planerad) och andra avskärmande barriärer inom planområdet.

Järnvägens utformning skiljer sig utmed det aktuella planområdet, då de närmaste spåren går i nivå med omgivningen utmed områdets södra del, men går sedan ner i tråg utmed områdets norra del för att sedan passera under övriga spår. Trågutformningen förhindrar att en urspårning skulle lämna spårområdet och därmed potentiella konsekvenser i omgivningen. Med hänsyn till detta skiljer sig individrisknivån inom området, framförallt inom delarna närmast järnvägen. Individrisken beräknas därför för södra halvan av planområdet där samtliga spår ligger i nivå med planområdet och dels för planområdets norra del där de närmaste spåren går i tråg. I övrigt tas ingen hänsyn till planerad bebyggelsestruktur inom området eftersom det huvudsakligen kommer utgöra obebyggda ytor för idrott.

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 planerad exploatering och topografi etc.

Enligt avsnitt 5.1.3 avser acceptanskriterierna för samhällsrisk 1 km² med den tillkommande exploateringen 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.

Samhällsrisk beräknas utifrån de konsekvensberäkningar som redovisas i bilaga B, vilket innebär att 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 planerad exploatering inom planområdet. Vid sammanställningen av samhällsrisk för de studerade riskkällorna antas att dessa konsekvenser kan inträffa oavsett var på den studerade järnvägssträckan som olyckan inträffar. Se vidare diskussion i avsnitt 5.2.2.

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 /17/ ges förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk, se tabell 5.1. I sina riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods så rekommenderar Länsstyrelsen i Stockholms län att dessa riskkriterier ska användas för värdering av risk /3/ och därför används de i denna analys.

Tabell 5.1. Förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk.

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

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 och markanvändning. Detta gäller framförallt avseende individrisk. Individrisken beräknas normalt under antagandet att en individ är kontinuerligt närvarande på en given plats. Enligt Värdering av risk /17/ bör dock vissa korrigeringar göras av beräknade risknivåer avseende vissa individer i verkligheten inte är kontinuerligt närvarande. För arbetare kan t.ex. individrisken reduceras med en faktor 4. För personer i rekreationsområden kan individrisken reduceras med en faktor 10. För boende ska det inte göras någon korrigering.

Istället för att korrigera individrisken för olika individer enligt beskrivningen ovan så kan dessa korrigeringar göras genom att anpassa värderingen av risk i förhållande till acceptanskriterierna. De undre av kriteriegränserna nyttjas 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, känsliga och svårutrymda verksamheter (t.ex. sjukhus, förskolor, skolor, idrottsanläggningar och personintensiva lokaler etc.). Risknivåer inom den nedre halvan av ALARP bör däremot kunna accepteras för t.ex. kontors- och vissa typer av restaurang- och butiksverksamheter utan behov av säkerhetshöjande åtgärder eftersom den faktiska individrisken för personer inom dessa verksamheter är betydligt lägre än den beräknade (sannolikt under det undre acceptanskriteriet). För bebyggelse och utrymmen som inte innebär stadigvarande vistelse, t.ex. parkeringsplatser samt gång- och cykelstråk, kan accepteras en risknivå som hamnar över den övre gränsen i angivna riskkriterier.

2. Rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder beror även 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.
3. 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.

Utöver rekommendationen från Länsstyrelsen i Stockholms län om acceptanskriterier för värdering av risk enligt tabell 5.1 så förtydligar man i sina riktlinjer att vid korta avstånd så lägger Länsstyrelsen större vikt vid eventuella konsekvenser av en olycka med farligt gods än sannolikheten för att en sådan olycka ska inträffa. Med hänsyn till det begränsade avståndet mellan det aktuella planområdet och Ostkustbanan (i synnerhet det avvikande huvudspåret) så kommer detta förtydligande från Länsstyrelsen att särskilt beaktas i riskvärderingen.

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 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

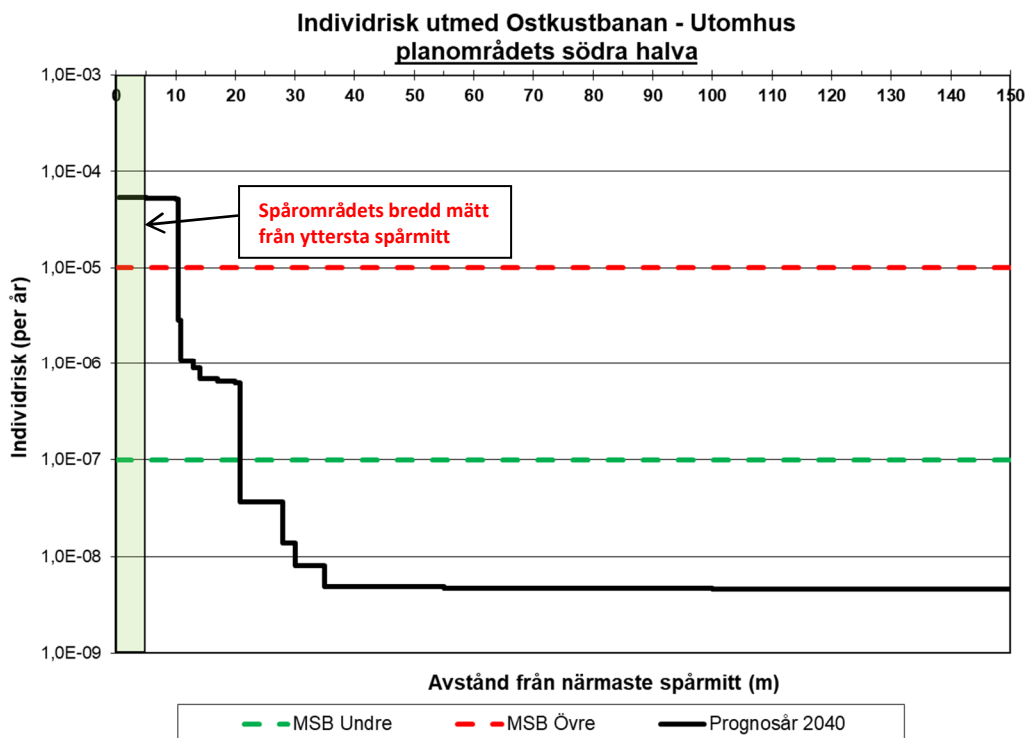
5.2.1 Individrisk

Nedan redovisas den beräknade risknivån inom områden utmed Ostkustbanan. Individrisken presenteras för oskyddade personer utomhus. Riskprofilerna gäller för obebyggd mark där ingen hänsyn tas till eventuella konsekvensreducerande effekter av exempelvis framförliggande bebyggelse.

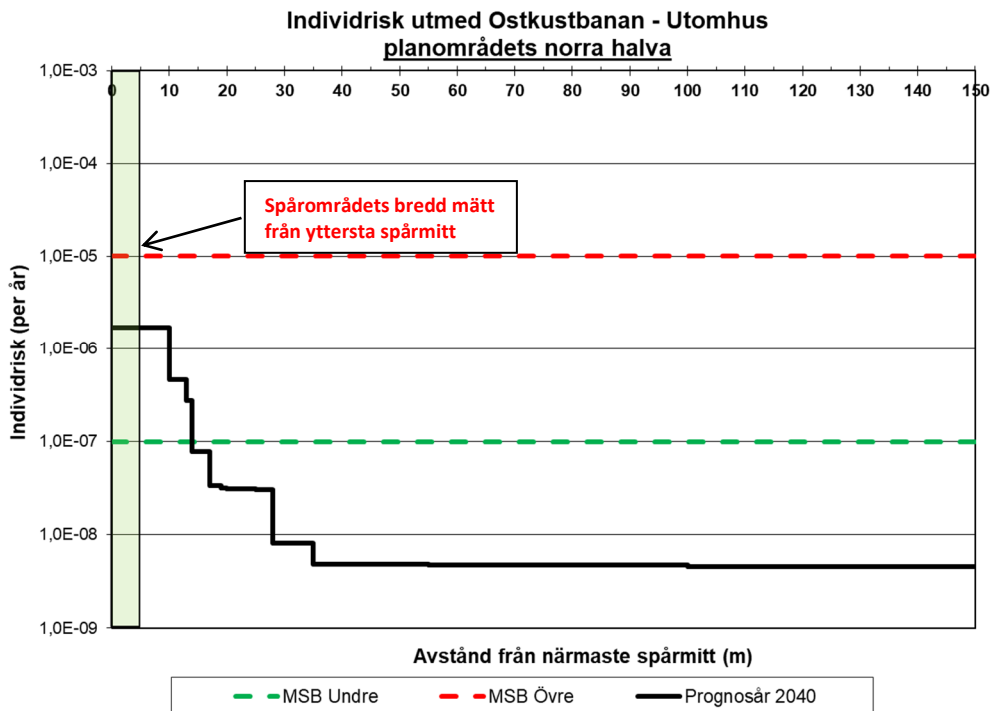
Individrisken redovisas för prognosår 2040 där hänsyn tas till planerad utbyggnad av järnvägen.

Avståndet i diagrammet utgår från spårmittpå det yttersta spåret efter planerad utbyggnad av Ostkustbanan, d.v.s. det avvikande huvudspåret (se beskrivningen i avsnitt 3.2.2). Med hänsyn till detta görs ett genomsnittligt avdrag på 10 m på skadeavståndet för olyckor på övriga huvudspår. I sammanvägningen av individrisken antas tågbrand samt samtliga farligt godsolyckor inträffa på det yttersta spåret närmast planområdet.

Individrisken presenteras dels för planområdets södra halva där samtliga spår ligger i nivå med planområdet (se figur 5.1) och dels för planområdet norra halva där de närmaste spåren (avvikande huvudspår) går i tråg vilket medför ett naturligt skydd mot urspårning som därmed sänker risknivån inom kringliggande områden (se figur 5.2).



Figur 5.1. Individrisk utomhus utmed Ostkustbanan. Diagrammet visar individrisken utmed planområdets södra halva där samtliga spår ligger på samma nivå som omgivningen.



Figur 5.2. Individrisk utomhus utmed Ostkustbanan. Diagrammet visar individriska utmed planområdets norra halva där närmaste spåret går i tråg, vilket eliminerar risken för urspårning.

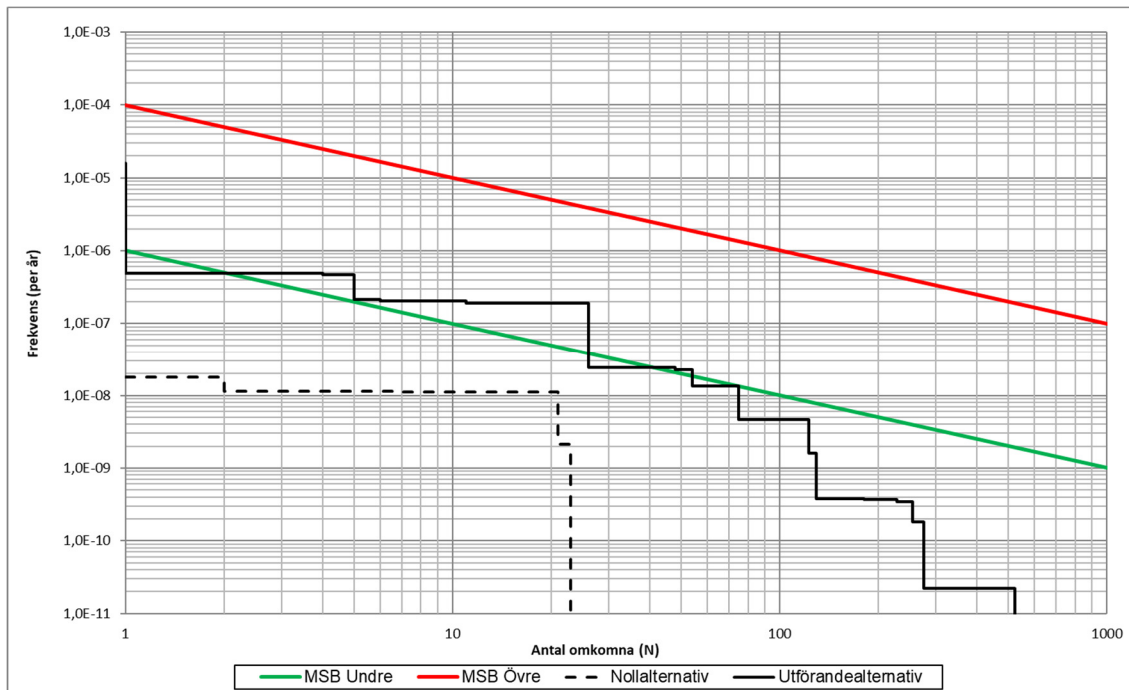
5.2.2 Samhällsrisik

I figur 5.3 redovisas den beräknade samhällsrisiken inom det studerade området, d.v.s. aktuellt planområde samt kringliggande bebyggelse.

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

Samhällsrisiken 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 10 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.

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



Figur 5.3. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Ostkustbanan i anslutning till aktuellt planområde.

Kommentar kring resultatet: Samhällsrisker har beräknats utifrån de konsekvensberäkningar som redovisas i bilaga B, vilket innebär att 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 planerad exploatering inom planområdet. Vid sammanställningen av samhällsrisker antas att dessa konsekvenser kan inträffa oavsett var på den studerade järnvägssträckan som olyckan inträffar. Normalt innebär denna metod en konservativ bedömning av samhällsrisker. Planförslaget innebär en höjning av persontätheten i förhållande till resterande delar av den studerade järnvägssträckan på 1 km som utgår från planområdets mitt (d.v.s. 500 m åt vardera riktning). Antagandet bedöms därför ge en mycket konservativ bild av samhällsrisknivån, vilket säkerställer att samhällsrisknivån för det aktuella planområdet inte underskattas med hänsyn till kringliggande bebyggelse.

Det ska observeras att längre söderut så är samhällsrisker betydligt högre än vad som redovisas i figur 5.3 med hänsyn till befintligt och planerad bebyggelse inom Ulriksdal och Bagartorp. Avståndet mellan planområdet och dessa områden bedöms dock vara så stort, samtidigt som förutsättningarna avseende bebyggelsestruktur och avstånd mellan bebyggelse och riskkälla skiljer sig markant så att det vore alltför konservativt att anta att samhällsrisker inom planområdet kan likställas med samhällsrisker för dessa områden.

5.3 Värdering av risk

5.3.1 Individrisk

Individrisken varierar något inom planområdet till följd av att det närmaste spåret delvis går i ett tråg utmed området, vilket har en reducerande effekt på riskbidraget från järnvägen, framförallt med avseende på urspårning.

Utmed den sträckan där samtliga spår ligger i samma nivå som omgivningen (södra halvan av planområdet) ligger risknivån över, eller inom den övre halvan av ALARP, se figur 5.1. Individrisken bedöms kunna hamna inom ALARP inom ca 22 meter från närmaste spårmitt (avvikande huvudspår efter utbyggnad av järnvägen). Inom ca 10 meter från närmaste spår så hamnar individrisken på en oacceptabel nivå.

Av de olycksrisker som främst påverkar risknivån inom planområdets södra halva är det huvudsakligen urspårning på det närmaste spåret som leder till en förhöjd individrisk. Olycksrisker förknippade med farligt godstransporter samt tågbrand bedöms ha en relativt begränsad påverkan på risknivån.

Utmed sträckan där yttersta spåret (avvikande huvudspår) går i ett tråg utmed planområdet så reduceras risken för urspårning vilket reducerar individrisknivån inom ytorna närmast järnvägen, se figur 5.2. Utmed denna sträcka hamnar individrisken inom ALARP inom ca 15 meter från närmaste spårmitt. Risknivån hamnar inte på en oacceptabel nivå där spåret går i tråg.

Utmed planområdets södra del är avståndet mellan närmaste spår och planområdesgräns minst 10 meter. Individrisken blir därmed inte oacceptabelt hög inom någon del av planområdet.

Den planerade verksamheten kommer inte att innebära att personer är kontinuerligt närvarande inom planområdet, vilket innebär att den faktiska individrisken för personer inom området kommer att vara lägre än nivåerna som redovisas ovan. Med hänsyn till att den planerade markanvändningen bl.a. kommer att innebära skolverksamhet samt barn- och ungdomsverksamhet så görs dock ingen reduktion av individrisken (se resonemang i avsnitt 5.1.3). Individrisken inom planområdet är med andra ord att betrakta som delvis förhöjd, vilket behöver beaktas vid planering och utformning av det aktuella planområdet. Se vidare avsnitt 6.

5.3.2 Samhällsrisk

Samhällsrisken från olycksriskerna förknippade med trafiken på Ostkustbanan bedöms bli låg på den studerade sträckan även efter planerad exploatering inom det aktuella planområdet. Samhällsrisken ligger på en acceptabel nivå för större konsekvenser (> 75 omkomna). För skadescenarier med ca 75 omkomna eller färre så tangerar samhällsrisken det undre acceptanskriteriet eller ligger delvis inom den nedre halvan av ALARP, se figur 5.3.

De olycksrisker som främst bidrar till att samhällsrisken hamnar inom eller strax under 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 samhällsrisknivån.

Den förhöjda samhällsrisken behöver beaktas vid planering och utformning av det aktuella planområdet. Det behöver bl.a. säkerställas att de förutsättningar som gäller för beräkning av samhällsrisken uppfylls, vilket kan innebära behov av planbestämmelser och restriktioner gällande markanvändning inom planområdet. 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 risknivå 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 /18/*. 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.

Enligt avsnitt 5.2.2 har samhällsrisk för den aktuella järnvägssträckan beräknats utifrån mycket konservativa antaganden avseende sannolikheten för att beräknade konsekvenser ska förväntas inträffa. Konsekvenserna för respektive skadesscenario har beräknats utifrån de förutsättningar som medför så stora konsekvenser som möjligt för det aktuella planområdet men antas vid sammanställningen av samhällsrisk kunna inträffa oavsett var på den studerade järnvägssträckan (1 km) som olyckan inträffar. Med hänsyn till att planförslaget kommer att innebära en stor förändring avseende persontätheten inom planområdet i förhållande till omgivande ytor utmed den studerade järnvägssträckan så bedöms det inte vara troligt att dessa konsekvenser uppstår oavsett var på sträckan som olyckan inträffar.

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:

- Vid en mycket kraftig ökning av antalet farligt godstransporter på Ostkustbanan så skulle individrisken hamna inom ALARP inom ca 25-30 meter. Individrisken inom detta avstånd påverkas dock inte mer än marginellt med hänsyn till att vid kortare avstånd är det huvudsakligen urspårning som bidrar till risknivån.

Vidare så hamnar samhällsrisk även vid en mycket kraftig ökning av antalet farligt godstransporter till stor del på en acceptabel nivå eller inom den nedre halvan av ALARP, mycket nära det nedre acceptanskriteriet. Samhällsrisk hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.

- Att använda en annan mer konservativ beräkningsmetodik för frekvensberäkningarna (VTI) skulle medföra en stor ökning av individrisken utmed den södra halvan av planområdet där spåren går i samma nivå som omgivningen. Individrisken skulle hamna inom den övre halvan av ALARP inom ca 20 meter från närmaste spår och inom ca 10 meter skulle individrisken hamna på en oacceptabel nivå. Utmed den norra halvan där de närmaste spåren går i ett tråg blir förändringen inte lika stor eftersom tråget eliminerar urspårningsrisken som är det huvudsakliga bidraget till risknivån närmast järnvägen.

Vidare så innebär VTI-metoden en stor skillnad i samhällsrisken som till stor del skulle ligga inom ALARP, även inom dess övre halva nära en oacceptabel nivå. Samhällsrisken kan komma att tangera en oacceptabel nivå för enstaka omkomna.

En annan mer konservativ beräkningsmetodik påverkar individrisken och innebär ett ökat avstånd från järnvägen där individrisken hamnar inom ALARP. På ett avstånd om ca 30 meter från järnvägens närmaste spår kommer individrisknivån dock ändå fortfarande vara acceptabel. Individrisknivån i anslutning till planerad byggnad som planeras minst 30 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 ha en relativt stor påverkan på resultatet. Samhällsrisken hamnar då till stor del inom ALARP, både för små och stora konsekvenser. Samhällsrisken hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.
- Antagandet i riskanalysen om att beräknade konsekvenser kan inträffa oavsett var på den studerade järnvägssträckan på 1 km som olyckan inträffar bedöms ha relativt stor påverkan på samhällsrisken för utförandealternativet. Om hänsyn tas till att omgivningen utmed järnvägen både söder och norr om planområdet huvudsakligen består av skogsmark vilket skulle innebära mycket lägre konsekvenser om olyckan inträffar på dessa delsträckor än de som beräknats i bilaga B så skulle samhällsrisken dock fortsättningsvis delvis hamna inom den nedre halvan av ALARP.

6. Säkerhetshöjande åtgärder

6.1 Allmänt

Enligt den fördjupade riskanalysen bedöms individrisknivån för delar av det aktuella planområdet vara så hög att säkerhetshöjande åtgärder ska beaktas vid exploatering. Dessutom bedöms planförslaget kunna innebära en förhöjd samhällsrisik, vilket också behöver beaktas.

Åtgärdernas omfattning behöver diskuteras, då acceptansnivån är beroende av markanvändning samt avstånd till aktuella riskkällor. I diskussionsavsnittet nedan tas extra hänsyn till att den planerade markanvändningen bl.a. kommer att innebära skolverksamhet samt barn- och ungdomsverksamhet. Dessutom behöver bedömningen av åtgärder beakta vilket bidrag till risknivån som respektive olycksrisk innebär.

6.2 Diskussion kring åtgärder

6.2.1 Disposition av riskutsatta områden

Vid lokalisering i ett utsatt område bör man alltid sträva efter att lokalisera bebyggelse och ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse på ett tillräckligt stort avstånd från eventuella störningskällor. Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (se tabell 1.1) bör användas som riktvärden för placering av verksamheter.

Den nya idrottsplatsen är framförallt avsedd att användas för träning. Idrottsplatsen kommer inte att omfatta några större åskådarläktare eller liknande. I genomsnitt så innebär verksamheten låga persontätheter inom planområdet. Det kommer att finnas möjlighet till en mindre läktare för upp till 250 åskådare. Detta gör att idrottsplatsen inte kommer att betraktas som personintensiv verksamhet. Vid cuper m.m. så förväntas anläggningen kunna generera något större personantal på upp mot 510 personer samtidigt inom planområdet, men det handlar om relativt enstaka tillfällen under ett år. Sannolikheten för att en järnvägsolycka skulle inträffa vid full beläggning inom planområdet är därmed låg, vilket innebär att dessa värsta tänkbara konsekvenser innebär ett begränsat bidrag till den sammanvägda samhällsriskerna.

Stadigvarande vistelse utomhus

Enligt riskvärderingen i avsnitt 5.3 är individrisknivån acceptabel på avstånd större än 22 meter från järnvägen. Avståndet utgår från spårmittpå det närmaste spåret efter planerad utbyggnad av Ostkustbanan. Det huvudsakliga bidraget till den höga risknivån inom ca 22 meter från järnvägen är urspårning på det närmaste spåret (avvikande huvudspår). Detta gäller dock endast utmed planområdet södra del där närmaste spåret ligger i nivå med omgivningen. Utmed planområdets norra del går närmaste spåret i ett tråg vilket innebär ett naturligt skydd mot urspårning (se sektion i figur 3.2). Utformningen innebär att individrisknivån är acceptabel redan på avstånd större än 15 meter från närmaste spår. Olycksrisker förknippade med farligt gods samt tågbrand medför ett mycket begränsat bidrag till individrisknivån inom planområdet.

Idrottsplaner, utegym och dylikt är att betrakta som stadigvarande vistelse, men verksamheten innebär en låg persontäthet och personer som är i rörelse (se kommentar om läktare nedan). Det föreslås därför att fotbollsplaner och utegym m.m. ska placeras minst 15 meter från närmaste spår där spåret ligger lägre än planområdet. Utmed sträckan där spåret ligger i nivå med planområdet rekommenderas att fotbollsplaner och utegym m.m. placeras minst 22 meter från närmaste spår (avvikande huvudspår efter utbyggnad av järnvägen).

Utifrån sammanvägningen av risknivån inom planområdet bedöms föreslagen disposition vara acceptabel och ej föranleda krav på säkerhetshöjande åtgärder eller restriktioner.

Läktare: Enligt ovan medger planförslaget en möjlighet till läktare med upp till ca 250 åskådare. För att minska sannolikheten för omfattande konsekvenser samt för att öka möjligheten till evakuering vid en olycka på järnvägen rekommenderas att detaljplanen utformas så att den reglerar att läktare inte medges inom 40 meter från järnvägen (mätt från närmaste spårmittpå det närmaste spåret) efter utbyggnad av Ostkustbanan. Regleringen behöver även omfatta mobila läkare. Om detta inte går att reglera med planbestämmelse så bör syftet med regleringen förtydligas i planbeskrivningen.

Föreslagna skyddsavstånd enligt ovan innebär dels att personer inte utsätts för en förhöjd individrisk och dels att ytor som kan innebära en högre persontäthet placeras längre från riskkällan, vilket kommer reducera potentiella konsekvenser av samtliga olycksrisker.

Icke stadigvarande vistelse utomhus

Med hänsyn till individrisknivån utmed Ostkustbanan rekommenderas att obebbyggda ytor inom 15 meter från närmaste spår utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse där spåret ligger lägre än planområdet. Utmed sträckan där spåret ligger i nivå med planområdet rekommenderas motsvarande markanvändning inom 22 meter från närmaste spår.

Exempel på lämplig markanvändning inom ytor som inte ska uppmuntra till stadigvarande vistelse är gång- och cykelväg, naturområden, drifttytor (t.ex. snöupplag och uppställningsplatser för maskiner). Planerad disponering av planområdet uppfyller ovanstående rekommendation med drifttytor närmast järnvägen. Markparkering bör dock inte planeras inom 15 meter från närmaste spår i enlighet med rekommendation från Trafikverket /19/.

Med hänsyn till att den aktuella markanvändningen inom planområdet i övrigt innebär skolverksamhet samt barn- och ungdomsverksamhet så rekommenderas att ytan närmast järnvägen inte görs tillgänglig för exempelvis lek, idrott eller publik. T.ex. kan detta göras genom att skilja av de planerade driftytorna från fotbollsplanerna.

Bebyggelse

Det rekommenderas att byggnader som innebär stadigvarande vistelse, t.ex. kafé placeras minst 40 meter från närmaste spår (avvikande huvudspår) efter utbyggnad av järnvägen. Avståndet ger ett betryggande skydd mot urspårning på närmaste spår samtidigt som det begränsar konsekvenserna av olycka med farligt gods, bl.a. förhindras konsekvenser inom byggnader vid olycka med brandfarlig vätska (ca 40 % av alla farligt godstransporter på järnväg). Utifrån sammanvägningen av risknivån inom planområdet bedöms förslaget vara acceptabelt och ej föranleda krav på säkerhetshöjande åtgärder eller restriktioner.

Det föreslagna skyddsavståndet till bebyggelse för stadigvarande vistelse reducerar potentiella konsekvenser av samtliga olycksrisker genom att placera verksamheter som kan innebära en högre persontäthet längre från riskkällan.

Byggnader för icke stadigvarande vistelse, t.ex. driftutrymme eller bod, ska placeras minst 22 meter från närmaste spår (avvikande huvudspår efter utbyggnad av järnvägen). Utmed sträckan där närmaste spår ligger lägre än planområdet kan avståndet minska till 15 meter. Avståndet ger ett betryggande skydd mot urspårning.

6.2.2 Byggnadstekniska åtgärder

Om dispositionen av planområdet uppfyller föreslagna avstånd enligt avsnitt 6.2.1 görs bedömningen att det inte krävs ytterligare säkerhetshöjande åtgärder eller restriktioner.

6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder och restriktioner – sammanställning

Vid exploatering inom planområdet rekommenderas att följande åtgärder och restriktioner vidtas:

Avstånden som anges ska mätas från närmaste spårmitt (avvikande huvudspår) där hänsyn tas till planerad utbyggnad av järnvägen.

- Avståndet mellan järnvägen och obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (idrottsplaner och utegym m.m.) ska inte understiga 15 meter utmed sträckan där närmaste spår ligger lägre än planområdet.
- Avståndet mellan järnvägen och obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (idrottsplaner och utegym m.m.) ska inte understiga 22 meter utmed sträckan där närmaste spår ligger i nivå med planområdet.
- Avståndet till ytor som medger läktare ska inte understiga 40 meter.
- Avståndet mellan järnvägen och bebyggelse som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (kafé m.m.) ska inte understiga 40 meter.

- Avstånd mellan järnvägen och bebyggelse för icke stadigvarande vistelse (förråd m.m.) ska inte understiga 22 meter. Utmed sträckan där närmaste spår ligger lägre än planområdet kan avståndet minskas till 15 meter.
- Obebyggda ytor närmast järnvägen (inom 15 meter utmed sträckan där spåret ligger lägre än planområdet, respektive inom 22 meter utmed sträckan där spåret ligger i nivå med planområdet) ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. T.ex. driftytor m.m. är acceptabelt inom dessa ytor. Ytorna bör utformas så att de inte är tillgängliga för exempelvis idrott, lek och publik.

Observera att ovanstående åtgärder endast utgör förslag och det är upp till kommunen/projektet att ta beslut om åtgärder. För att säkerställa att ovanstående åtgärder och restriktioner vidtas samt att övriga förutsättningar för riskutredningen uppfylls krävs att dessa utformas som planbestämmelser i den nya detaljplanen. De åtgärder som man beslutar om ska formuleras som planbestämmelser på ett sådant sätt att de är förenliga med **Plan- och bygglagen (2010:900)**. 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 bebyggelse samt ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Begränsning av sannolikheten för att oskyddade personer skadas utomhus inom områden med förhöjd risknivå genom att tillgodose skyddsavstånd till områden med stadigvarande vistelse.
- En reduktion av konsekvenserna inom planområdet genom skyddsavstånd dels till ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse och dels till ytor som kan innebära ökad persontäthet (t.ex. läktare). Särskilt stor vikt läggs till att begränsa konsekvenserna genom rekommendationen om att utforma ytorna närmast järnvägen så att de inte är tillgängliga för exempelvis idrott, lek och publik.
- Reduktionen av potentiella konsekvenser i form av antal omkomna inom planområdet innebär en reduktion av samhällsriskerna så att den hamnar på en acceptabel nivå.

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

7. Slutsatser

Det aktuella planområdet Krossen ligger i ett relativt utsatt läge med hänsyn till olycksrisker förknippade med tågtrafiken på Ostkustbanan (inkl. transporter av farligt gods). Ostkustbanan är på den aktuella sträckan en av de mest trafikerade järnvägssträckorna i Sverige.

Trafikverket har dessutom planer på att i framtiden utöka Ostkustbanan med två nya spår mellan Stockholm och Uppsala. Utmed den aktuella sträckan har ett spår skissats på vardera sida om de befintliga spåren. I höjd med planområdet där det befintliga avvikande huvudspåret närmast planområdet gör en båge västerut för att därefter passera i tunnel under huvudspåren kommer ett nytt huvudspår att dras parallellt med befintliga huvudspår. På sträckan kan därmed det avvikande huvudspåret ligga kvar i befintligt läge. I samband med utbyggnaden av Ostkustbanan planeras dessutom en ny planskild förbindelse mellan det avvikande huvudspåret och de inre huvudspåren. Den befintliga planskilda förbindelsen mellan avvikande huvudspåret och det yttersta södergående huvudspåret behålls men ansluter istället till det nya yttersta södergående huvudspåret.

Utbyggnaden av Ostkustbanan innebär att avståndet mellan planområdet och närmaste huvudspår minskar med ca 7 meter. Utbyggnaden innebär dock inte att det totala spårområdet kommer att utökas mer än marginellt förutom i höjd med planområdets norra hörn där den nya förbindelsen mellan avvikande huvudspår och Ostkustbanans innerspår innebär att spårområdets bredd förlängs norrut. Den nya förbindelsen kommer dock att gå i ett tråg.

Genomförd fördjupad riskanalys visar att olycksriskerna på järnvägen påverkar risknivån inom det studerade planområdet. Detta gäller framförallt individrisken. Av de olycksrisker som främst påverkar risknivån inom planområdet är det huvudsakligen urspårning som leder till en förhöjd individrisk. Olycksrisker förknippade med farligt godstransporter samt tågbrand bedöms ha en relativt begränsad påverkan på risknivån. Dessutom bedöms planförslaget kunna innebära en förhöjd samhällsrisk, vilket också behöver beaktas.

Med anledning av risknivån samt Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd föreslås att följande säkerhetshöjande åtgärder och restriktioner vidtas vid exploatering inom planområdet:

Avstånden som anges ska mätas från närmaste spårmitt (avvikande huvudspår) där hänsyn tas till planerad utbyggnad av järnvägen.

- Avståndet mellan järnvägen och obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (idrottsplaner och utegym m.m.) ska inte understiga 15 meter utmed sträckan där närmaste spår ligger lägre än planområdet.
- Avståndet mellan järnvägen och obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (idrottsplaner och utegym m.m.) ska inte understiga 22 meter utmed sträckan där närmaste spår ligger i nivå med planområdet.
- Avståndet till ytor som medger läktare ska inte understiga 40 meter.
- Avståndet mellan järnvägen och bebyggelse som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (kafé m.m.) ska inte understiga 40 meter.
- Avstånd mellan järnvägen och bebyggelse för icke stadigvarande vistelse (förråd m.m.) ska inte understiga 22 meter. Utmed sträckan där närmaste spår ligger lägre än planområdet kan avståndet minskas till 15 meter.

- Obebyggda ytor närmast järnvägen (inom 15 meter utmed sträckan där spåret ligger lägre än planområdet, respektive inom 22 meter utmed sträckan där spåret ligger i nivå med planområdet) ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. T.ex. driftytor m.m. är acceptabelt inom dessa ytor. Ytorna bör utformas så att de inte är tillgängliga för exempelvis idrott, lek och publik.

Föreslagna åtgärder medför att samhällsrisken inom planområdet och dess omgivning begränsas samt att personer inte utsätts för en förhöjd risknivå mer än under begränsad tid.

8. Bilagor

BILAGA A – Frekvensberäkningar

BILAGA B – Konsekvensberäkningar

BILAGA C – Riskberäkningar

9. Referenser

- /1/ Översiktsplan 2030, antagen av kommunfullmäktige i Solna stad 21 mars 2016
- /2/ Detaljplan för ny idrottsplats i norra Solna, Kv. Krossen m.fl., stadsdelen Järva (BND 2018:53), Granskningshandling upprättad september 2020
- /3/ Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4, Länsstyrelsen Stockholm, 2016-04-11
- /4/ Järvastadens idrottsplats - Övergripande funktioner (Reviderad efter förstudier genomförda under HT-18), Kultur- och fritidsförvaltningen i Solna stad, daterad 2020-04-15
- /5/ Översiktsplan för Sundbybergs stad, antagen av Sundbybergs kommunfullmäktige den 22 februari 2010
- /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 över Detaljplan för Kv. Krossen, idrottsplats i norra Solna, Solna stad (TRV 2020/115738), Trafikverket 2020-11-27
- /11/ 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
- /12/ Samhällsekonomi för Stockholm Kombiterminal Norr: Rosersberg, Vectura Consulting AB, 2009-03-09 (reviderad 2009-10-12)
- /13/ RID-S 2017 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2016:9, 2017
- /14/ Bantrafik 2019 (Rapportnr 2020:19), Statistikrapport från Trafikanalys
- /15/ Kartläggning av farligt gods på järnväg under september månad 2006, Räddningsverket 2007 (www.msb.se)
- /16/ RID-transporter mars - maj 2005 utförda av Green Cargo, sträckan Karlberg-Årstabroarna, Green Cargo, 2005
- /17/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997
- /18/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001
- /19/ Transportsystemet i samhällsplaneringen – Trafikverkets underlag för tillämpning av 3-5 kap. miljöbalken och av plan- och bygglagen (Publikation 2016:148), Trafikverket 2016

Bilaga A - Frekvensberäkningar

Uppdragsnamn Kv. Krossen, Solna stad	Uppdragsnummer 111687	Datum 2021-01-28
Uppdragsgivare Järvastaden AB	Egenkontroll EMM 2021-01-28	Internkontroll RKL 2021-01-28
Handläggare Erik Hall Midholm		

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 persontågskm 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/exploatering

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:

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

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

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

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

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 huvudspår på vardera sida om befintliga huvudspår utmed den aktuella sträckan (totalt sex stycken huvudspår) samt ett avvikande huvudspår som förbi planområdet och 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 det avvikande huvudspåret samt det yttersta västra huvudspåret som kan påverka risknivån inom kringliggande områden väster om järnvägen. Spårområdets bredd innebär att urspårning på övriga fem huvudspår 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-A.3 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 (nytt 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 huvudspår.** Avståndet utgår från närmaste huvudspår 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 huvudspår.** Avståndet utgår från närmaste huvudspår 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 sannolikhetsberäkningar med avseende på brand i godståg på den aktuella järnvägssträckan.

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

Scenario	Frekvens [per år]
Brand i godståg	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** ($F_{urspårning}$) + **järnvägsolycka med brand** ($F_{tågbrand}$).

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 Mälärbansans 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 avnämare 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 Mälärbansans 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 massexplosion uppstå antingen till följd av stora påkänningar eller till följd av brand som sprids till lasten:

Explosion p.g.a. tågbrand: Frekvensen för en tågbrand i en godsvagn utgår från tabell A.6 (se avsnitt 2.3.2). Enligt avsnitt 2.2.1 utgör farligt gods ca 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 $5 \% \times 0,01 \% = 0,0005 \%$.

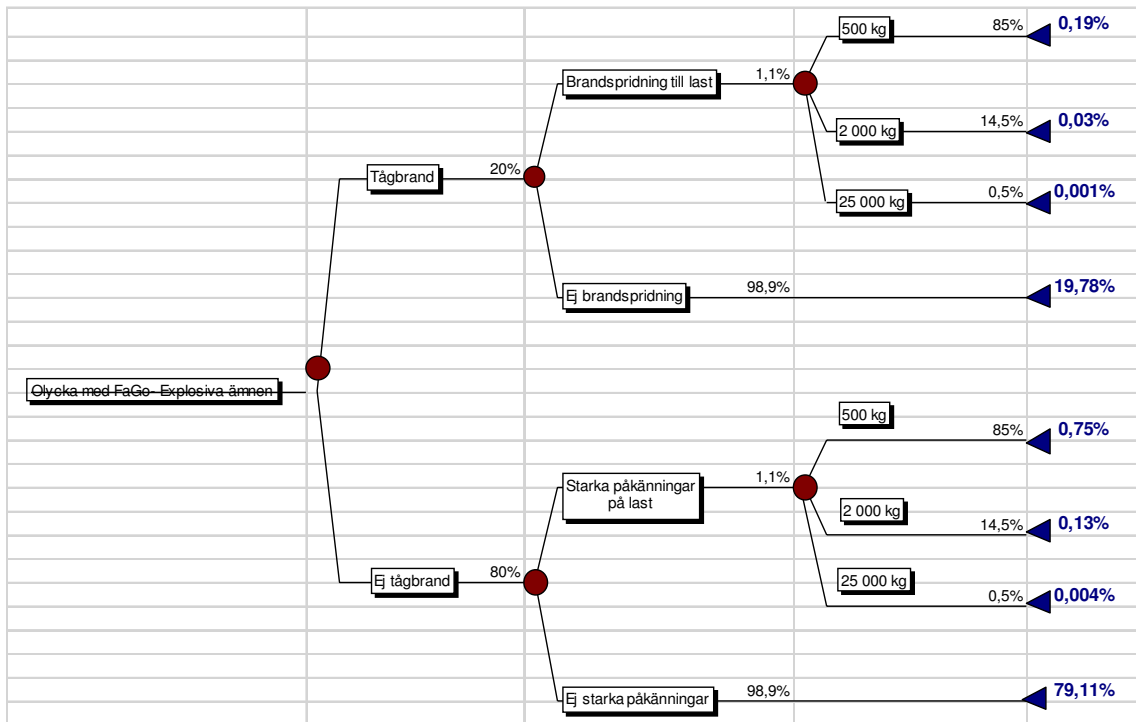
Det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport /10/. Detta innebär en begränsad sannolikhet för att en tågbrand ska påverka godset i sådan omfattning att det leder till explosion.

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 massexplosion vara 100 %. Sannolikheten för att brand uppstår i samband med en urspårningsolycka som föranleder att vagnen skadas så att branden sprider sig till lasten och orsakar massexplosion bedöms då till ca 1,1 % ($30 \% \times 3,7 \%$).

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

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

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



Figur A.1. Händelsetråd 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 /14/. 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 %.

/14/ Kartläggning av farligt gods på järnväg under september månad 2006, Räddningsverket 2007 (www.msb.se)

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 /15/:

	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" /16/* 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.

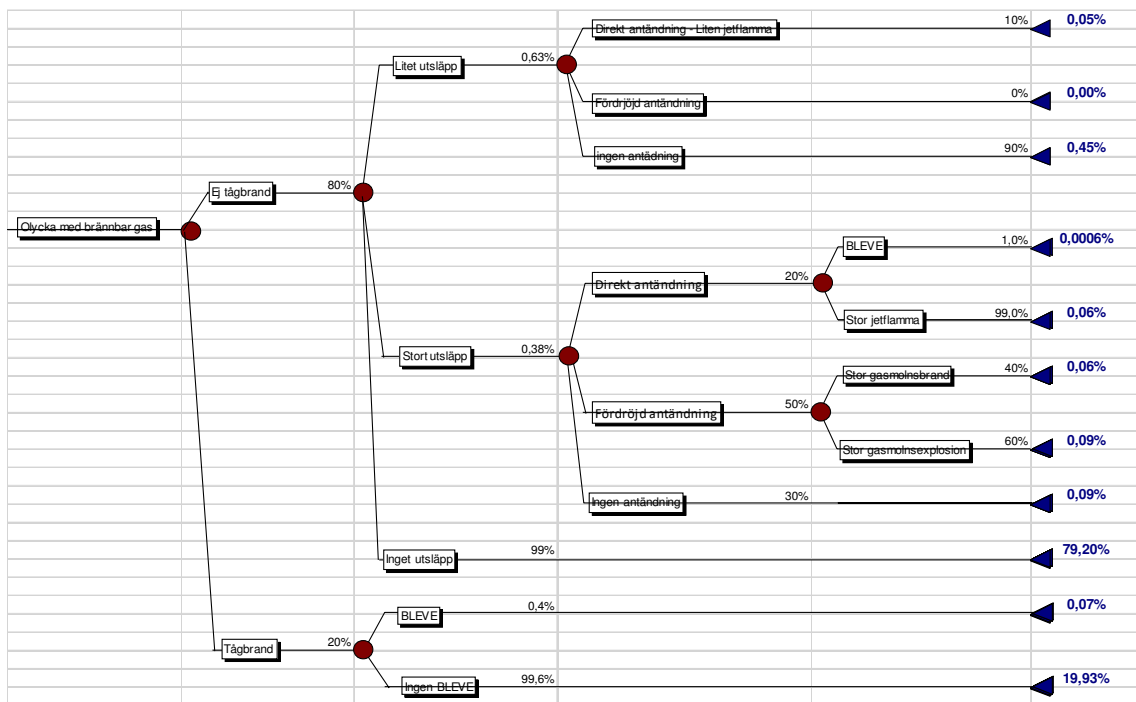
Sannolikheten för att förhållandena kring något av dessa scenarier är sådana att en BLEVE uppstår bedöms vara mycket låg, uppskattningsvis mindre än 1 % för respektive scenario.

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.

/15/ Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993

/16/ 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.

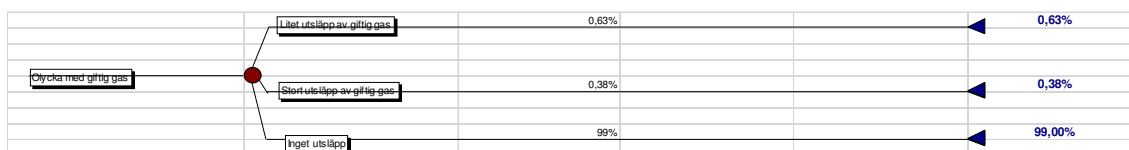
Tabell A.9. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brännbara gaser på studerad järnvägssträcka (1 km).

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
Fördörd antändning av litet utsläpp	0,0E+00
Direkt antändning av stort utsläpp - jetflamma	1,2E-08
Fördörd 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.10.



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 – Brandfarliga 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/.

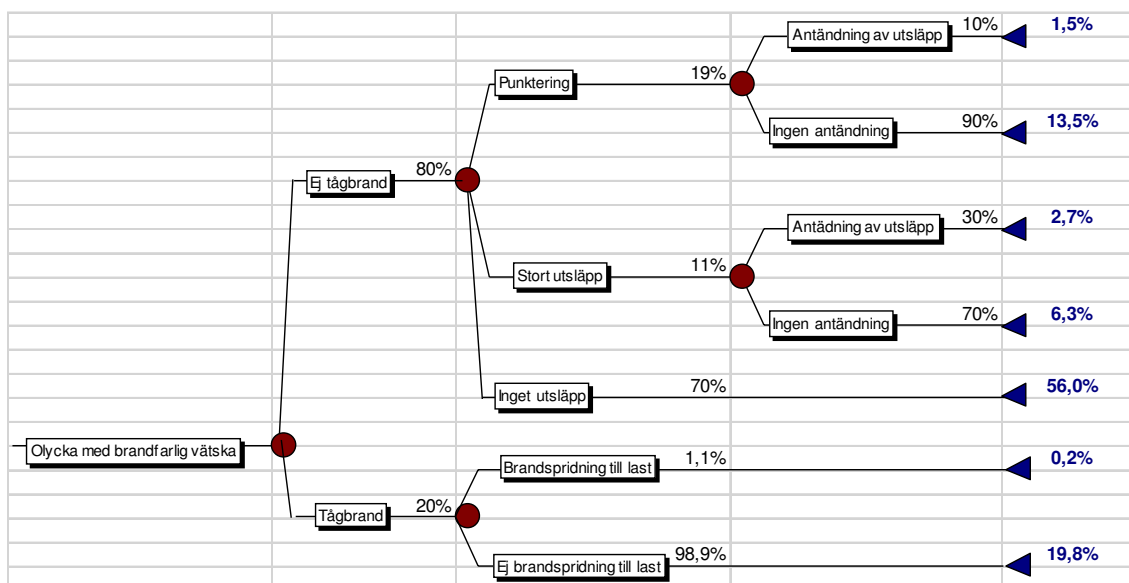
I /9/ anges enligt tidigare en fördelning mellan olika utsläppsstorlekar för järnvägstankar givet utsläpp: litet (62,5 %); medelstort (20,8 %); stort utsläpp (16,7 %).

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.11.



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 /17/ 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.

/17/ 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.

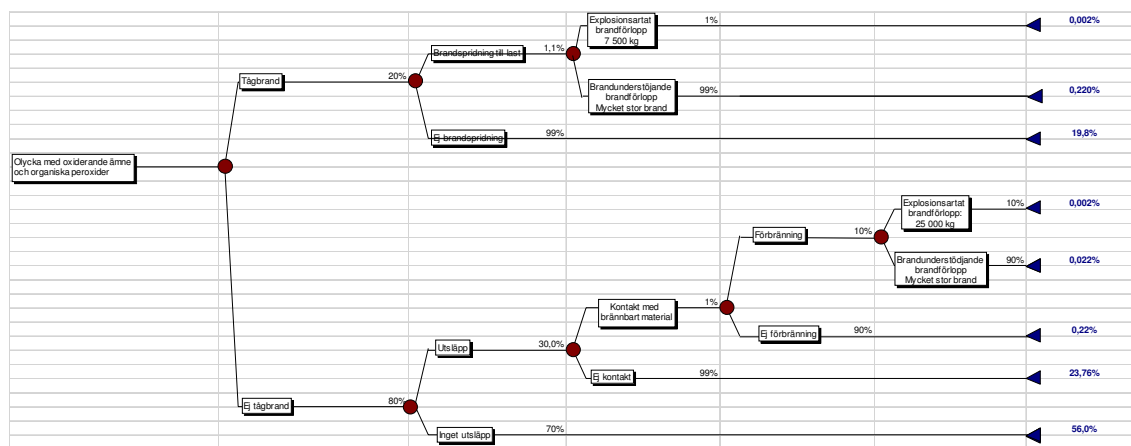
Oxiderande ämnen och organiska peroxider transporteras i tunnväggiga vagnar. Skada på en godsvagn med klass 5 bedöms motsvara den sammanlagda sannolikheten för utsläpp för tunnväggiga vagnar, d.v.s. 30 % /9/. Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca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

Detonation p.g.a. förorening av brännbart material: Enligt ovan är sannolikheten för utsläpp 30 % (25 + 5 %). Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska förorenas med brännbart material bedöms som låg, 1 % (i princip krävs att en tank med brännbar vätska skadas i närheten för att risk för omfattande förorening och blandning föreligger). Vidare bedöms att sannolikheten för förbränning av blandningen givet förorening och blandning vara högst 10 %. Förbränningen antas kunna leda till explosionsartade brandförlopp alternativt till en kraftig brand där det utläckta godset fungerar brandunderstödande. Sannolikheten för att förbränningen leder till explosionsartat brandförlopp uppskattas till högst 10 % och i övriga fall antas det utläckta godset fungera brandunderstödande 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 /18/ 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 utsläppsscenarioer har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.12.



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

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

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med oxiderande ämne (klass 5)	1,3E-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. förorening av brännbart material	2,8E-09

Bilaga B - Konsekvensberäkningar

Uppdragsnamn Kv. Krossen, Solna stad	Uppdragsnummer 111687	Datum 2021-01-28
Uppdragsgivare Järvastaden AB	Egenkontroll EMM 2021-01-28	Internkontroll RKL 2021-01-28
Handläggare Erik Hall Midholm		

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 tågagn. Sannolikheten för detta värsta tänkbara scenario är extremt låg, se bilaga A.

Med hänsyn till gällande hastighetsbegränsningar på den aktuella järnvägssträckan (250 km/h för persontåg 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 utmed planområdets södra halva. Utmed planområdets norra halva går dock närmaste spår (avvikande huvudspår) i ett tråg, vilket begränsar skadeområdet vid en urspårning både på detta spår och på huvudspåren. En urspårning utmed planområdets norra halva bedöms därför inte innebära något skadeområde inom planområdet.

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. Skadeområdet beräknas konservativt som den längsta sträcka som den urspårade vagnen kan gå längs med spåret multiplicerat med avståndet från spåret 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 $H_f = D / 1$.

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

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

Utfallande strålning (I_0) – Den utfallande strålningen (kW/m^2) är beroende av pölbrandens diameter. Upp till en viss pölstorlek ökar strålningen från flammans, men efter en viss nivå minskar effektiviteten i förbränningen med påföljd att rökutvecklingen tilltar och temperaturen i flamzonen sjunker. En del av värmestrålningen absorberas därmed i omgivande rök, vilket innebär att den utfallande strålningen sjunker med ökande värde på pölbrandens storlek. Den utfallande strålningen kan beräknas med följande ekvation /3/:

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

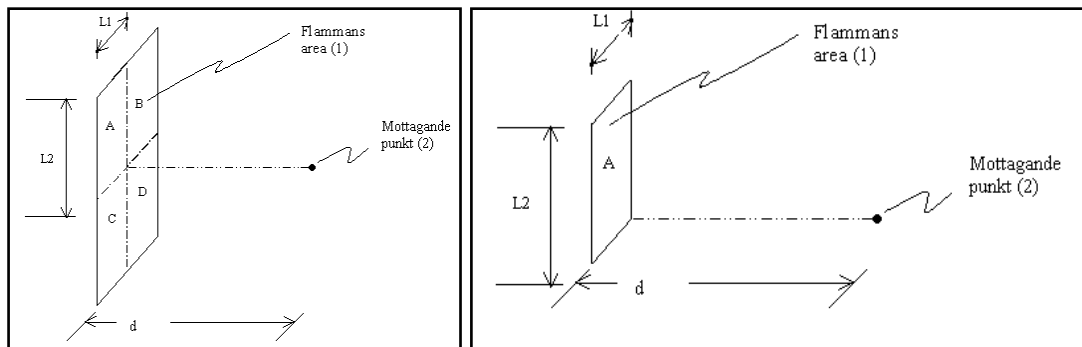
Synfaktor (F) – Synfaktorn (–) anger hur stor andel av den utfallande strålningen som når en mottagande punkt eller yta (se figur B.1). Vid beräkningen av synfaktorn antas att branden är rektangulär så att flammans diameter är lika stor i toppen som i botten. Detta är ett konservativt antagande då branden 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:

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

$\Theta_1 = \Theta_2 =$ infallande vinkel (d.v.s. 0) och $A_1 = L_1 \times L_2$ enligt figur B.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: $I = F \times I_0$

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

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

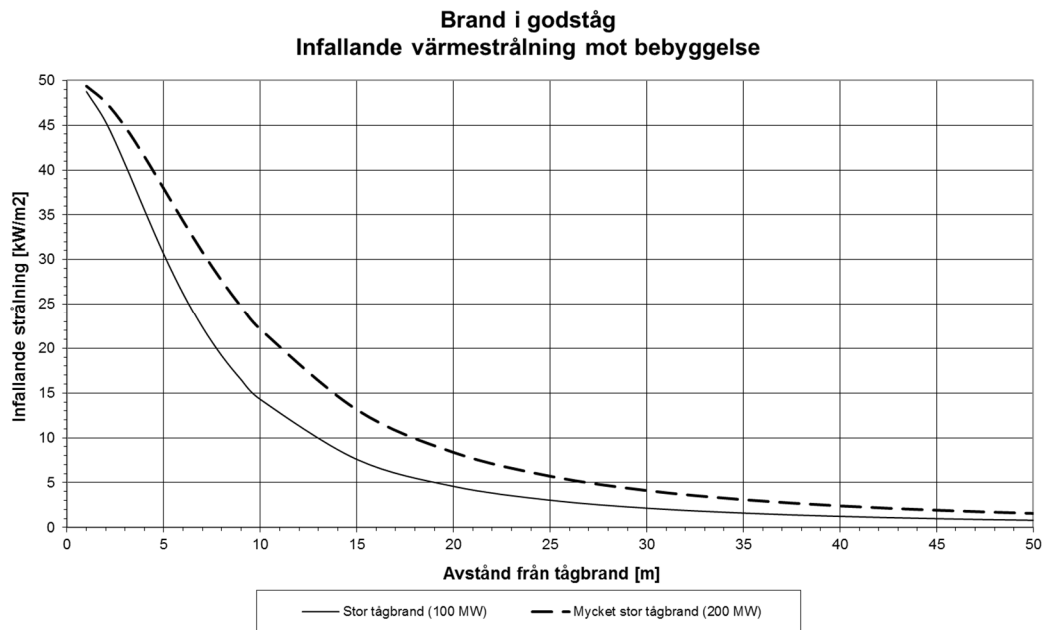
/5/ Thermal Radiation Heat Transfer, 3rd ed., Seigel & Howell, USA 1992

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_o (kW/m ²)
Stor tågbrand	100	100 000	11,3	11,3	46,8
Mycket stor tågbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.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 flammans och absorberar en avsevärd del av strålningen, vilket i sin tur minskar den utfallande värmestrålningen. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på 50 kW/m² för samtliga brandscenarier.



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

Bedömningskriterier

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

I tabell B.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

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

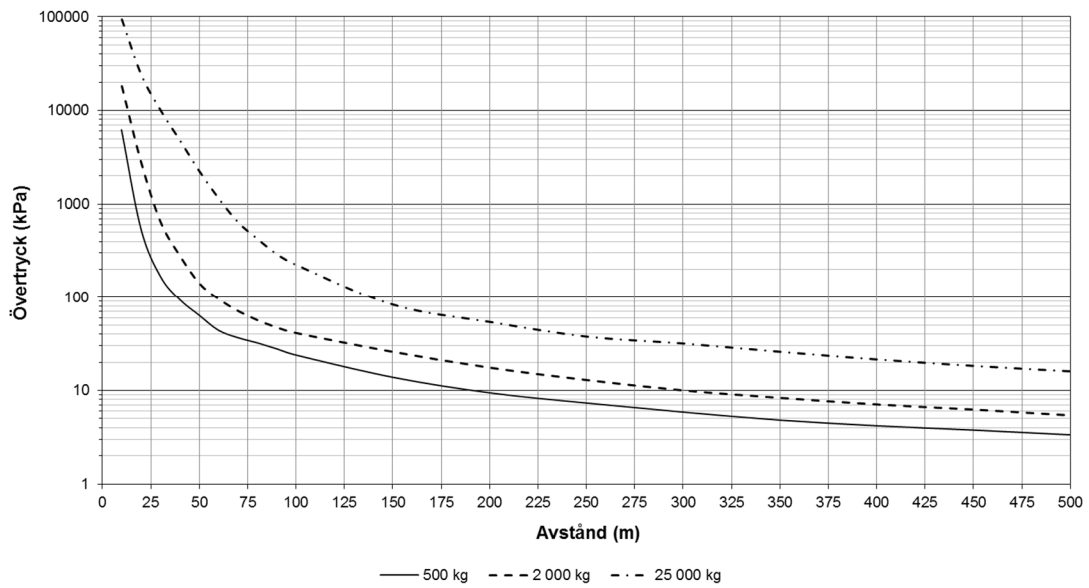
Konsekvensberäkningarna följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium *Konsekvenser vid explosioner* /8/. Risken för att byggnadsdelar eller hela byggnader rasar till följd av en explosion beror på huruvida explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) överstiger en byggnadsdels karaktäristiska tryck (P_C) och impuls (I_C). För att byggnadsdelen ej ska rasa så ska följande ekvation uppfyllas:

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

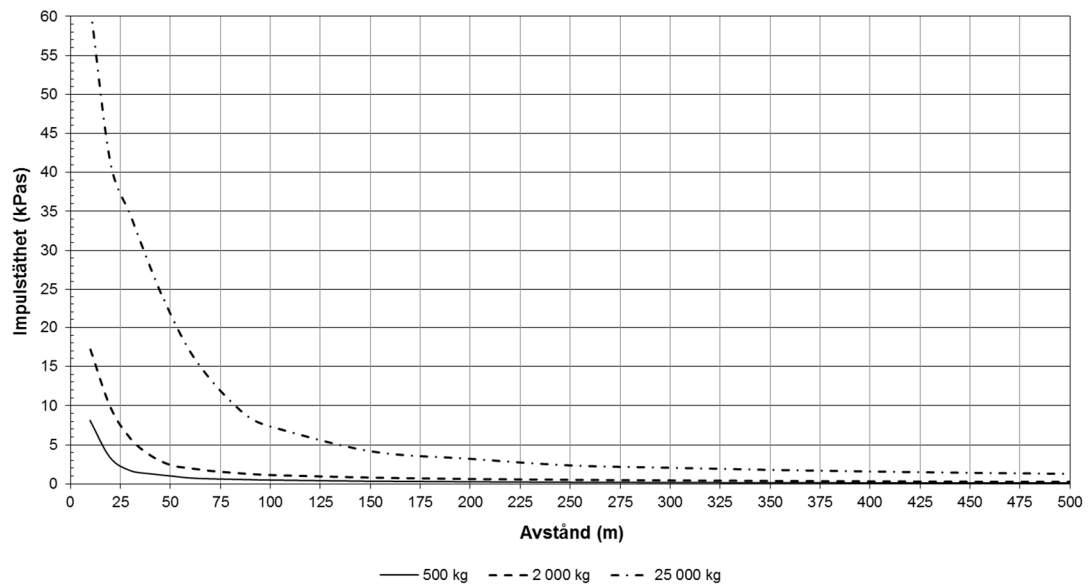
Konsekvensberäkningarna utgår från beräkningar av maximalt övertryck (P_+), impulstäthet (I_+) samt varaktighet (t_+) för de studerade explosionsscenarierna. Explosion förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av 1,8·X kg i fri luft. För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

I figur B.3 och figur B.4 redovisas infallande tryck respektive impulstäthet vid vinkelrätt tryckinfall med massexplosion.

/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)



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

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 | | |

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 ovan. 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 eller där fönster och glaspartier krossas antas ca 15 % omkomma.

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

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

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

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 gasmolnexplosion simulerats för följande utsläppsstorlekar /9/:

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

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

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

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 gasmolnexplosion 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.

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.

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

Tabell B.6. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

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

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 lägre vindstyrkan är. I simuleringarna antas därför vindstyrkan vara relativt låg, ca 3 m/s.

Skadeområdet inomhus är dessutom beroende av på vilken nivå som ventilationsintag är placerade. Det antas 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.

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

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

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

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

- 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.

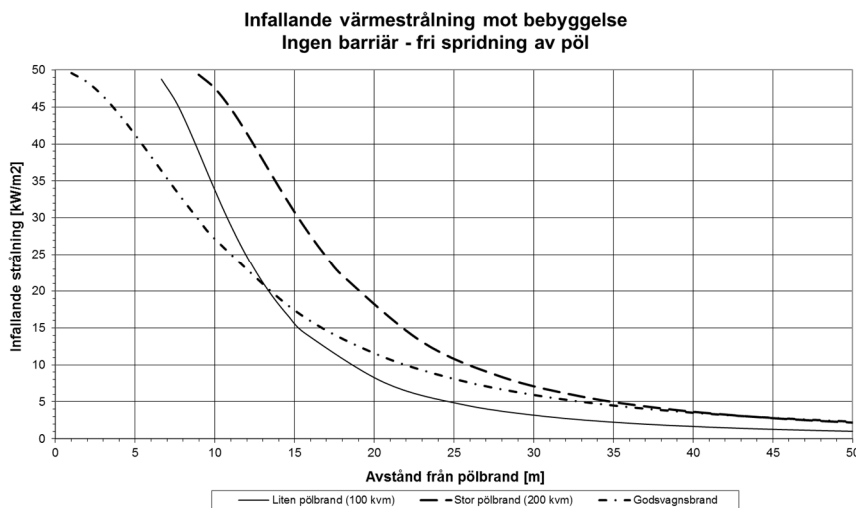
Med hjälp av gällande samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flamhöjden beräknats för de två skadescenarierna (se tabell B.8).

Tabell B.8. 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_o (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.



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

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.

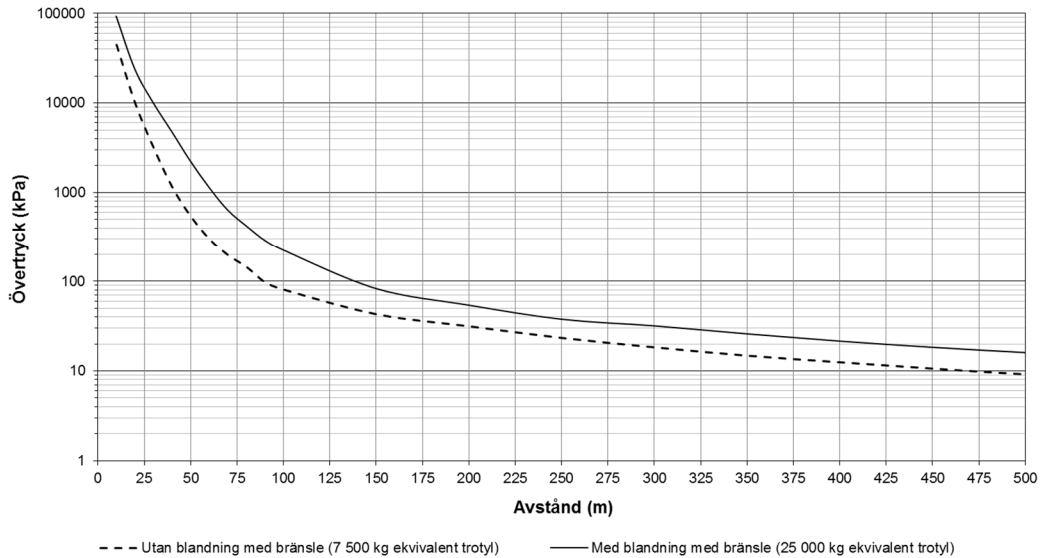
Utifrån den uppdelning som redovisas i bilaga A kommer konsekvensberäkningarna att omfatta följande skadescenarier avseende olycka på järnväg:

- 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.

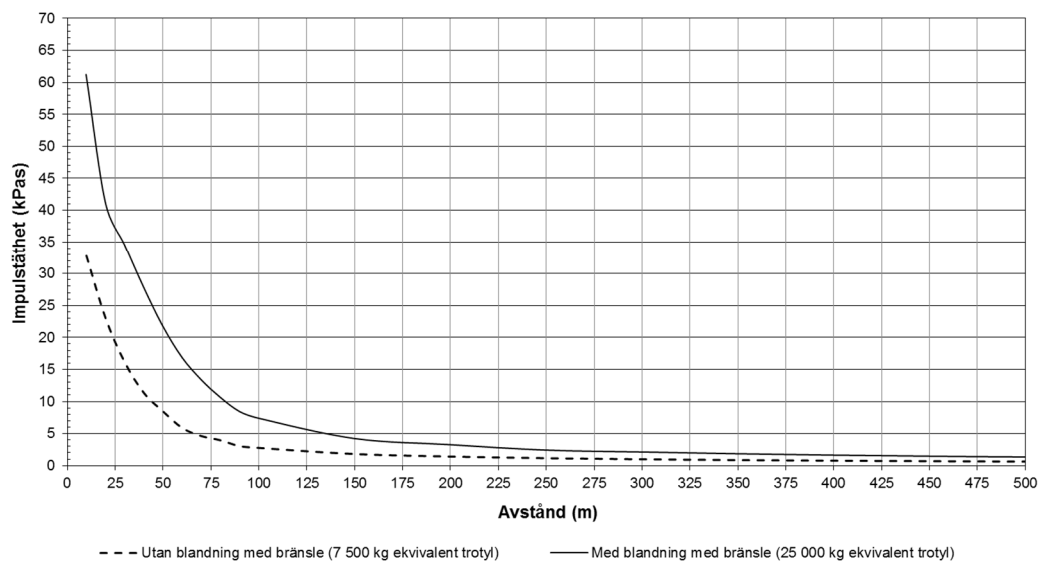
I figur B.6 och figur B.7 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av 1,8·X kg i fri luft. För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

Max övertryck vid explosionsartat brandförlopp klass 5



Figur B.6. Max övertryck som funktion av avståndet från explosionsartat brandförlopp med klass 5 på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

Impulstäthet vid explosionsartat brandförlopp klass 5



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

Konsekvensberäkningarna för brandunderstödjande brandförlopp följer den metodik som redovisas i avsnitt 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

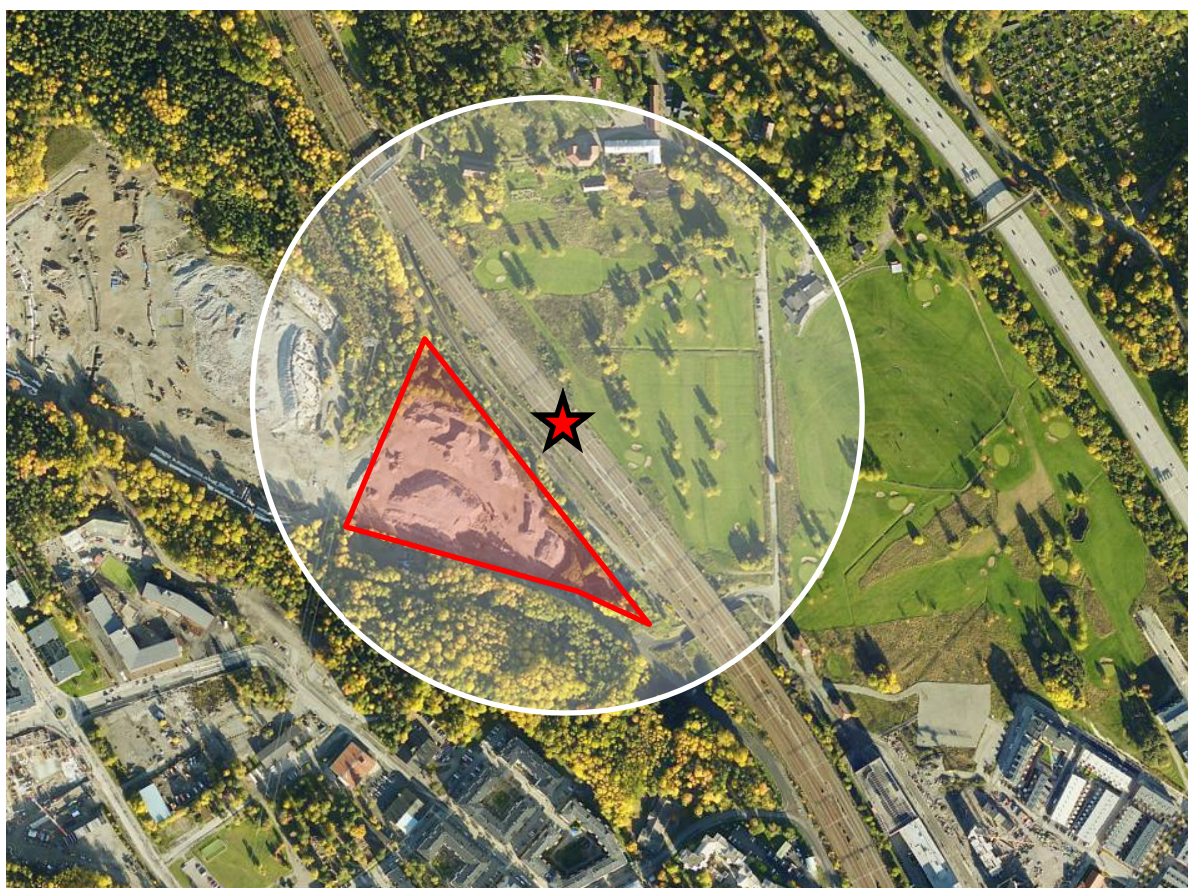
3. Beräkning av antal omkomna

3.1 Förutsättningar

Konsekvensberäkningarna utförs utifrån de förutsättningar som redovisas i huvudrapporten.

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

- Det område som kommer att studeras omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse. Konsekvenserna kommer att beräknas för det planerade utförandealternativet med planerad exploatering 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.6).
- Det område som beaktas i konsekvensberäkningarna motsvarar det maximala skadeområdet för aktuella skadescenarier (ca 300 meter radie kring riskkällan).



Figur B.8. Översiktsbild över planområdet kv. Krossen 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.

- 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 10 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 Aktuellt planområde

Figur B.9 utgör en översiktsskild som visar det studerade området efter planerad exploatering av planområdet.

Syftet med den nya detaljplanen är att möjliggöra en idrottsanläggning inom planområdet. Området ska i första hand rymma utomhusplaner. Kultur- och fritidsförvaltningen i Solna stad upprättat ett övergripande funktionsprogram (daterad 2020-04-15) /12/ som redovisar bl.a. upp till tre utomhusplaner för fotboll.

Vidare ska idrottsplatsen rymma byggnader för omklädningsrum och förråd samt utegym, markparkering och drifttytor.

Idrottsplatsen planeras ej att omfatta några större åskådarläktare eller liknande. Det kommer finnas möjlighet till mindre mobila läktare. Fotbollsplanerna är framförallt avsedd att användas för träning. Detta gör att idrottsplatsen inte kommer att betraktas som personintensiv verksamhet.

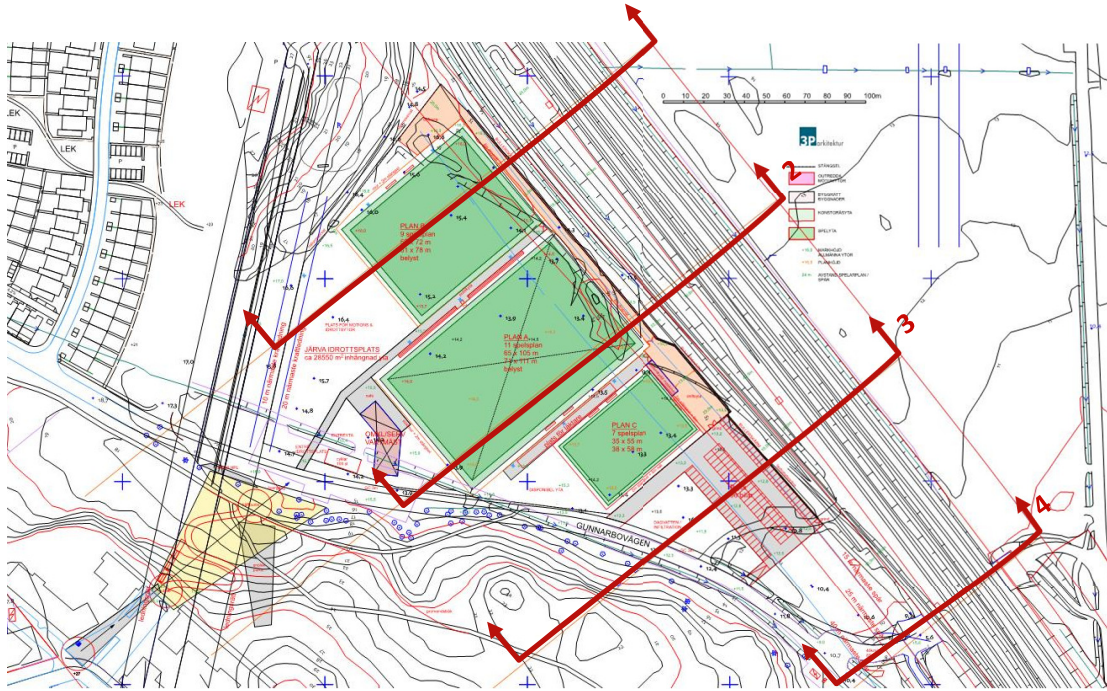
I det övergripande funktionsprogrammet /12/ redovisas uppskattade prognoser för besöksvolymerna kopplade till olika aktiviteter inom anläggningen. Vid cupaktiviteter med upp till 35 lag förväntas upp till sammanlagt 1 890 personer vistas inom idrottsplatsen under en dag. Alla förväntas dock inte vistas där samtidigt, utan det maximala personantalet som samtidigt vistas inom idrottsplatsen uppskattas till ca 510 personer. Cuper förväntas inträffa ca 5-10 dagar/år.

Under vardagar samt övriga helgdagar är beläggningen avsevärt lägre. Under en vardag då det främst är träning samt skolverksamhet förväntas personantalet variera mellan ca 20-190 personer som vistas inom området samtidigt. Under helger då det sker matcher och träning förväntas personantalet kunna variera mellan ca 190-290 personer.

Natttid är idrottsplatsen i stort sett tom.

Persontätheten inom planområdet vid en jämn utspridning kan variera mellan nära 0 personer/m² natttid, 0,001-0,005 personer/m² under vardagar samt upp mot 0,015 personer/m² under cupspel vid 5-10 tillfällen per år. Konsekvensberäkningarna utgår från en jämn persontäthet inom området på avstånd större än 10 meter från närmaste järnvägsspår (mätt från avvikande huvudspår efter utbyggnad av Ostkustbanan).

/12/ Järvastadens idrottsplats - Övergripande funktioner (Reviderad efter förstudier genomförda under HT-18), Kultur- och fritidsförvaltningen i Solna stad, daterad 2020-04-15

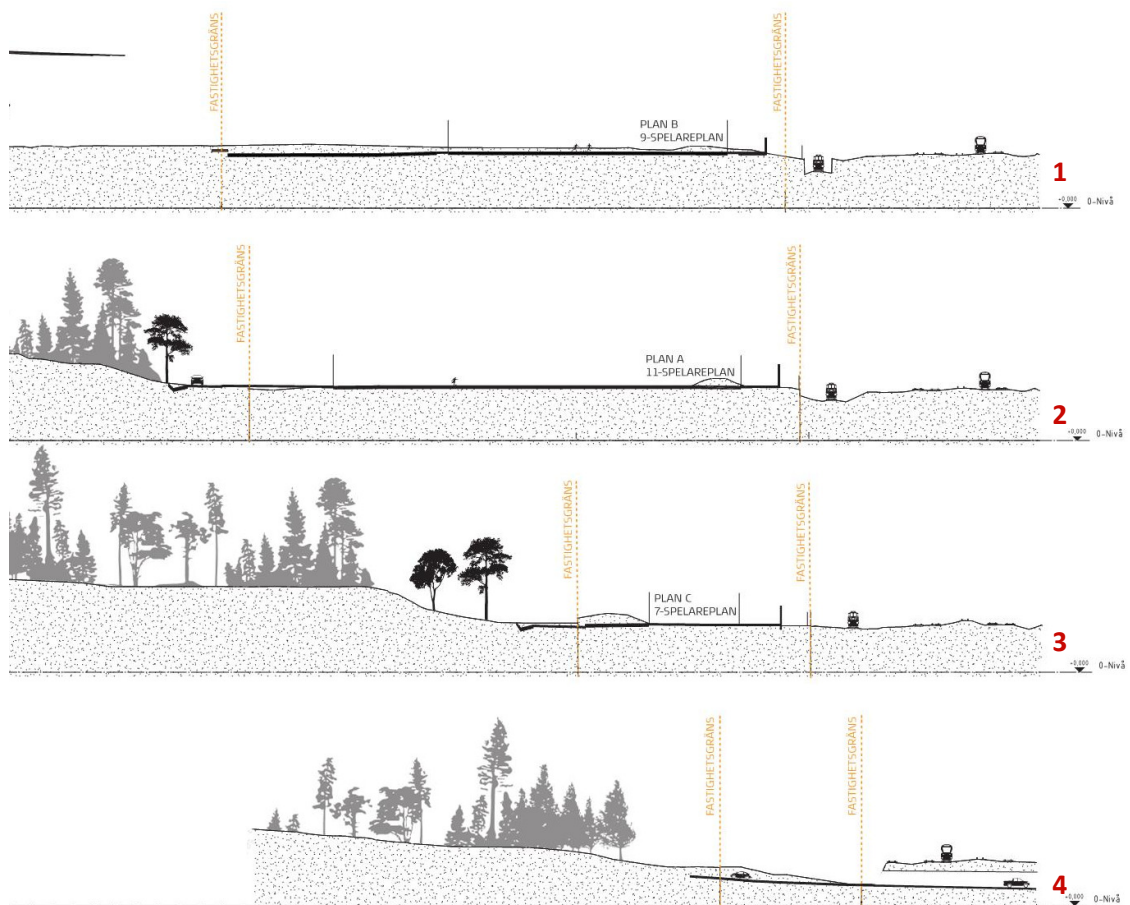


Figur B.9. Förslag till situationsplan med planerad utformning av idrottsplatsen inom planområdet kv. Krossen (daterad 2019-04-01).

Röda markeringar anger snitt för de sektioner som redovisas i figur B.10.

Det aktuella planområdet ligger ungefär i nivå med Ostkustbanans huvudspår. Enligt beskrivningen ovan så går det närmaste liggande spåret (avvikande huvudspår) delvis i ett tråg utmed planområdet. Figur B.10 redovisar sektioner som visar förhållandet mellan planområdet och järnvägsspåren (snittens placeringar visas i figur B.9).

Nivåskillnaden mellan närmaste liggande spår och planområdet påverkar de potentiella konsekvenserna för urspårningsscenarier. För övriga skadescenarier beaktar konsekvensberäkningarna inte att nivåskillnaden har någon reducerande effekt på skadeområdena.



Figur B.10. Sektioner genom planområdet i anslutning till Ostkustbanan.

3.1.2 Kringliggande bebyggelse/områden

Områdena kring själva planområdet är idag i stort sett obebyggda, på båda sidor om Ostkustbanan. Enligt avsnitt 2.3 i huvudrapporten planeras omfattande exploateringar kring planområdet i och med utvecklingen av den nya stadsdelen Järvastaden. Området söder om planområdet kommer dock att förbli obebyggt och inom området norr och nordväst om planområdet planeras bebyggelse på ett avstånd från järnvägen som uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd.

Strax sydost om planområdet, på motstående sida om järnvägen sker utveckling av stadsdelen Ulriksdal. Planområdets längd utmed järnvägen innebär dock att majoriteten av de studerade skadescenarierna inte kommer att kunna påverka både planområdet och dessa exploateringsområden samtidigt.

I figur B.11 visas en översiktsbild över området som visar förslag till utveckling av dessa områden.

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 huvudspår (både persontåg och godståg) inträffar på det nya yttersta huvudspåret efter utbyggnad av Ostkustbanan.*
- *Urspårning på avvikande huvudspår inträffar på det avvikande huvudspåret efter utbyggnad av Ostkustbanan*
- *Tågbrand inträffar på det avvikande huvudspåret efter utbyggnad av Ostkustbanan*
- *Olycka med farligt gods inträffar på det avvikande huvudspåret efter utbyggnad av Ostkustbanan.*

Det skulle kunna identifieras ett otal olika förutsättningar som i sin tur påverkar antalet personer som kan omkomma vid de studerade olycksriskerna. Beräkningar avgränsas dock till tre scenarier, nämligen:

1. **Normaldygn** – Normal träning, skolverksamhet under vardagar alternativt matcher under helger. Genomsnittlig belastning inom bostadsområde samt golfbana.
 - 1.1 Dagtid (kl 08-22) – personer i hela området. Sammanlagt ca 330 personer inom det studerade området, varav ca 195 personer utomhus. Avstånd från järnväg till stadigvarande vistelse eller bebyggelse ca 10 m.
 - 1.2 Nattetid (kl 22-08) – i huvudsak personer inom bostadsbebyggelse. Sammanlagt ca 150 personer inom det studerade området, varav högst ca 15 personer utomhus. Avstånd från järnväg till stadigvarande vistelse eller bebyggelse ca 75 m.
2. **”Fullsatt område”** – Cupaktivitet med publik inom idrottsanläggningen. Genomsnittlig belastning inom bostadsområde samt golfbana. Sammanlagt ca 730 personer inom det studerade området, varav ca 595 personer utomhus. Avstånd från järnväg till stadigvarande vistelse eller bebyggelse ca 10 m. Uppskattas inträffa ungefär 5-10 dagar per år och persontätheten antas gälla i medel ca 9 timmar per evenemang.

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 exploateringsområdet. Beräkningarna avseende urspårning avser olycka utmed planområdets södra del där närmaste spår och planområde ligger ungefär i nivå. För urspårning utmed planområdets norra del där närmaste spår går i tråg utmed planområdet förväntas inga konsekvenser uppstå inom planområdet.

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

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
1. Urspårning						
Urspårning genomgående huvudspår:						
Urspårning persontåg, dim.scenario min						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Urspårning persontåg, dim.scenario max						
Normaldygn - dag	0	1	1	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	4	4	0	0	0
Urspårning persontåg, worst case scenario						
Normaldygn - dag	0	11	11	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	51	51	0	0	0
Urspårning godståg, dim.scenario min						0
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Urspårning godståg, dim.scenario max						0
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Urspårning godståg, worst case scenario						0
Normaldygn - dag	0	8	8	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	36	36	0	0	0

Tabell B.11. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Urspårning avvikande huvudspår:						
Urspårning, dim.scenario min						
Normaldygn - dag	0	1	1	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	5	5	0	0	0
Urspårning, dim.scenario max						
Normaldygn - dag	0	26	26	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	123	123	0	0	0
Urspårning, worst case scenario						
Normaldygn - dag	0	48	48	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	228	228	0	0	0
2. Brand i godståg						
Stor tågbrand (100 MW)						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Mycket stor tågbrand (200 MW)						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
3. Olycka vid transport av farligt gods						
Klass 1.1 Masseexplosiva ämnen						
500 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	2	2	0	0	0
2 000 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	0	5	5	0	1	1
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	20	20	0	1	1
25 000 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	0	44	44	0	7	7
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	181	181	0	7	7

Tabell B.11. Forts.

Skadesscenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Klass 2.1 Brännbar gas						
Liten jetflamma						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Liten gasmolnsexplosion						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Stor jetflamma						
Normaldygn - dag	0	4	4	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	20	20	0	0	0
Stor gasmolnsexplosion						
Normaldygn - dag	0	54	54	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	255	255	0	0	0
BLEVE						
Normaldygn - dag	2	73	75	2	19	21
Normaldygn - natt	2	0	2	2	0	2
Fullsatt område	2	274	276	2	19	21
Klass 2.3 Giftig gas						
Litet utsläpp						
Normaldygn - dag	0	1	1	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	3	3	0	0	0
Stort utsläpp						
Normaldygn - dag	14	115	129	14	8	23
Normaldygn - natt	14	8	23	14	8	23
Fullsatt område	14	508	523	14	8	23

Tabell B.11. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Klass 3 Brandfarlig vätska						
Liten pölbrand						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	1	1	0	0	0
Stor pölbrand						
Normaldygn - dag	0	1	1	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	6	6	0	0	0
Godsvagnsbrand						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	2	2	0	0	0
Klass 5 Oxiderande ämnen						
Explosionsartat brandförlopp utan blandning (motsvarande 7500 kg massexplosion)						
Normaldygn - dag	0	2	2	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	10	10	0	0	0
Explosionsartad brandförlopp med blandning (motsvarande 25000 kg massexplosion)						
Normaldygn - dag	0	44	44	0	7	7
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	181	181	0	7	7
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande mycket stor brand i godståg)						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	2	2	0	0	0

Bilaga C - Riskberäkningar

Uppdragsnamn Kv. Krossen, Solna stad		
Uppdragsgivare Järvastaden AB	Uppdragsnummer 111687	Datum 2021-01-28
Handläggare Erik Hall Midholm	Egenkontroll EMM 2021-01-28	Internkontroll RKL 2021-01-28

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 riskmåttet 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.

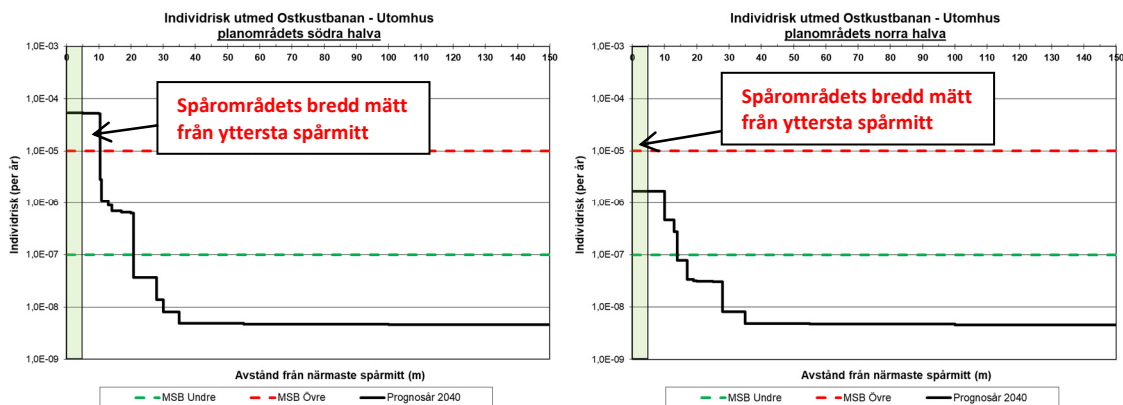
2.3 Resultat

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 10 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 redovisar både individrisken utmed den södra halvan av planområdet där samtliga järnvägsspår går i nivå med planområdet (vänstra diagrammet) samt utmed den norra halvan av planområdet där närmaste spåret går i tråg (högra diagrammet). Skillnaden i individrisknivå utmed dessa två delsträckor beror på att urspärning ej bidrar till risknivån utmed den norra halvan eftersom närmaste spåret går i tråg, vilket förhindrar både urspärning på dessa spår samt på de övriga spåren att lämna spårområdet.



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

3. Beräkning av Samhällsrisk

3.1 Metodik

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

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

- Respektive skadescenario antas inträffa där det medför så stora konsekvenser som möjligt för det aktuella planområdet, vilket innebär där avståndet är som kortast mellan järnvägen och bebyggelse inom planområdet. Vid sammanställningen av samhällsriskens för de studerade riskkällorna antas sedan att dessa konsekvenser kan inträffa oavsett var på den studerade järnvägssträckan som olyckan inträffar.
- Samhällsriskens 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 10 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 samhällsriskens för de studerade riskkällorna antas dock att konsekvenserna kan inträffa oavsett åt vilket håll som olyckan riktas.

- Den planerade markanvändningen innebär att persontätheten inom planområdet kommer att variera både under dygnet och mellan olika dygn. Den normala beläggningen dagtid bedöms vara betydligt lägre än maximala beläggningar. Nattetid förväntas planområdet vara i stort sett tomt på folk med hänsyn till markanvändningen. Variationerna i beläggning inom det studerade området har beaktats i konsekvensberäkningarna, se bilaga B. Konsekvensberäkningarna utförs för följande scenarier:

Normaldygn – Normal träning, skolverksamhet under vardagar alternativt matcher under helger. Genomsnittlig belastning inom bostadsområde samt golfbana.

1.1 Dagtid (kl 08-22) – personer i hela området. Sammanlagt ca 330 personer inom det studerade området, varav ca 195 personer utomhus. Avstånd från järnväg till stadigvarande vistelse eller bebyggelse ca 10 m. *Ca 57 % av ett år.*

1.2 Nattetid (kl 22-08) – i huvudsak personer inom bostadsbebyggelse. Sammanlagt ca 150 personer inom det studerade området, varav högst ca 15 personer utomhus. Avstånd från järnväg till stadigvarande vistelse eller bebyggelse ca 75 m. *Ca 42 % av ett år.*

”Fullsatt område” – Cupaktivitet med publik inom idrottsanläggningen. Genomsnittlig belastning inom bostadsområde samt golfbana. Sammanlagt ca 730 personer inom det studerade området, varav ca 595 personer utomhus. Avstånd från järnväg till stadigvarande vistelse eller bebyggelse ca 10 m. Uppskattas inträffa ungefär 5-10 dagar per år och persontätheten antas gälla i medel ca 9 timmar per evenemang. *Ca 1 % av ett år.*

3.2 Bedömningskriterier

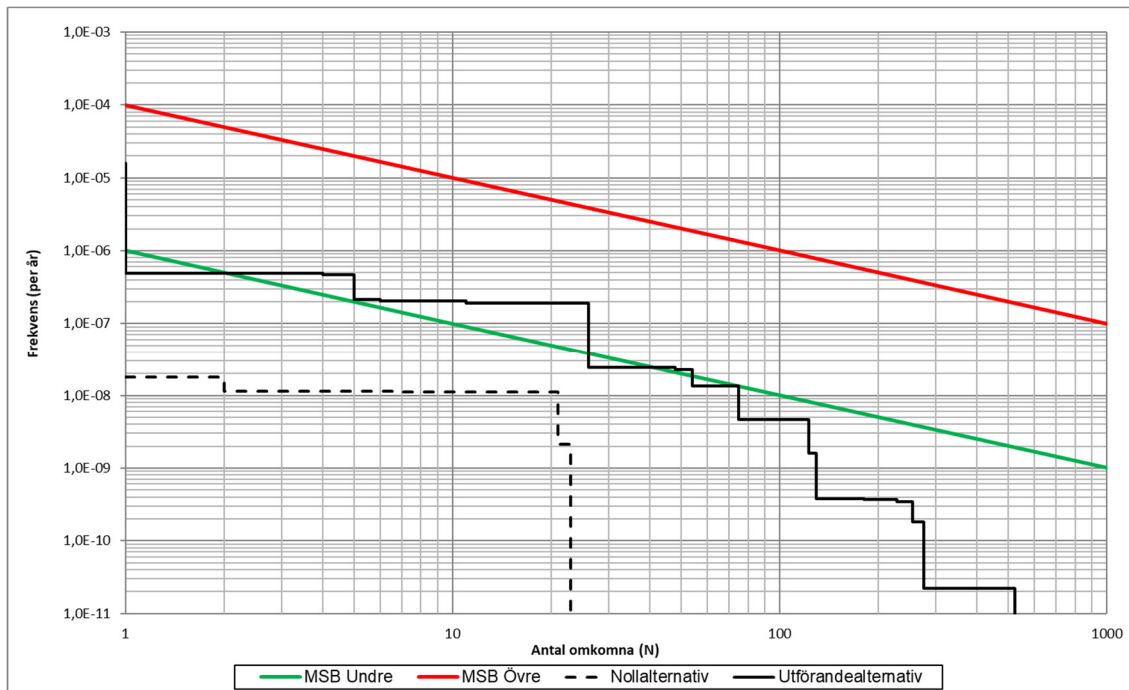
Den beräknade samhällsrisk kommer att värderas utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk /1/*, se avsnitt 5.1 i huvudrapporten. Riskkriterierna redovisas även i diagrammet nedan.

3.3 Resultat

3.3.1 Samhällsrisk utan åtgärder

I figur C.2 redovisas den beräknade samhällsrisk inom det studerade området, d.v.s. aktuellt planområde samt kringliggande bebyggelse. Samhällsrisk beräknas för planerat utförandealternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom det aktuella planområdet. Samhällsrisk har dessutom beräknats för ett nollalternativ, som innebär befintliga förhållanden inom det aktuella planområdet. Med hänsyn den befintliga utformningen av planområdet så antas det att konsekvenserna för de studerade olycksriskerna endast omfattar omkomna inom kringliggande områden.

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



Figur C.2. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Ostkustbanan i anslutning till aktuellt planområde kv. Krossen.

3.3.2 Samhällsrisk med åtgärder

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

De rekommenderade skyddsavstånden innebär en reduktion av samhällsriskerna genom att konsekvenserna av de studerade olycks scenarierna reduceras. I figur C.3 redovisas den beräknade samhällsriskerna för utförandealternativet utan respektive med rekommenderade restriktioner och åtgärder.

Rekommenderade restriktioner och åtgärder bedöms ha följande reducerande effekter:

Planering och placering av ny bebyggelse samt markanvändning

Vid exploatering inom planområdet rekommenderas att följande åtgärder och restriktioner vidtas (Avstånden som anges ska mätas från närmaste spårmit (avvikande huvudspår) där hänsyn tas till planerad utbyggnad av järnvägen):

- Avståndet mellan järnvägen och obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (idrottsplaner och utegym m.m.) ska inte understiga 15 meter. Avståndet till läktare ska inte understiga 40 meter.
- Avståndet mellan järnvägen och bebyggelse som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (överbyggd fotbollsplan, kafé m.m.) ska inte understiga 40 meter.
- Avstånd mellan järnvägen och bebyggelse för icke stadigvarande vistelse (förråd m.m.) ska inte understiga 15 meter.
- Obebyggda ytor inom 15 meter från järnvägen ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. T.ex. markparkering, och driftytor m.m. är acceptabelt inom dessa ytor.

De rekommenderade skyddsavstånden reducerar antalet omkomna för olycksrisker med skadeavstånd som understiger dessa avstånd genom att minska persontätheten inom ytorna närmast järnvägen. Skyddsavstånden innebär dessutom en reducering av övriga olycksrisker med större skadeavstånd eftersom sannolikheten att omkomma minskar som funktion av avståndet från riskkällan. Åtgärderna har stor effekt på olycksscenarierna urspårning och tågbrand samt olycka med brandfarliga vätskor.

Det rekommenderade skyddsavståndet till stadigvarande vistelse utomhus har delvis beaktats i riskberäkningarna genom att ange ett genomsnittligt avstånd på minst 10 meter mellan spår och obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Riskberäkningarna utgår från en jämn fördelning av personantalet inom planområdet.

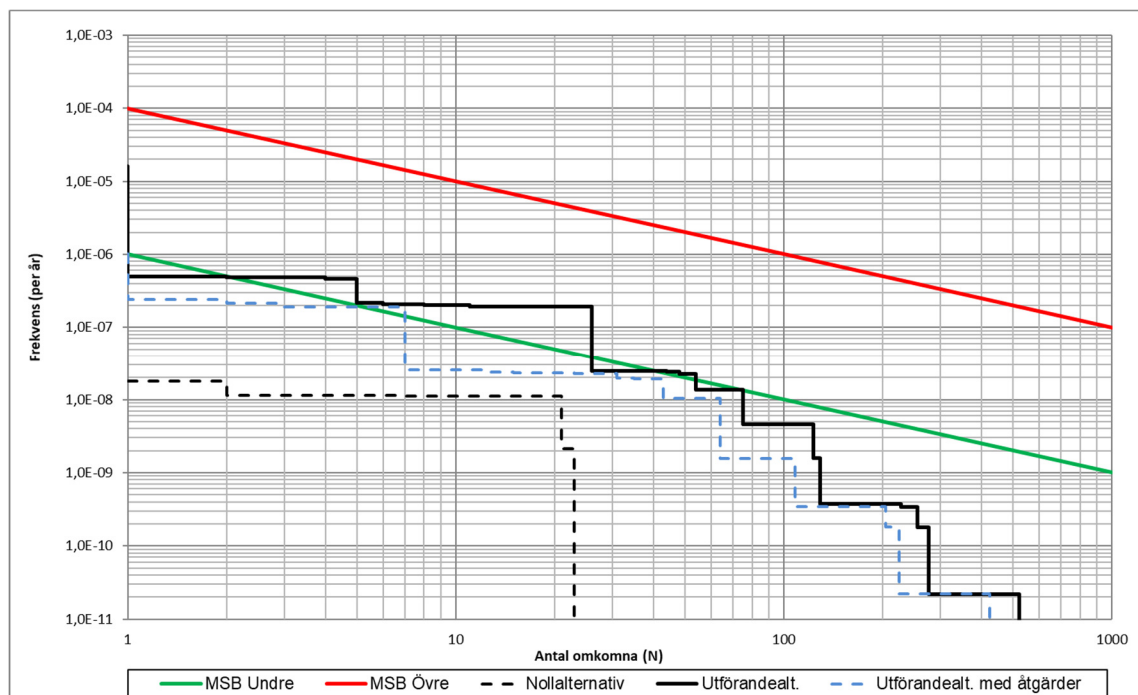
Att reglera utformningen av ytorna närmast järnvägen genom en planbestämmelse bedöms ytterligare reducera sannolikheten för att personer vistas inom området närmast järnväg. Det rekommenderade skyddsavståndet till ytor för läktare samt för bebyggelse som uppmuntrar till stadigvarande vistelse kommer dessutom minska persontätheten ytterligare inom 40 meter från järnvägen vilket innebär en reducerande effekt på konsekvenserna.

Det antas grovt att för olycksscenarier med skadeområden < 40 meter så reducerar åtgärderna antalet omkomna i planområdet med 50-75 % dagtid och vid fullsatt område. För olycksscenarier med skadeområden > 40 så antas åtgärderna reducera antalet omkomna med 20-25 % inom planområdet dagtid och vid fullsatt område.

Sammanvägning

De rekommenderade åtgärderna innebär att samhällsriskerna minskar genom att reducera konsekvenserna av de studerade olycksscenarierna. I figur C.3 redovisas den beräknade samhällsriskerna för utförandealternativet utan respektive med rekommenderade skyddsavstånd samt för nollalternativet.

Samhällsriskerna redovisas för prognosår 2040 där hänsyn tas till planerad utbyggnad av Ostkustbanan.



Figur C.3. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Ostkustbanan i anslutning till aktuellt planområde kv. Krossen för studerat utförandealternativ utan, respektive, med rekommenderade restriktioner och åtgärder.

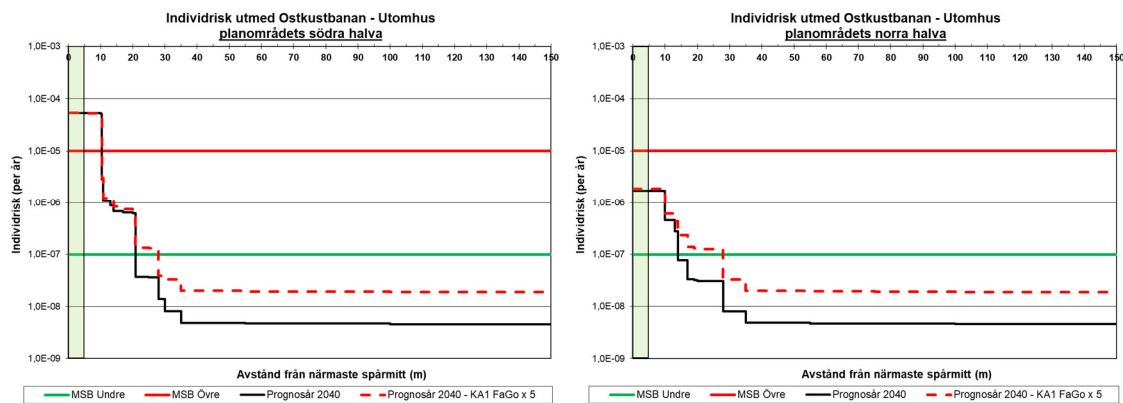
4. Känslighetsanalys

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

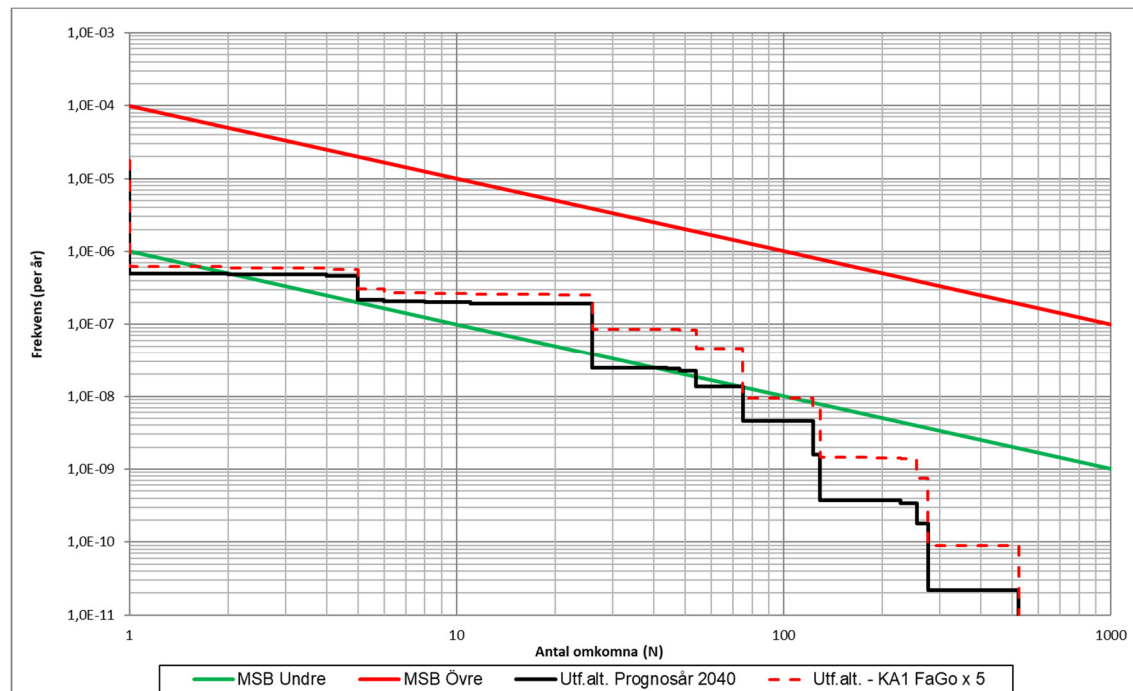
4.1 Känslighetsanalys 1 – Förändrat antal farligt godsvagnar

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.4-figur C.5 redovisas resultatet av Känslighetsanalys 1.



Figur C.4. Individrisk för oskyddad person utomhus som funktion av avståndet från Ostkustbanan (mätt från närmaste spårmit på avvikande huvudspår efter utbyggnad av järnvägen). Känslighetsanalys del 1 – Förändrat antal farligt godsvagnar.



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 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/. Sannolikheten för en tågurspårning i medeltal (oberoende av bankaraktär och tågtyp) blir då ca $6,5 \times 10^{-8}$ per tågkilometer. 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 $2,7E-08$ per tågkm, 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 $5,7 \cdot 10^{-8}$ / tågkm
- Okänd orsak $1,4 \cdot 10^{-7}$ / tågkm

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 växeln. 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

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

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

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

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

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 $2,9 \times 10^{-7}$ 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.

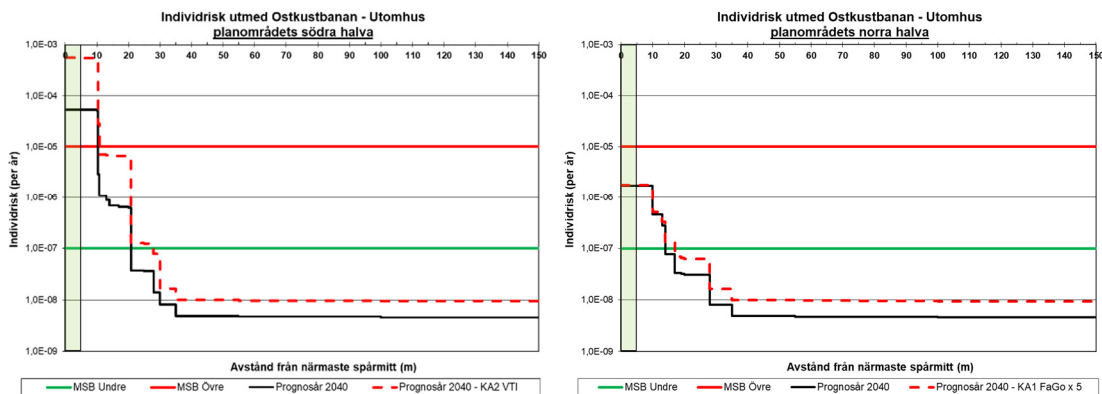
Allt indikerar att beräkningar av urspårningsfrekvenser mest representativt utförs med olyckskvoter enligt *UIC Code 777-2*.

4.2.2 Känslighetsanalys

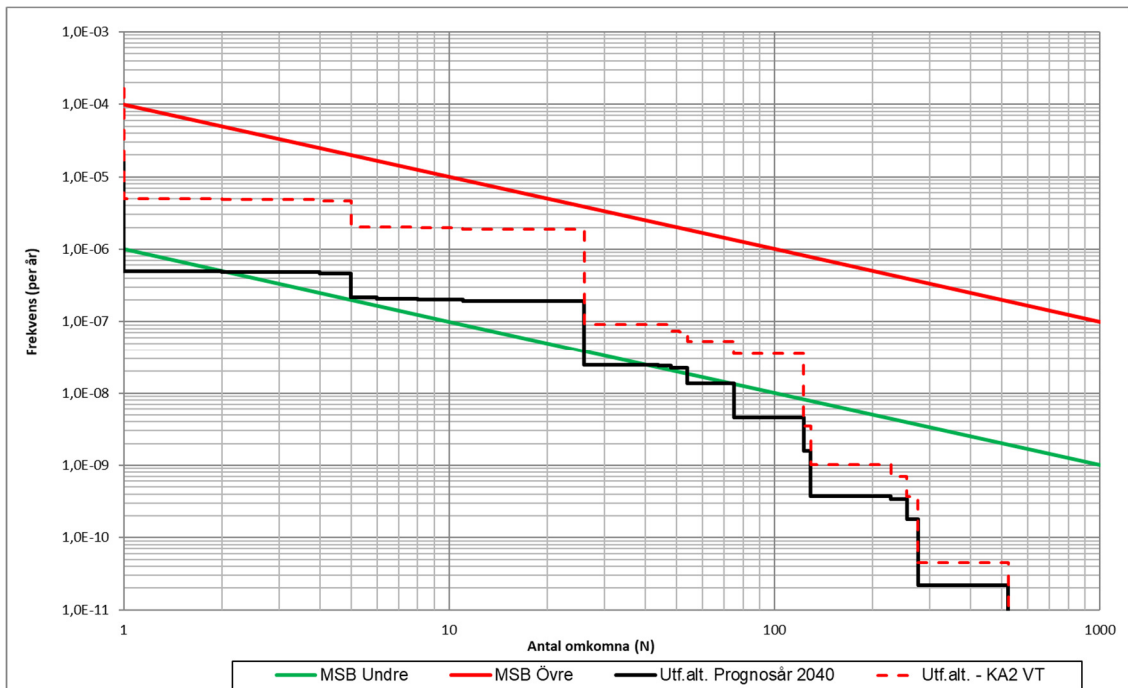
Urspårningsfrekvenser benämnda VTI är framtagna via att beräknade urspårningsfrekvenser, framtagna med *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* (enligt tabell C.1), har multiplicerats med belysta delsannolikheter enligt Bilaga A. *Frekvensberäkningar* vad gäller 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-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.



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

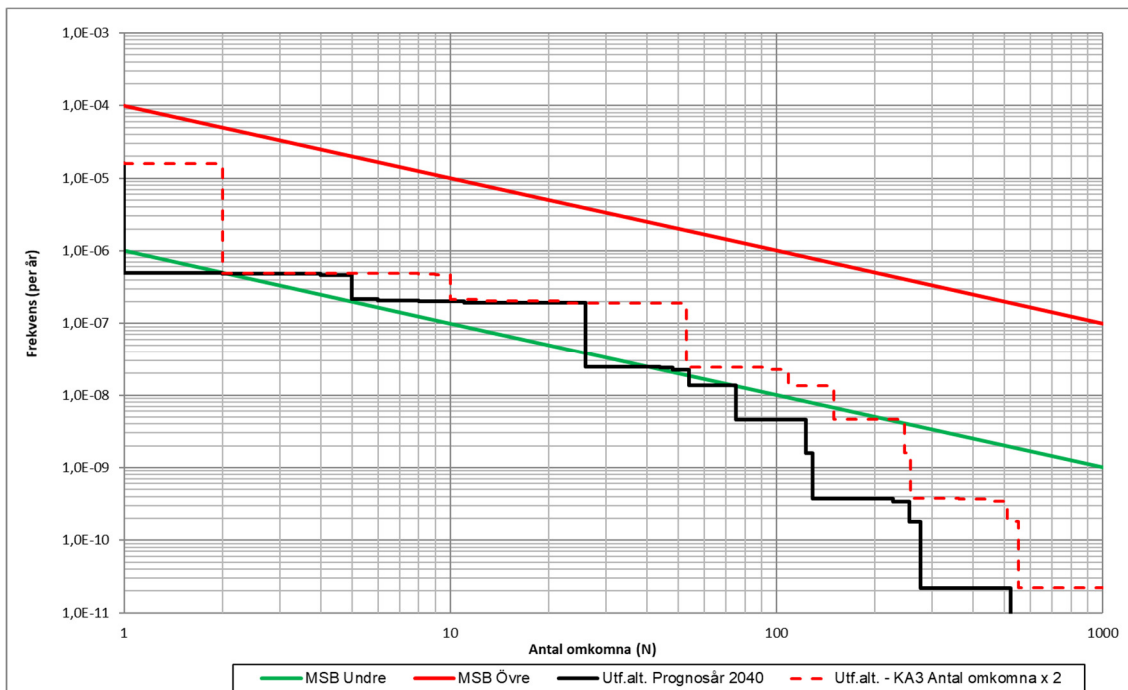


Figur C.7. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Ostkustbanan i anslutning till aktuellt planområde. Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetodik.

4.3 Känslighetsanalys 3. Förändrade konsekvenser

Samhällsriskberäkningar presenterade i figur C.8 återger hur resultaten kan förväntas variera beroende av antagande om persontäthet inom det studerade området.

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



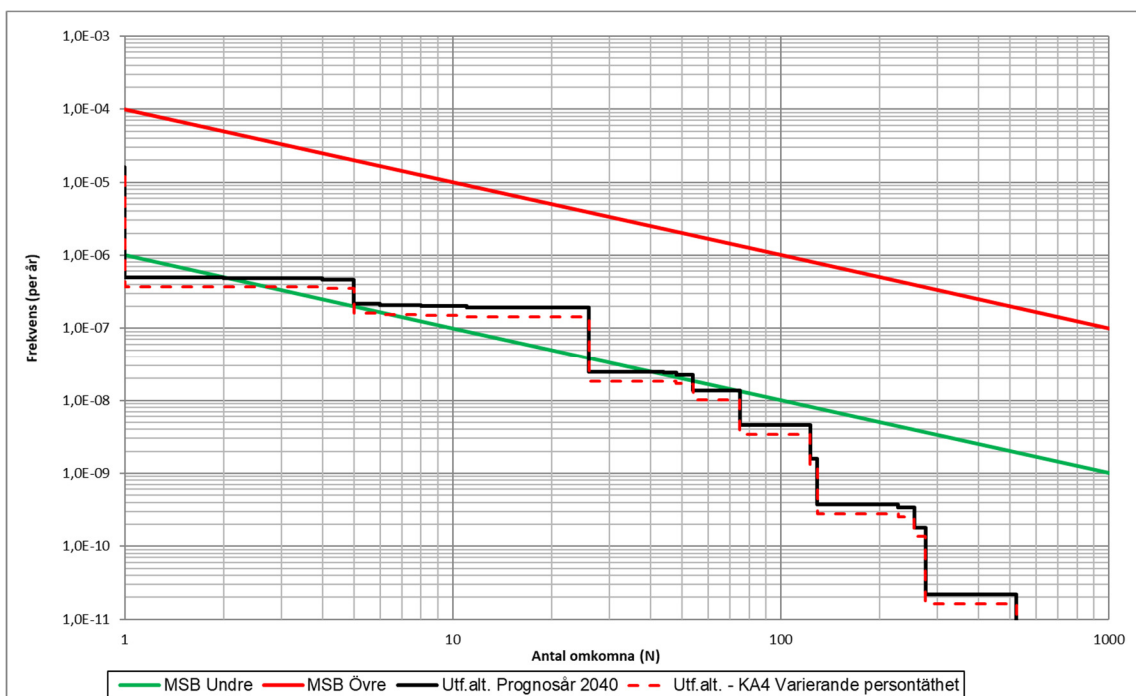
Figur C.8. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Ostkustbanan i anslutning till aktuellt planområde. Känslighetsanalys 3 – Förändrade konsekvenser.

4.4 Känslighetsanalys 4. Förändrade konsekvenser som funktion av var på sträckan som olyckan inträffar

Denna del av känslighetsanalysen studerar en mer realistisk bild över samhällsriskerna utmed den studerade järnvägssträckan (1 km) med hänsyn till den kraftiga variationen i bebyggelsestruktur och markanvändning inom kringliggande områden i förhållande till det aktuella planområdet. Med hänsyn till att planförslaget kommer att innebära en stor förändring avseende persontätheten inom planområdet i förhållande till omgivande ytor utmed den studerade järnvägssträckan (huvudsakligen skogsmark) så bedöms det inte vara troligt att dessa konsekvenser uppstår oavsett var på sträckan som olyckan inträffar.

För att ta hänsyn till detta så delas järnvägssträckan för utförandealternativet upp i två delsträckor där sammanvägningen av samhällsriskerna beaktar två olycksplatser och förhållanden avseende avstånd till kringliggande bebyggelse och markanvändning för respektive skadescenario. För olycka som inträffar i höjd med planområdet (ca 50 % av sträckan) så förutsätts konsekvenserna i enlighet med tabell B.11 i bilaga B. För olycka norr och söder om planområdet (ca 50 % av sträckan) antas konsekvenserna för respektive skadescenario motsvara konsekvenserna som beräknats för nollalternativet, se tabell B.11 i bilaga B.

Samhällsriskberäkningar presenterade i figur C.9 återger hur resultaten kan förväntas variera beroende av antagande om varierande persontäthet och därmed potentiella konsekvenser utmed den studerade järnvägssträckan.



Figur C.9. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Ostkustbanan i anslutning till aktuellt planområde. Känslighetsanalys del 4 – Varierande persontäthet utmed den studerade järnvägssträckan.