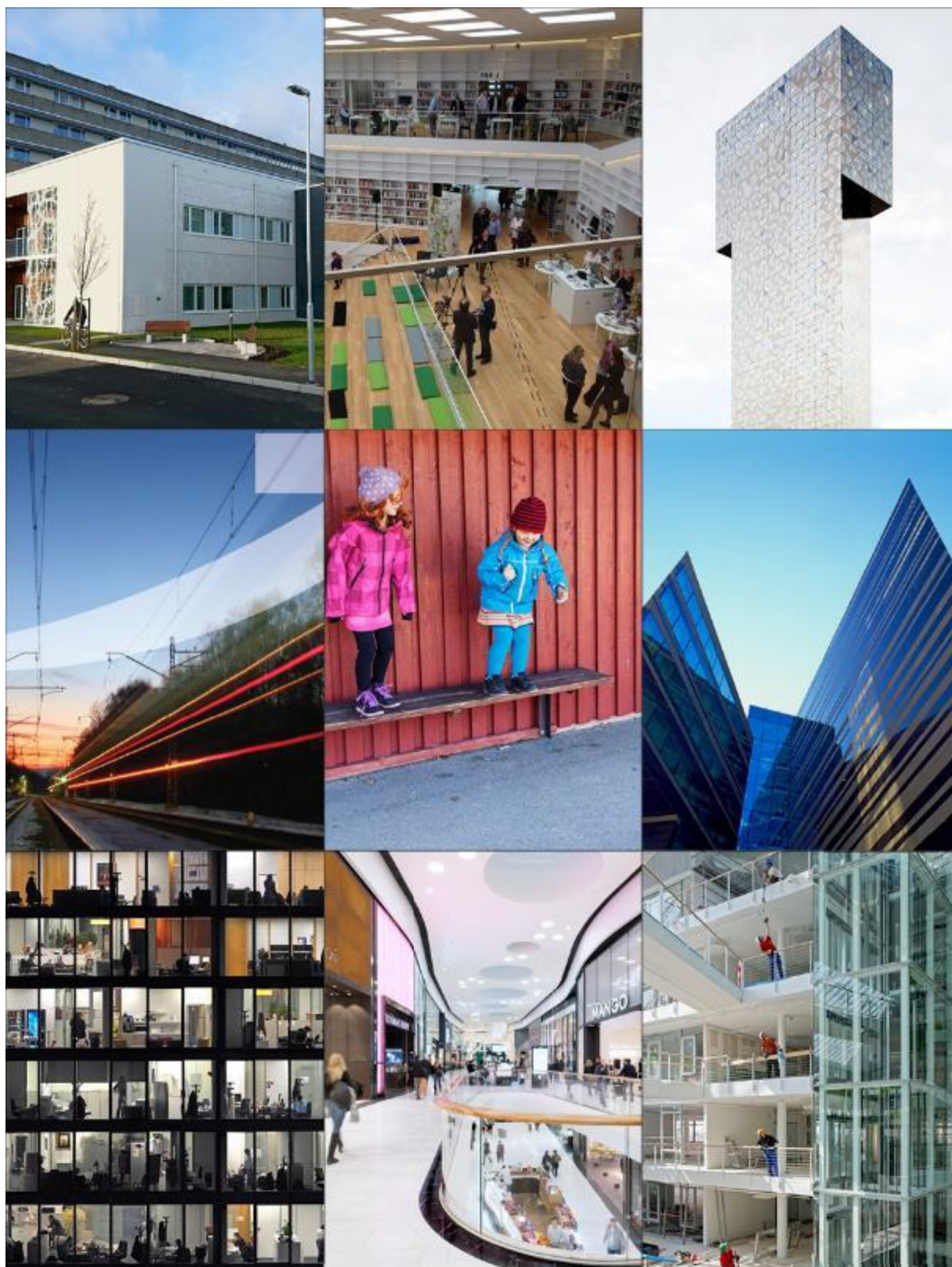


Riskbedömning tekniska olycksrisker

Centralstaden, Stockholm

Underlag till detaljplan

2024-11-26



Dokumenttyp: Riskbedömning tekniska olycksrisker

Uppdragsnamn: Centralstaden, Stockholm
Del av fastigheten Norrmalm 5:3 m.fl., Stockholms stad
Underlagshandling till detaljplan

Uppdragsnummer: 503257

Datum: 2024-11-26

Status: Underlag till detaljplan

Uppdragsledare: Rosie Kvål

Handläggare: Rosie Kvål, Erik Hall Midholm
Tel: 08-588 188 84 (Rosie), 08-588 188 60 (Erik)
E-post: rosie.kval@bsl.se, erik.midholm@bsl.se

Uppdragsgivare: Jernhusen AB, kontaktperson: Sonya Stark

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2024-11-26	Rosie Kvål Erik Hall Midholm	Lisa Smas Pierre Wahlqvist	Samrådshandling

Sammanfattning

Bakgrund och syfte

Centralstationsområdet är Sveriges viktigaste och största knutpunkt för internationella, nationella, regionala och lokala kommunikationer. Området behöver utvecklas för att fungera som en funktionell och attraktiv entré till Stockholm och en levande integrerad stadsdel för alla. Även områdets funktion som Sveriges största bytespunkt för kollektivtrafik behöver utvecklas för att fler ska kunna resa kollektivt och klimatvänligt. Ett detaljplanarbete för området har därför påbörjats.

Syftet med detaljplanearbetet är att pröva en utveckling av Centralstationsområdet som ska möjliggöra en bättre tillgänglighet till Centralstationen och en mer funktionell station anpassad för det framtida resandet. Genom en överdäckning av spårområdet mellan Vattugatan i söder och Kungsbron i norr kan stadsdelen knytas ihop med en blandad bebyggelse.

Detaljplanen för Centralstaden omfattar ett område på ca 70 000 kvadratmeter och inkluderar även Centralstationens spårområde. Ovanpå och intill den planerade överdäckningen föreslås följande markanvändning:

- Kontor
- Handel och service
- Hotell
- Offentliga platser

Järnvägen genom Stockholm är klassad som ett riksintresse för kommunikation, vilket innebär att den ska skyddas mot åtgärder som påtagligt kan försvåra framtida utbyggnader, eller nyttjandet av anläggningen. Det är framför allt funktionen hos transportsystemet som ska säkerställas. Ett genomförande av detaljplanen får inte påtagligt försvåra driften av järnvägsanläggningen eller möjligheten att genomföra underhållsåtgärder, nu eller i framtiden. Trafiken på järnvägen genom planområdet är omfattande och utgörs av både persontåg och godståg. Den absoluta merparten av tågen är persontåg som stannar vid stationen.

Enligt Plan- och bygglagen (2010:900) ska bebyggelse lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn bland annat till människors hälsa och säkerhet och risken för olyckor. Det finns inga nationella riktlinjer för hur denna hänsyn ska göras utan länsstyrelserna har tagit fram egna riktlinjer. I Stockholms län gäller att det i samband med planering av ny bebyggelse inom 150 meter från en transportled för farligt gods (väg och järnväg) ska göras en utredning av möjliga risker. För järnväg som går i det fria omfattar riktlinjerna dessutom rekommendationer om att ny sammanhållen bostadsbebyggelse eller känslig verksamhet inte bör placeras närmare järnväg än 50 meter. Ny kontorsbebyggelse bör placeras minst 30 meter från närmaste spår. Riktlinjen hanterar inte riskhänsyn kring stationer eller resecentrum. Dessa funktioner måste finnas i direkt anslutning till järnvägen för att uppfylla syftet med verksamheten. Det saknas även tydliga riktlinjer för hur risker ska hanteras vid överdäckning av en riskkälla.

För att belysa vilka miljöeffekter och miljökonsekvenser som tekniska olycksrisker kan medföra för människors hälsa och säkerhet inom planområdet genomförs denna riskbedömning.

Riskbedömningen omfattar det projektet har valt att benämna tekniska olycksrisker vilket omfattar de olyckshändelser som järnvägstrafiken genom området samt eventuella andra riskkällor kan ge upphov till och som innebär en påverkan mot omgivningen. Med tekniska olycksrisker avses i detta dokument plötsliga, oväntade och oplanerade händelser med akuta konsekvenser för liv och hälsa hos människor som vistas ovanför och intill överdäckningen samt i närområdet.

Avgränsning

Personer som vistas på plattformar och i tåg inom spårområdet under överdäckningen omfattas inte av denna riskbedömning. Säkerheten för personer som vistas under överdäckningen (plattformsrummet) studeras i en separat utredning vilken benämns *Säkerhetsanalys*. Tekniska olyckor omfattar urspårning, tågbrand samt olycka med transport av farligt gods. Risker som inte berörs i denna riskbedömning eller i Säkerhetsanalysen, är exempelvis antagonistiska hot, översvämning, ras, skred eller olyckors påverkan på omgivande mark- och vattenområden. Dessa risker hanteras i andra dokument. Som underlag till detaljplanens miljökonsekvensbeskrivning har Stockholms stad tagit fram ett övergripande dokument som benämns *PM Olycksrisk* som sammanfattar samtliga underliggande utredningar där olika risker berörs.

I riskbedömningen av tekniska olycksrisker utvärderas markanvändningen på platsen enligt aktuellt planförslag samt ett nollalternativ. En jämförelse görs även med nuläget.

Ytterligare information om omfattning och avgränsningar samt de olika utredningar som berör olycksrisker redovisas i avsnitt 1.3.

Analys

I riskbedömningen har ett antal olycksscenarioer studerats, dessa omfattar brand, urspårning samt olycka med farligt gods. För respektive scenario har frekvens (hur ofta en olycka kan förväntas inträffa) och konsekvens (omfattning av skada till följd av olycka) beräknats. Beräkningarna har sedan använts för att sammanställa risknivån i form av individrisk och samhällsrisk. Individrisken redovisar sannolikheten för en individ att omkomma på ett specifikt avstånd från riskkällan (i detta fall järnvägen). Samhällsriskens visar hur stor påverkan i omgivningen en olycka kan få. Beräkningarna har genomförts för det aktuella planförslaget, nollalternativet samt för nuläget.

Genomförda beräkningar visar att risknivån inte för något alternativ innebär oacceptabla nivåer. Individrisken är till och med helt acceptabel. När det gäller samhällsriskens så ligger den för färre än ca 60 omkomna på acceptabla nivåer. I området mellan 60 och 1 000 omkomna överstiger risknivån den direkt acceptabla nivån och ligger inom det område som benämns ALARP¹. För risker som ligger inom detta område behöver behovet av åtgärder utredas. Åtgärder som bedöms rimliga utifrån bland annat möjlighet att genomföras, kostnad och riskreducerande effekt ska vidtas. Frekvensen för olyckor som leder till fler än 1 000 omkomna är mycket låg och omfattar olyckor som kan leda till mer omfattande explosioner. För dessa katastrofscenarier finns inga vedertagna acceptanskriterier. Med syfte att utgöra stöd till värdering av risker i området har Stockholms stad låtit ta fram en bedömningsgrund anpassad för den specifika situationen vid centralstationsområdet. Bedömningsgrunden ger vägledning kring hur scenarier med potentiellt katastrofala konsekvenser kan bedömas och värderas. Bedömningsgrunden baseras på att en analys och värdering av möjliga barriärer ska göras som förebygger och begränsar katastrofscenarier i tillräcklig omfattning.

Med syfte att utreda möjliga barriärer för katastrofscenarier har en separat utredning genomförts. I denna *Barriäranalys* identifieras och utreds ett antal barriärer som syftar till att reducera frekvens eller konsekvens av möjliga katastrofscenarier. Barriärer som bedöms vara väsentliga har identifierats och kostnads/nyttoanalyser har genomförts där detta varit möjligt. Väsentliga barriärer tillsammans med rimliga åtgärder för risker som ligger inom ALARP (se ovan) utgör grunden för bedömning av om tillfredsställande barriärer kan säkerställas och om den kvarstående risknivån kan tolereras. I bedömningen tas hänsyn till områden ovanpå överdäckningen samt intill överdäckningen.

Den fördjupade analysen och beräknade risknivåer beskrivs närmare i avsnitt 7.

¹ As Low as Reasonably Practicable

Rekommenderad hantering av identifierade risker

Resultatet av genomförd riskvärdering och analys av barriärer är att det finns ett antal barriärer som tillsammans innebär att studerade risker bedöms vara hanterade i tillräcklig omfattning samt att risknivån om barriärerna genomförs kan anses vara tolerabel.

De barriärer som föreslås utifrån genomförd riskbedömning redovisas i korthet nedan. En utförligare beskrivning finns i avsnitt 9 och bilaga D i denna rapport samt i *Barriäranalysen*.

Barriär	Kommentar
Dimensionering av överdäckningen med hänsyn till explosionslast	Överdäckningens konstruktionslösning utförs med hänsyn till en given explosionslast.
Begränsa exploatering ovan överdäckning	Studerat planförslag har utformats med hänsyn tagen till att en begränsad exploatering är lämplig ur risksynpunkt genom att begränsa volymerna av planerad ny bebyggelse. Det innebär att barriären har inarbetats i planförslaget.
Markanvändning ovan överdäckningen	Studerat planförslag har anpassats med hänsyn till risk genom att minska andelen sovande människor inom området. Exempelvis så medges inga bostäder och endast en mindre andel hotell. Planförslaget omfattar inte heller några större publika lokaler (t.ex. teater, konsertlokaler) utöver järnvägsstation. Det innebär att barriären har inarbetats i planförslaget.
Utformning och rutiner för utrymning av bebyggelse, stationsutrymmen och allmän platsmark	Utformning av allmän platsmark behöver göras med hänsyn tagen till möjliga personflöden i samband med en krissituation så att utrymning bort från området kan ske på ett tillfredsställande sätt. Det behöver även upprättas rutiner för hur utrymning av området ska ske för att få en effektiv evakuering av området i händelse av olycka.
Beredskapsfunktion	Genom att ha kunskap om vilka händelser som kan uppstå, hur de kan hanteras samt vilka åtgärder som behöver vidtas så kan skadeutfallet vid dessa händelser reduceras. Det är därför viktigt att det finns en funktion med personal som är utbildade i möjliga olyckshändelser, områdets uppbyggnad, rutiner, larmorganisation etc. så att rätt insatser kan sättas in i tidigt skede och utrymning styrs så att den sker på ett effektivt och säkert sätt. I funktionen ingår det att samordna rutiner med berörda verksamhetsutövare, fastighetsägare etc. genomföra övningar samt ha en kontinuerlig dialog med ambulans, polis och brandförsvaret. En beredskapsfunktion bedöms vara viktig för att tillbud och olyckor ska hanteras på ett optimalt sätt utifrån platsens förutsättningar och identifierade risker.

Barriär	Kommentar
Fast släcksystem i plattformsrummet	Genom att installera ett fast släcksystem i plattformsrummet minskar risken för brandspridning samt ökar möjligheten till trygg utrymning och säker insats för räddningstjänsten. Barriären har även en riskreducerande effekt på katastrofscenarier.
Skyddsavstånd till ytor med stadigvarande vistelse	Genom att införa skyddsavstånd till ytor där oskyddade människor vistas mer stadigvarande kring tunnelmynningar kan skadeutfallet minska vid en olycka med kortare skadeområden (< 40 m).
Byggnadstekniska åtgärder i byggnader nära tunnelmynningar <ul style="list-style-type: none"> • Utrymning mot trygg sida • Friskluftsintag mot trygg sida/på tak • Brandkrav i fasader 	Åtgärder i byggnader invid tunnelmynningar innebär att sannolikheten ökar för att människor hinner utrymma från exponerade byggnader innan kritiska förhållanden uppstår.

En utförligare beskrivning av hantering av åtgärder och barriärer redovisas i avsnitt 9.

Känslighetsanalys

I riskbedömningen har det även genomförts en omfattande känslighetsanalys där effekten på risknivån vid variation av olika osäkra parametrar har studerats. Resultatet av känslighetsanalysen innebär inte att slutsatsen kring risknivån eller behovet av åtgärder ändras. Känslighetsanalysen visar att det finns en robusthet i genomförda beräkningar som innebär att det i resultat, och därmed även föreslagen riskhantering, tas höjd för framtida förändringar samt osäkerheter i bedömningar, indata och metoder.

Ett resultat av genomförd känslighetsanalys visar också att andelen hotell, som innebär vistelse nattetid, eller placeringen av dessa ovanpå överdäckningen inte påverkar risknivån nämnvärt. Detta till följd av att persontätheten i hotell generellt är lägre än i kontor eller publika verksamheter så som restauranger och handel. Med en större andel hotell fås dock en högre persontäthet nattetid när andelen godstransporter förbi planområdet är som störst.

Slutsats

Risksituationen inom, och i anslutning till, planområdet är mycket komplex. Planområdets placering i anslutning till Stockholms Centralstation innebär att det är en mycket hög persontäthet i området under stora delar av dygnet. Persontätheten i området är hög även i nuläget och omfattar en blandning av boende, arbetande samt människor som tillfälligt besöker eller rör sig genom området.

Planförslaget innebär att antalet människor i området kommer öka, framför allt dagtid. Den tänkta överdäckningen kommer utöver positiva värden avseende exempelvis minskat buller mot omgivningen, utveckling av centralstationen och funktion i staden att även medföra ett ökat skydd för befintlig bebyggelse när det gäller risker från järnvägen. Genom att "stänga inne" riskerna så ökar möjligheten att hantera dem i viss utsträckning samt koncentrerar skadeutfallet till områden under överdäckningen samt kring tunnelmynningar. Överdäckningen av plattformar och spårområde innebär att riskerna ökar något för resenärer och personal. I samband med att överdäckningen uppförs kommer dock vissa säkerhetshöjande system införas som kompenserar för den ökade risken. Det ska också tilläggas att olyckshändelser som kan leda till mer omfattande konsekvenser inträffar med extremt låg sannolikhet.

Genomförd analys visar att risknivån i vissa delar är hög, men inte i någon del oacceptabel. Med det förslag på barriärer som utretts i arbetet och som redovisas ovan kan studerade risker hanteras så att kvarvarande risk är tolerabel i enlighet med de tillämpade värderingsprinciperna. Planförslaget bedöms därmed kunna genomföras enligt studerat förslag.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING	10
1.1 Bakgrund	10
1.2 Syfte och mål.....	11
1.3 Omfattning och avgränsning.....	12
1.4 Organisation.....	14
1.5 Granskning	14
1.6 Lagrum m.m.	15
1.7 TDOK Bro och Tunnel (2015:0340)	17
2. METODBESKRIVNING	18
2.1 Övergripande angreppssätt	18
2.2 Systemdefinition	18
2.3 Riskinventering.....	18
2.4 Inledande kvalitativ bedömning	18
2.5 Fördjupad kvantitativ analys.....	19
2.6 Värdering av risk	20
2.7 Hantering av osäkerheter	24
2.8 Åtgärdsförslag	25
3. OMRÅDESBESKRIVNING	26
3.1 Planområdet idag.....	26
3.2 Angränsande områden.....	26
4. REDOVISNING AV PLANFÖRSLAGET OCH ÖVRIGA ALTERNATIV.....	29
4.1 Nuläge	29
4.2 Planförslag.....	29
4.3 Nollalternativ	31
5. RISKINVENTERING.....	33
5.1 Inventering av riskkällor.....	33
5.2 Järnvägen förbi Stockholms Centralstation	34
6. INLEDANDE ANALYS	42
6.1 Inledning	42
6.2 Identifiering av olycksrisker	42
6.3 Kvalitativ uppskattning av risk	42
6.4 Olyckor utanför planområdet	45
6.5 Effekter kring tunnelmynningar.....	45
6.6 Slutsats inledande analys.....	45

7.	FÖRDJUPAD ANALYS	47
7.1	Allmänt.....	47
7.2	Beräkningsförutsättningar	47
7.3	Förutsatta riskreducerande åtgärder.....	51
7.4	Resultat av riskberäkningar.....	52
7.5	Värdering av risk	54
7.6	Kumulativa effekter	56
8.	KÄNSLIGHETSANALYS.....	58
8.1	Allmänt.....	58
8.2	Resultat av känslighetsanalys	58
9.	SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER.....	62
9.1	Allmänt.....	62
9.2	Åtgärder utifrån risknivån i konsekvensintervallet < 1 000 omkomna	63
9.3	Åtgärder utifrån risknivån i konsekvensintervallet > 1 000 omkomna (katastrofscenarier)	63
9.4	Övergripande kostnad-/nyttoanalys	66
9.5	Sammanvägt barriärförslag.....	68
10.	BEDÖMNING AV SÄKERHET	71
10.1	Relativ värdering av risk	71
10.2	Absolut värdering av risk.....	72
11.	SLUTSATS.....	73
12.	BILAGOR	74
13.	REFERENSER	74

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Stockholm växer och utvecklas med en fortsatt befolkningsökning. Stockholm City har pekats ut som ett av Stockholms stads utvecklingsområden för ny bebyggelse. Centralstationsområdet är Sveriges viktigaste och största knutpunkt för internationella, nationella, regionala och lokala kommunikationer. Området behöver utvecklas för att fungera som en funktionell och attraktiv entré till Stockholm och en levande integrerad stadsdel för alla. Även områdets funktion som Sveriges största bytespunkt för kollektivtrafik behöver utvecklas för att fler ska kunna resa kollektivt och klimatvänligt.

I mars 2016 lämnade Jernhusen AB in en ansökan om planbesked för Centralstationsområdet varefter arbetet med en ny detaljplan för området påbörjades. Syftet med detaljplanearbetet är att pröva en utveckling av Centralstationsområdet som ska möjliggöra en bättre tillgänglighet till Centralstationen och klara en ökad järnvägstrafik med fler resenärer. Genom en överdäckning av spårområdet mellan Vattugatan i söder och Kungsbron i norr kan stadsdelen knytas ihop med blandad bebyggelse för kontor, handel, hotell, kultur, service och offentliga platser.

Projektet har en hög komplexitet och hantering av följande allmänna intressen är kritiska för möjligheten att genomföra detaljplanen:

- Riksintresse för kommunikationer
- Riksintresse för kulturmiljövården
- Människors hälsa och säkerhet

Till följd av projektets komplexitet tog stadsbyggnadskontoret våren 2019 fram ett underlag för tidig planeringsdialog för Centralstationsområdet. Syftet med underlaget var dels att genom dialog med ett antal remissinstanser stämma av och kvalitetssäkra underlag, dels att i ett tidigt skede bedöma om det var meningsfullt att gå vidare med en detaljplaneprocess. Fokus i den tidiga planeringsdialogen låg på ovan redovisade nyckelfrågor.

I den sammanvägda bedömningen från denna dialog konstaterade stadsbyggnadskontoret att planens konsekvenser avseende ovan redovisade allmänna intressen är möjliga att hantera och att planarbetet kan fortgå. Planarbetet har därefter fortsatt genom ett nära samarbete mellan Stadsbyggnadskontoret, Jernhusen och Trafikverket. Som underlag till det fortsatta planarbetet genomfördes parallella uppdrag för området under 2021. Det vinnande förslaget utgör grunden för detaljplanens förslag till markanvändning inom Centralstationsområdet.

Riskerna från järnvägstrafiken vid en eventuell framtida överdäckning har utretts i flera omgångar. Den första riskanalysen genomfördes redan i början av 2000-talet och arbetet innebar även då dialog med Länsstyrelsen i Stockholms län och Storstockholms brandförsvär. Riskerna analyserades även i samband med det program som togs fram för Västra City 2009 och den tidiga planeringsdialogen 2019.

Inom ramen för stadens riskhanteringsarbete har en kontinuerlig dialog förts med Trafikverket, Länsstyrelsen och Storstockholms brandförsvär. Hur denna har genomförts i den tidiga planeringsdialogen redovisas i Stockholms stads dokument *"Centralstationsområdet – underlag för Tidig planeringsdialog"* /1/. Efter den tidiga planeringsdialogen har samarbetet och dialogen fortsatt.

Detaljplanen för Centralstaden omfattar ett område på ca 70 000 kvadratmeter som sträcker sig från Vattugatan i söder till Kungsbron i norr. Planområdet omfattar även Centralstationens spårområde. Planförslaget omfattar en överdäckning av spårområdena mellan Vattugatan och Klarabergsviadukten samt mellan Klarabergsviadukten och Kungsbron. Ovanpå och intill överdäckningen planeras följande markanvändning:

- Kontor
- Handel och service
- Hotell
- Offentliga platser

Stockholms Centralstation utgör en central nod för bland annat Ostkustbanan, Södra och Västra stambanan, Mälarbanan, Arlandabanan och Stockholms lokaltrafik. Nuvarande utformning av spårområdet vid stationen omfattar totalt 18 spår, spår 1-8 samt spår 10-19 (spår 9 saknas). Spår 10-19 är genomfartsspår.

Trafiken består huvudsakligen av persontåg, men även godståg förekommer. Godståg lastade med farligt gods passerar dagligen stationen. Farligt gods utgörs av ämnen eller föremål som kan vara farliga för vår hälsa eller för miljön.

Under 2019 och 2020 tog Trafikverket fram en plan för ombyggnation av spårområdet som ska klara kapacitetskraven för den framtida spårtrafiken år 2045. Ombyggnationen av spårområdet planeras ske samtidigt som byggstart för detaljplanen. Förverkligandet av Trafikverkets nya spårplan sker oberoende av detaljplanen för Centralstaden, men de två projekten är nära sammankopplade.

Planförslaget och nollalternativet beskrivs mer utförligt i avsnitt 4.2 och 4.3.

I Plan- och Bygglagen (2010:900) /2/ anges att människors hälsa och säkerhet ska beaktas. Människors hälsa lyfts även i Miljöbalken /3/ där det bland annat anges att människors hälsa ska skyddas mot skador och olägenheter. Länsstyrelsen i Stockholms län har gjort en tolkning av hur detta ska bevakas vid ny bebyggelse i anslutning till infrastruktur. Länsstyrelsens rekommendation är att möjliga risker ska beaktas vid planläggning inom 150 meter från en riskkälla och att ny handel, hotell- eller bostadsbebyggelse inte bör uppföras närmare än 50 meter från järnväg. Motsvarande avstånd för kontor rekommenderas till 30 meter. Rekommendationerna omfattar dock i huvudsak inte verksamheter som är beroende av eller nyttjar själva riskkällan, som exempelvis en tågstation med tillhörande resandeservice.

1.2 Syfte och mål

Riskbedömningen utgör en del i en process där olika typer av risker och störningar studeras för att skapa en helhetsbild av planförslagets miljöpåverkan som underlag till Stockholm stads sammanvägda bedömning om planens lämplighet. Utredningen utgör underlag till *PM Olycksrisk* som sammanfattar alla utredningar som rör risk och som i sin tur utgör underlag till detaljplanens miljökonsekvensbeskrivning (MKB). MKB upprättas i enlighet med Plan- och bygglagen /2/ samt Miljöbalken (1998:808) /3/.

Riskbedömningen ska belysa vilka tekniska olyckor som kan inträffa, hur ofta de kan tänkas inträffa samt vilka konsekvenser på hälsa och säkerhet de kan medföra för människor i närområdet.

Målet med riskbedömningen är att utreda planerad markanvändnings lämplighet med hänsyn till människors hälsa och säkerhet samt att redovisa hur studerade risker kan hanteras så att en tolerabel risknivå uppnås. Det är sedan upp till Stockholms stad att med hjälp av riskbedömning tekniska olycksrisker (denna rapport) samt andra utredningar att besluta om vilka åtgärder som ska vidtas.

1.3 Omfattning och avgränsning

Riskbedömningen omfattar det projektet har valt att benämna tekniska olycksrisker vilket omfattar de olyckshändelser som järnvägstrafiken genom området samt andra eventuella riskkällor kan ge upphov till och som innebär en påverkan på omgivningen. Med tekniska olycksrisker avses i detta dokument plötsliga, oväntade och oplanerade händelser med akuta konsekvenser för liv och hälsa hos människor som vistas ovanför och intill överdäckningen samt i närområdet. Tekniska olycksrisker omfattar exempelvis urspårning, tågbrand samt olycka med transport av farligt gods. Med tekniska olycksrisker avses inte naturkatastrofer (exempelvis översvämning), suicid eller antagonistiska hot (terror).

Personer som vistas på plattformar och i tåg inom spårområdet under överdäckningen, vilket i fortsättningen benämns plattformsrummet, omfattas inte av denna riskbedömning. Säkerheten i plattformsrummet studeras i en separat utredning, *Säkerhetsanalys av projekt Överdäckning av Stockholm Centralstation /4/*.

I riskbedömningen studeras huvudsakligen risker kopplade till driftskedet.

Analysen omfattar konsekvensbedömningar i form av antalet omkomna för identifierade tekniska olycksrisker. Riskbedömningen avgränsas till att endast studera konsekvenser för liv eftersom värderingskriterier avseende skadade saknas. I analysen har ingen hänsyn tagits till långsiktiga effekter av hälsofarliga ämnen, buller eller miljöfarliga utsläpp. Inte heller studeras risker för driftstörningar. Utredning kring nödlägeshantering samt räddningstjänstens beredskap och insatsmöjlighet görs i den risk- och sårbarhetsanalys som genomförts av Stockholms stad parallellt med planarbetet och berörs inte i riskbedömningen.

I denna riskbedömning används följande tidsmässiga avgränsningar:

- **Nuläge**
Nuläget omfattar utformningen inom planområdet och omgivningen som den ser ut i dag avseende bland annat bebyggelse, trafik, stationslösning m.m.
- **Byggskede**
Byggskedet bedöms pågå under ca 15 år med start 2027.
- **Prognosår**
År 2045 används som prognosår för bedömning av såväl planförslaget som nollalternativet. Årtalet är valt utifrån att Trafikverkets basprognos har 2045 som prognosår samt att planeringen av riksintresset för kommunikation görs med denna tidshorisont. År 2045 är det troligt att detaljplanen realiserats och varit färdig i ca 5 år.

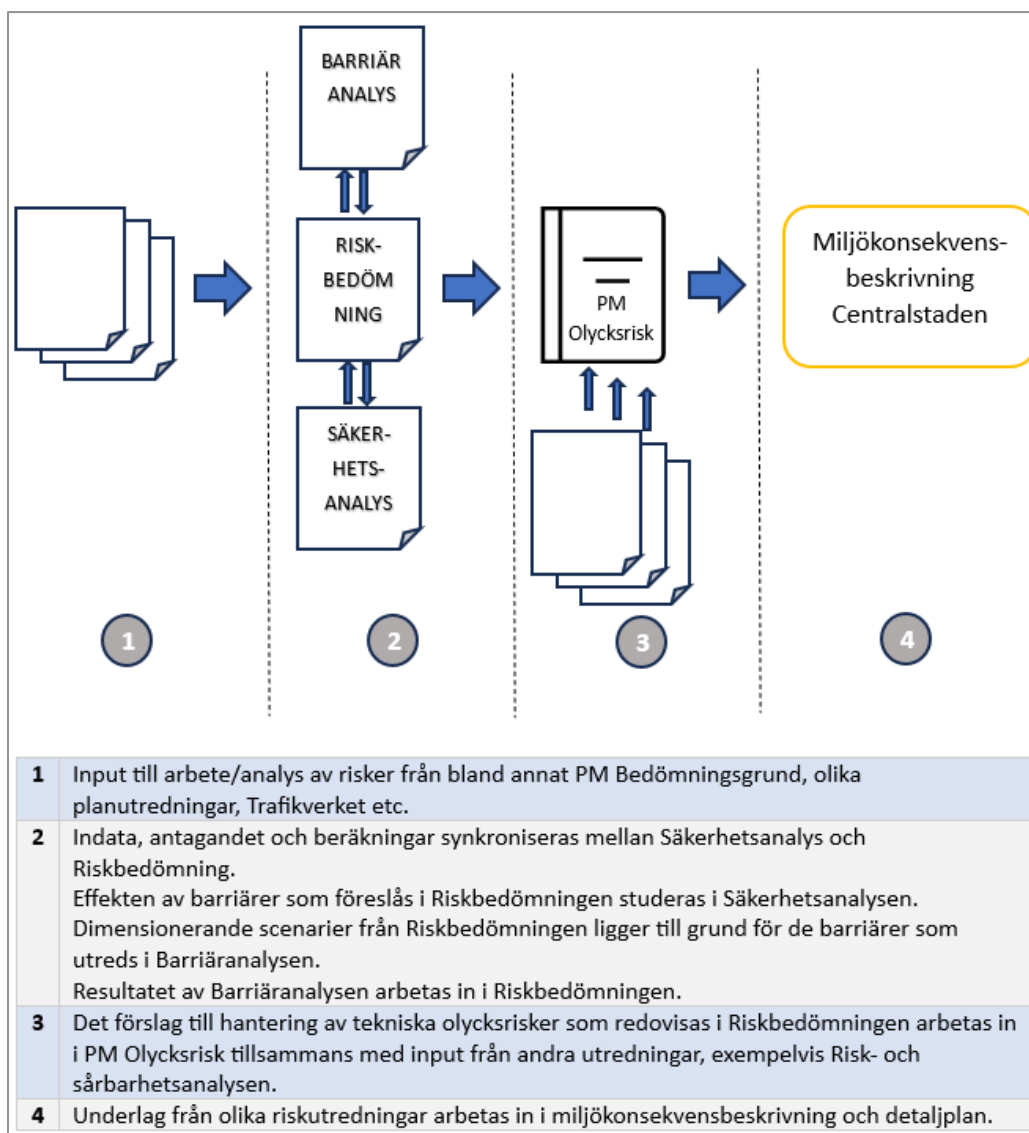
I riskbedömningen utvärderas markanvändningen på platsen enligt planförslag, nollalternativ samt nuläge. Med nollalternativet avses en beskrivning av miljöförhållanden och områdets sannolika utveckling om inte detaljplanen genomförs. Både planförslag och nollalternativ omfattar framtida prognosår och Trafikverkets nya spårplan samt att byggprojekt i närområdet som nyligen genomförts, är pågående eller som ska genomföras inom en relativt snar framtid förutsätts genomförda (se avsnitt 3.2.2). När det gäller risker under byggskedet görs ingen bedömning i detta skede.

Den geografiska avgränsningen redovisas i avsnitt 3.1.

Inom ramen för aktuellt projekt genomförs ett antal utredningar mellan vilka det finns ett visst beroende. Berörda utredningar är (se även figur 1.1):

- *Riskbedömning tekniska olycksrisker* – Studerar säkerheten ovanpå och intill överdäckningen avseende tekniska olycksrisker, se vidare beskrivning i avsnitt 2. Beräkningar och indata synkroniseras med *Säkerhetsanalysen* där en djupare studie görs av frekvenser för olyckor kopplade till järnvägstrafiken. Dimensionerande scenarier specificeras och utgör underlag till *Barriäranalysen* som i sin tur resulterar i ett antal barriärer som bedöms nödvändiga för att uppnå en tillräcklig säkerhet. Barriärernas effekt på risknivån utreds i riskbedömningen.
- *PM Bedömningsgrund för olycksrisk – ovan överdäckning. Detaljplan för Centralstationsområdet* – Beskriver hur scenarier som kan medföra fler än 1 000 omkomna ska värderas, se vidare beskrivning i avsnitt 2.6.3. Utgör underlag för riskvärderingen i *Riskbedömning tekniska olycksrisker*.
- *Barriäranalys* – Analys av möjliga barriärer för att minska riskpåverkan till följd av katastrofscenarier. De dimensionerande scenarier som studeras i Barriäranalysen hämtas från Riskbedömning tekniska olycksrisker. Dokumentet utgör underlag till *Riskbedömning tekniska olycksriskers* förslag till riskhantering inom detaljplanen.
- *Säkerhetsanalys* – Studerar säkerheten för människor som vistas i plattformsrummet kopplat till tekniska olycksrisker. Vissa antaganden och beräkningar är synkroniserade med beräkningar i *Riskbedömning tekniska olycksrisker*. Säkerhetsanalysen utreder även de barriärer som *Riskbedömning tekniska olycksrisker* förordar och som berör plattformsrummet.
- *PM Olycksrisk* – Underlagsdokument till detaljplanen som på en övergripande nivå sammanfattar analys, värdering och hantering av möjliga olyckshändelser samt antagonistiska hot.
- *Miljökonsekvensbeskrivning (MKB)* – tas fram för projektet i enlighet med bland annat *Miljöbalken* och används för att få en helhetssyn över projektets miljöpåverkan. *Riskbedömning tekniska olycksrisker* utgör en underlagsrapport till MKB.
- *Risk- och sårbarhetsanalys (RSA)* – Används för att identifiera och analysera hot och risker som kan finnas i området. RSA:n utgör underlag till *PM Olycksrisk*.

PM Olycksrisk utgör ett paraplydokument som sammanfattar omfattning, innehåll och resultat från samtliga utredningar som utreder olycksrisker och antagonistiska hot. För att få en övergripande bild av projektets hantering av olycksrisker och antagonistiska hot räcker det således att läsa PM Olycksrisk. För mer detaljerad information hänvisas till de underliggande dokumenten, exempelvis detta. Hur beroendet mellan ovanstående utredningar ser ut redovisas övergripande i figur 1.1.



Figur 1.1. Schematisk beskrivning av beroendet mellan olika riskutredningar som genomförs inom ramen för aktuell detaljplan.

1.4 Organisation

Risker kopplade till transporter med bland annat farligt gods identifierades tidigt som en viktig fråga inom projektet. Ett aktivt arbete med frågan har därför bedrivits under en lång tid. Arbetet har bland annat inneburit regelbundna möten med en arbetsgrupp bestående av representanter från Stockholms Stadsbyggnadskontor och deras risksamordnare från Structor, Jernhusen, WSP, Trafikverket och Brandskyddslaget.

Riskbedömningen av tekniska olycksrisker har utförts av Rosie Kvål och Erik Hall Midholm på Brandskyddslaget.

1.5 Granskning

Riskbedömningen har genomgått både intern och extern kontroll. Den interna kontrollen utgår från Brandskyddslagets kvalitetsledningssystem som har inneburit att två andra konsulter med lång erfarenhet av att utreda olycksrisker i samhällsplaneringen har genomfört en övergripande granskning av rimligheten i de bedömningar som gjorts och de slutsatser som dragits. I kolumnen för internkontroll på sidan 2 redovisas vem som har genomfört internkontroll.

Extern granskning av riskbedömningen har genomförts av representanter från Stockholms stad, Jernhusen, Trafikverket, Structor och WSP.

1.6 Lagrum m.m.

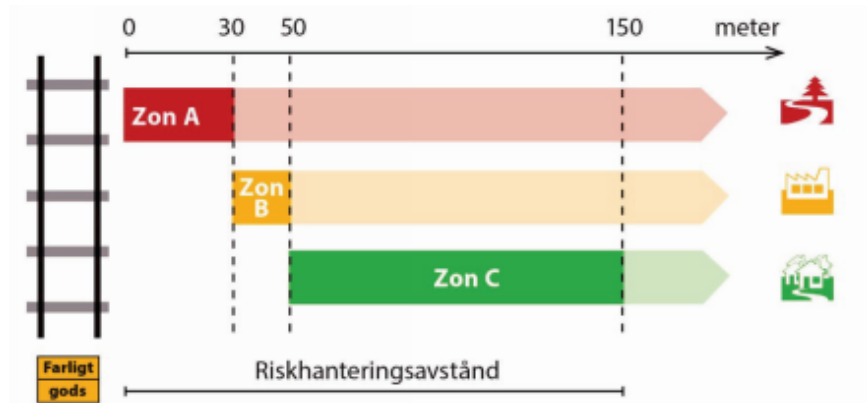
1.6.1 Riskhänsyn vid ny bebyggelse

Ett flertal olika lagar reglerar när riskanalyser skall utföras. Enligt 2 kap 5 § i Plan- och bygglagen (SFS 2010:900), PBL /2/ 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) /3/.

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 /5/. 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. Gällande rekommendationer avseende planering i anslutning till järnväg redovisas i figur 1.1. I avsnitt 2.6 redovisas kriterier för värdering av risk.

Riktlinjerna omfattar inte rekommendationer avseende riskhantering i stationer och resecentrum eller för människor på plattformar. Enligt tidigare har en separat utredning gjorts kring risker i plattformsrummet (se *Säkerhetsanalys av projekt Överdäckning av Stockholm Centralstation* /4/). När det gäller personer i stationsutrymmen ovan och intill överdäckningen har dessa inkluderats i riskbedömningen och deras säkerhet värderas på samma sätt som övriga människor i området.



Rekommenderad markanvändning inom respektive zon

Zon A	Zon B	Zon C
G Drivmedelsförsörjning (obemannad)	E Tekniska anläggningar	B Bostäder
L Odling och djurhållning	G Drivmedelsförsörjning (bemannad)	C Centrum
P Parkering (ytparkering)	J Industri	D Vård
T Trafik	K Kontor	H Detaljhandel
	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 i närheten av järnväg /5/.

Avstånden i figuren mäts från 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. I aktuell riskbedömning beaktas denna inriktning genom att själva riskkällan byggs in och att överdäckningen i sig själv utgör skydd för merparten av möjliga olyckor även för bebyggelse på mycket korta avstånd. Det är endast vid tunnelmynningarna detta skydd uteblir. Där innebär dock höjdskillnaden ett skydd i sig.

För ny bebyggelse inom redovisade skyddsavstånd behöver en analys av möjliga risker göras som undersöker om planförslaget är lämpligt och vilka eventuella skyddsåtgärder som behövs. Länsstyrelsen anger i sina riktlinjer att de anser det vara lämpligt att jämföra framräknad individ- och samhällsrisk med de förslag på riskkriterier som presenteras i Räddningsverkets (numera MSB) rapport *Värdering av risk* /6/. Se vidare avsnitt 2.6.

Riktlinjerna hanterar inte ny bebyggelse i anslutning till, eller ovanpå, en överdäckning av väg eller järnväg där transport av farligt gods förekommer. Inte heller funktioner som krävs nära järnvägen (exempelvis stationen med dess resandefunktioner) omfattas av riktlinjerna. Med anledning av detta är de rekommenderade skyddsavstånden som anges i figur 1.1 inte fullt tillämpliga på riskbedömningen. Några specifika riktlinjer avseende riskhänsyn i samband med överdäckningar finns inte. Länsstyrelsen i Stockholms län har genomfört en inventering av kunskapsläget inom området, denna redovisas nedan.

Riskhänsyn vid bebyggelse ovanpå överdäckningar

I en rapport från 2012 som Länsstyrelsen i Stockholms län låtit göra /7/ redovisas en sammanställning av kunskapsläget kring överdäckningar. Slutsatsen av sammanställningen är bland annat att det råder en samsyn kring att en stor nytta med en överdäckning är att den möjliggör exploatering av markområden som annars inte skulle kunna bebyggas. En annan slutsats är att lagstiftning och regelverk inte är anpassade till överdäckningar samt att praxis saknas. Enligt flera av de som intervjuades för Länsstyrelsens kunskapsöversyn går det att konstruera lösningar för att eliminera eller minimera de nackdelar som en överdäckning medför. De anser även att diskussionen i huvudsak handlar om samhällets prioritering av resurser.

I diskussioner kring risk- och säkerhetsfrågor lyftes tre punkter som till stor del ansågs hänga samman:

- Används trafikleden för farligt gods?
- Vad ska ytan på överdäckningen användas till?
- Hur lång är överdäckningen?

Vid en kortare överdäckning är frågan om farligt gods inte lika avgörande på grund av att utrymning av en kortare tunnel, jämfört med en längre tunnel, är lättare att genomföra samt att området under överdäckningen som påverkas då också är mindre och antalet människor och skyddsobjekt som kan påverkas därför är färre. Om överdäckningen ska bebyggas med hus, är kraven på konstruktionen större. Närmiljön påverkas även av utformning och bebyggelse vid tunnelmynningarna.

Kunskapsöversikten utgör just en sammanställning av kunskap inom området och ger ingen vägledning i hur riskfrågan ska hanteras vid en överdäckning. Kunskapsöversikten utgör därför inget styrande dokument för riskbedömningen. Sammanfattningen av kunskapsöversikten i detta avsnitt görs främst med syfte att redovisa vad som har gjorts inom området och att inga tydliga riktlinjer finns för bebyggelse ovanpå överdäckningar.

1.7 TDOK Bro och Tunnel (2015:0340)

TDOK 2015:0340 /8/ ett styrande dokument som anger inriktning för området bro och tunnel. Syftet med de övergripande kraven i TDOK är att säkerställa ett gemensamt, ändamålsenligt och effektivt kravställande på Trafikverkets anläggningar. Kraven är formulerade med syftet att uppfylla såväl långsiktiga trafikbehov som långsiktiga samhällsbehov.

Dokumentet anger övergripande krav vid anläggningsstyrning för broar och tunnlar samt för broliknande konstruktioner. I dokumentet berörs även övergripande krav för överdäckningar. Med överdäckning avses i dokumentet en *tunnel eller en bro, vars huvudsakliga uppgift är att göra det möjligt att uppföra byggnader etc. ovanför trafikleden.*

I dokumentet anges följande krav som berör överdäckningar:

- Överdäckningar ska vara utformade så att risker för ovanförliggande och intilliggande bebyggelse inte är större än för bebyggelse intill motsvarande trafikled i ytläge. (5.1.12)
- Överdäckningar ska vara utformade så att olyckor vid ovanförliggande och intilliggande bebyggelse inte orsakar allvarlig trafikstörning eller skada i tunneln eller under bron. (6.1.8)

Planförslagets utförande med en överdäckning jämförs inte i denna riskbedömning mot kraven i TDOK Bro och Tunnel. Beskrivningen i TDOK är inte tillräcklig för att det ska vara tydligt vad planförslaget ska jämföras mot. Istället har Trafikverket tagit fram en projektspecifik bedömningsgrund för utvärdering av risknivån under överdäckningen. Denna bedömningsgrund används för *TDOK Bro och Tunnel* för att utvärdera överdäckningen i förhållande till Trafikverkets krav på järnvägsanläggningen eftersom detta bedömts ge ett bättre beslutsunderlag för projektet.

2. Metodbeskrivning

2.1 Övergripande angreppssätt

Arbetet med riskbedömning av tekniska olycksrisker ingår som en del i planprojektets miljökonsekvensarbete där avgränsning och omfattning av arbetet har beslutats inom en utsedd arbetsgrupp.

Riskbedömningen utgör underlag till detaljplanen och ska ge underlag kring planens lämplighet avseende människors hälsa och säkerhet samt ge förslag på hur identifierade risker ska hanteras för att planerad markanvändning ska anses vara lämplig utifrån gällande lagstiftning. Eftersom frågor rörande risk och säkerhet kopplat till järnvägstrafiken genom planområdet är mycket komplex har fokus på riskfrågan varit stor och ett arbete har inom området bedrivits under flera år.

Underlag till riskbedömning är det förslag till markanvändning som redovisas i samrådsförslaget.

2.2 Systemdefinition

Det system som studeras i riskbedömningen beskrivs på olika ställen i rapporten. För att undvika upprepning av information görs därför ingen beskrivning i detta avsnitt av de delar som beskrivs på annat ställe. I stället görs en hänvisning till respektive avsnitt.

Avsnitt 3: Beskrivning avseende planområdets avgränsning, befintlig markanvändning inom planområdet och omgivningen samt planerad ny markanvändning.

Avsnitt 5.2: Beskrivning av järnvägsanläggningen avseende spårområdets utformning, trafikering, transport med farligt gods och signalsystem.

2.3 Riskinventering

Arbetet med att identifiera och analysera möjliga tekniska olycksrisker som kan innebära plötsliga och oväntade olyckshändelser inleds med en inventering av riskkällor inom och i anslutning till det studerade området. Med riskkällor avses risker utanför planområdet som kan påverka själva planområdet, risker inom planområdet som kan påverka omgivningen samt risker inom planområdet som kan påverka planområdet.

Inventeringen fokuserar på de riskkällor som ligger på ett sådant avstånd att Länsstyrelsens riktlinjer anger att de ska beaktas eller om de utgör en farlig verksamhet som bedöms kunna påverka risknivån inom planområdet. Förekommer riskkällor inom planområdet tas de med i inventeringen då de både kan medföra påverkan inom planområdet och mot omgivningen.

För de aktuella riskkällorna görs en beskrivning av verksamheten samt en inventering av hantering och/eller transport av farliga ämnen. Inventeringen utgör grunden för den fortsatta analysen.

2.4 Inledande kvalitativ bedömning

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

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

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

Generellt gäller att olycksrisker med små konsekvenser och låg sannolikhet inte anses påverka risknivån inom planområdet och studeras därför ej vidare i en fördjupad analys. Samtliga scenarier som kan leda till att människor omkommer kommer studeras vidare oavsett bedömning av sannolikhet. För olycksrisker som anses kunna påverka risknivån inom planområdet genomförs en fördjupad (kvantitativ) analys, se avsnitt 2.5.

2.5 Fördjupad kvantitativ analys

De scenarier som i den inledande analysen bedöms kunna påverka risknivån inom området studeras vidare i en fördjupad analys. Denna omfattar beräkning av risknivån i form av individrisk och samhällsrisk, vilka beskrivs nedan. Beräknade risknivåer för individrisk och samhällsrisk jämförs sedan med de acceptanskriterier och den bedömningsgrund som Stockholms stad valt som utgångspunkt för riskvärderingen för aktuellt projekt (se beskrivning i avsnitt 2.6).

Riskberäkningarna redovisar den samlade effekten av de studerade olycksscenarierna genom att samtliga olyckors frekvens och konsekvens vägs samman för att redovisa den totala riskbilden inom planområdet och närområdet. Hänsyn tas även till planerad exploatering i nyligen antagna detaljplaner i närområdet.

2.5.1 Individrisk

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

För planförslaget kommer beräkningen av individrisken att skilja sig något eftersom den planerade överdäckningen innebär att individrisken är beroende av höjdskillnad (nivå) i förhållande till riskkällan snarare än horisontellt avstånd enligt ovanstående beskrivning. För personer som vistas ovanpå överdäckningen så beräknas därför individrisken utifrån en summering av samtliga skadescenarier som förväntas kunna leda till konsekvenser (dödsfall) ovanpå överdäckningen.

Först beräknas en total risk ovanpå överdäckningen, uttryckt som total risk för omkomna per år. Den totala risken för omkomna beräknas för förväntade konsekvenser inom ny bebyggelse samt nya stationsutrymmen ovanpå överdäckningen.

2.5.2 Samhällsrisk

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

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

Acceptanskriterierna för samhällsrisk (se vidare avsnitt 2.6.2) avser 1 km² med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km järnväg. Samhällsriskens beräknas därmed för det studerade området samt delar av omgivande bebyggelse.

Konsekvensberäkningarna avseende antal omkomna kommer därför att omfatta både det studerade planområdet samt omgivande bebyggelse. Som komplement till normalt använda acceptanskriterier har en bedömningsgrund tagits fram specifikt för Centralstationsområdet. Bedömningsgrunden gäller framför allt för scenarier som leder till fler än 1 000 omkomna, så kallade katastrofscenarier, se beskrivning i avsnitt 2.6.3.

Konsekvenserna kommer att beräknas för planförslag, nollalternativ samt nuläge och omfattar enbart omkomna utanför plattformsrummet. Antalet skadade kommer inte att studeras. Detta beror bland annat på att det är mycket komplext samt att det saknas acceptanskriterier som tar hänsyn till antalet skadade. Säkerheten i plattformsrummet behandlas i Säkerhetsanalysen /4/.

Samhällsriskens kan också uttryckas som ett tal som uttrycker det statistiskt förväntade antal omkomna under ett år, detta kallas ibland PLL = Potential Loss of Life. PLL beräknas genom att summera frekvensen x konsekvenserna för respektive skadescenario. Detta är ett värde som normalt inte används i riskanalyser i planprocessen. I *Värdering av risk* /6/ förs resonemanget att eftersom FN-kurvor ger en betydligt fullständigare information om riskens karaktär än PLL så presenteras inte några acceptanskriterier i form av PLL. PLL kommer därför inte användas genomgående i riskbedömningen av tekniska olycksrisker men kan utgöra underlag till eventuella fördjupade utredningar.

2.6 Värdering av risk

2.6.1 Allmänna principer för riskvärdering

Generellt vid bedömning av huruvida en risk kan accepteras eller ej bör hänsyn tas till vissa faktorer. Exempelvis bör riskkällans nytta vägas in, likaså om de som exponeras nyttjar själva riskkällan eller inte samt huruvida risk för katastrofer föreligger. De principer som vanligen anges är /6/:

- **Rimlighetsprincipen.** En verksamhet bör inte innebära risker som med rimliga medel kan undvikas.
- **Proportionalitetsprincipen.** De totala risker som en verksamhet medför bör inte vara oproportionerligt stora jämfört med de fördelar (intäkter, produkter och tjänster, etc.) som verksamheten medför för samhället.
- **Fördelningsprincipen.** Riskerna bör vara skäligt fördelade inom samhället i relation till de fördelar som verksamheten medför.
- **Principen om undvikande av katastrofer.** Principen innebär att olyckor som leder till att många människor omkommer ska undvikas. Olyckor med enstaka/få omkomna kan accepteras i en högre omfattning.

Dessa principer indikerar att hänsyn bör tas till kostnader för säkerhetshöjande åtgärder, att en riskkällans nytta skall vägas in samt att olika värderingar kan göras beroende på om den exponerade gruppen har en personlig nytta av riskkällan eller ej. Vidare skall risker ej accepteras om de på ett enkelt och icke kostsamt sätt kan undvikas.

2.6.2 Acceptanskriterier

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

För riskvärdering av bebyggelse intill farligt gods-leder rekommenderar Länsstyrelsen i Stockholms län att riskkriterierna i publikationen *Värdering av risk /6/* används. Kriterierna omfattar en nedre och en övre gräns. Risker som hamnar under den nedre gränsen anses vara acceptabla och innebär normalt inga krav på åtgärder. Risker som hamnar över den övre gränsen anses vara oacceptabla och ska reduceras genom åtgärder eller restriktioner.

Området mellan den nedre och den övre gränsen benämns ALARP (As Low As Reasonably Practicable). Inom detta område anses riskerna vara så stora att de noga måste beaktas och rimliga åtgärder vidtas för att sänka riskerna.

Acceptanskriterier utifrån *Värdering av risk* redovisas i tabell 2.1 samt i figur 2.1 och 2.2.

För att bedöma rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder behöver därför begreppet *tolerabel risk* beaktas:

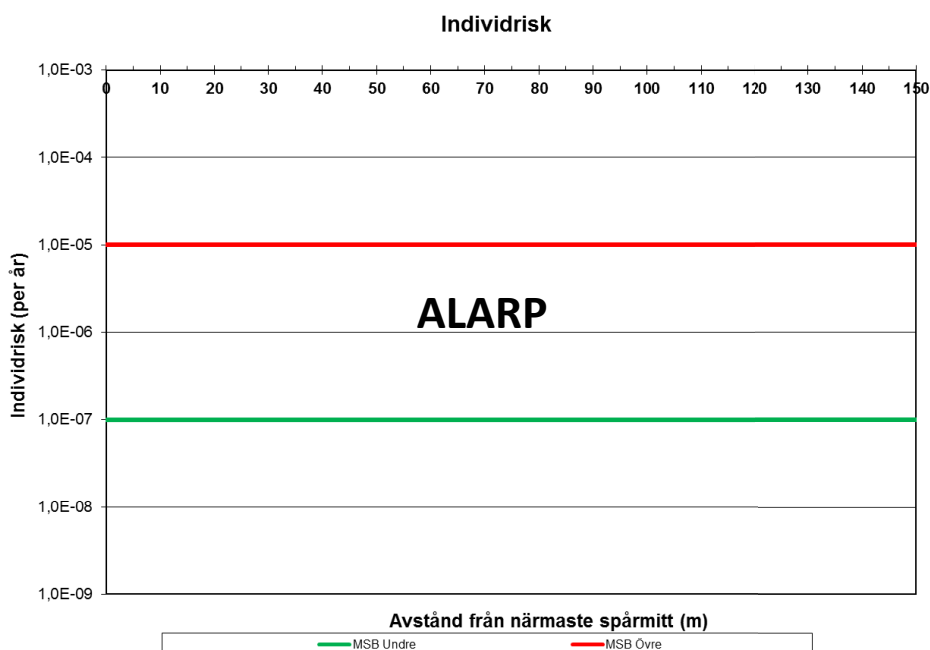
1. Till att börja med är det viktigt att beakta att omfattningen av riskreducerande åtgärder normalt är beroende av den planerade verksamheten, d.v.s. acceptansnivån varierar något mellan olika verksamheter och markanvändning. Detta gäller framförallt avseende individrisk. Individrisken beräknas normalt under antagandet att en individ är kontinuerligt närvarande på en given plats. Enligt *Värdering av risk /6/* 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 rekreatiomsområden kan individrisken reduceras med en faktor 10.

I stället för att korrigera individrisken för olika individer enligt beskrivningen ovan så utgår riskanalysen från att risknivåer inom den nedre halvan av ALARP kan accepteras för t.ex. kontors- och vissa typer av restaurang- och butiksverksamheter utan behov av säkerhetshöjande åtgärder eftersom den faktiska individrisken för personer inom dessa verksamheter är betydligt lägre än den beräknade. För bebyggelse och utrymmen som inte innebär stadigvarande vistelse, t.ex. parkeringsplatser samt gång- och cykelstråk, kan accepteras en risknivå som hamnar över den övre gränsen i angivna riskkriterier.

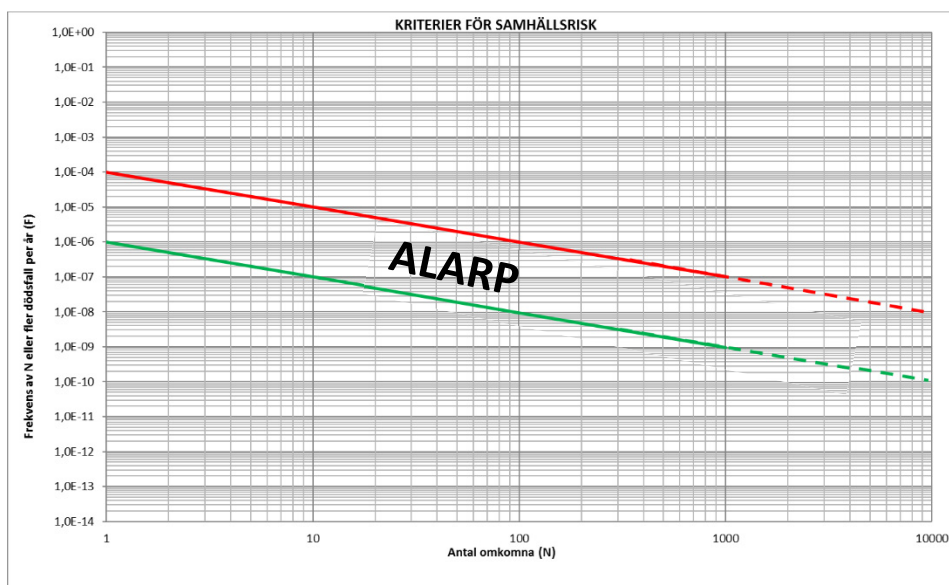
2. Rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder beror även på inom vilken del av ALARP som risknivån ligger. Enligt *Värdering av risk /6/* så bör en rimlig utgångspunkt vara att risker som ligger inom den övre delen av ALARP-området, d.v.s. nära gränsen för "oacceptabla risker" endast tolereras om nyttan med verksamheten anses mycket stor och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av ALARP-området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Underlåtenhet att genomföra ytterligare åtgärder skall då motiveras.

Tabell 2.1. Förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk.

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



Figur 2.1. Acceptanskriterier avseende individrisk för tredje man.



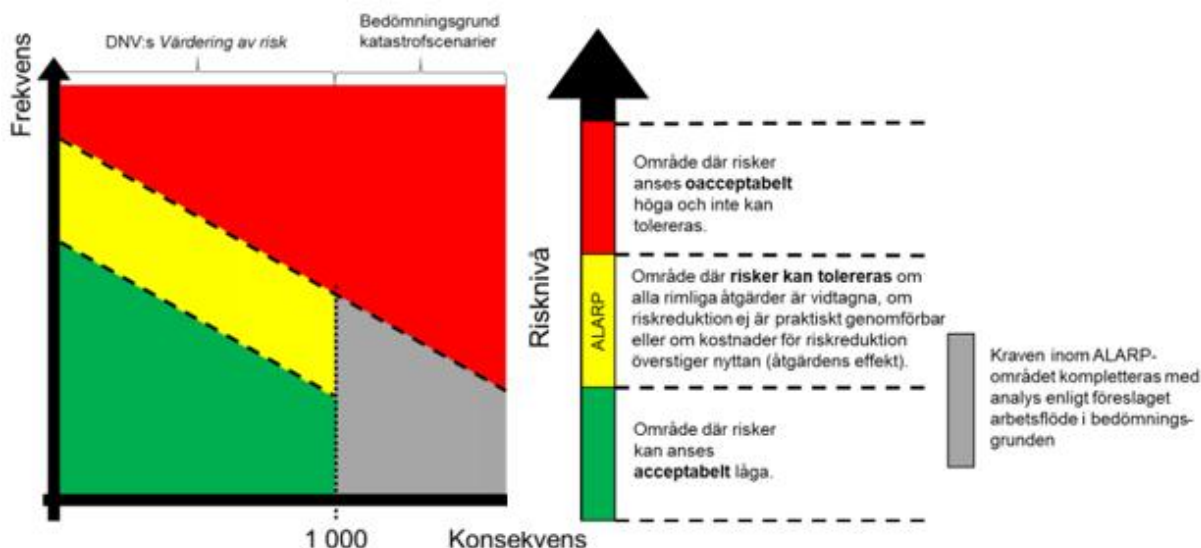
Figur 2.2. Acceptanskriterier avseende samhällsrisk för tredje man.

Det saknas allmänt vedertagna eller beslutade acceptanskriterier som hanterar katastrofscenarier med fler än 1 000 omkomna. DNV:s acceptanskriterier för samhällsrisk (se figur 2.2) redovisar ingen strikt övre gräns avseende konsekvenser utan anger att för händelser i denna del av samhällsrisksdiagrammet bör ett kvalitativt resonemang föras kring risknivån. I vissa länder finns kriterier med en övre gräns för ett mycket stort antal omkomna, en risk med detta är dock att riskhanteringen då fokuserar på att studera och förebygga de största och mest osannolika händelserna på bekostnad av vanligare och mer relevanta olyckor /6/.

I områden med mycket hög persontäthet, som Centralstationsområdet, kan en olycka med stora skadeområden medföra ett mycket stort antal omkomna (fler än 1 000 personer). Det är endast ett fåtal händelser som kan leda till så stora konsekvenser och de kan kopplas till olycka med farligt gods och då endast vissa typer av ämnen. Kraven på transporter av dessa ämnen är omfattande och sannolikheten för olycka är mycket låg. Så länge sådana transporter förekommer, eller tillåts förekomma, kan dock katastrofscenarierna inte bortses från trots den låga sannolikheten. Med syfte att fullt ut kunna värdera risknivån för planförslaget har därför Stockholms stad utarbetat en riktlinje för bedömning av risknivåer som omfattar katastrofscenarier, *PM Bedömningsgrund för olycksrisk – ovan överdäckning /9/*. Denna bedömningsgrund redovisas nedan (se avsnitt 2.6.3) och kompletterar DNV:s acceptanskriterier med avseende på s.k. katastrofscenarier för det aktuella projektet.

2.6.3 Bedömningsgrund katastrofscenarier

Den bedömningsgrund som Stockholms stad låtit utarbeta /9/ är avgränsad till att enbart omfatta påverkan från tekniska olycksrisker ovan en överdäckning. Med tekniska olycksrisker avses brand, explosion, utsläpp av farliga ämnen, urspårning etc. Bedömningsgrunden är tänkt att utgöra angreppssätt för att kunna värdera påverkan på människors hälsa och säkerhet. Bedömningsgrunden omfattar samma principer för värdering av individrisk som redovisas i *Värdering av risk* (se avsnitt 2.6.2). När det gäller samhällsrisk anges i bedömningsgrunden att det krävs en anpassning av vedertagna värderingskriterier (se avsnitt 2.6.2) eftersom de inte på ett tydligt sätt omfattar riktlinjer för värdering av katastrofscenarier, dvs. scenarier med fler än 1 000 omkomna. Bedömningsgrunden utformas på så sätt att gränsen för oacceptabel risk enligt *Värdering av risk* förlängs med oförändrad lutning även för fler än 1 000 omkomna. Någon nedre gräns för vilka risker som kan anses vara acceptabla redovisas dock inte, bedömningsgrunden avser att hantera risker inom det området, vilket illustreras i figur 2.3. Om det kan finnas olyckshändelser som kan leda till katastrofscenarier anges i bedömningsgrunden att en fördjupad analys behöver göras av scenarier och barriärer för att kunna avgöra om risknivån kan accepteras.

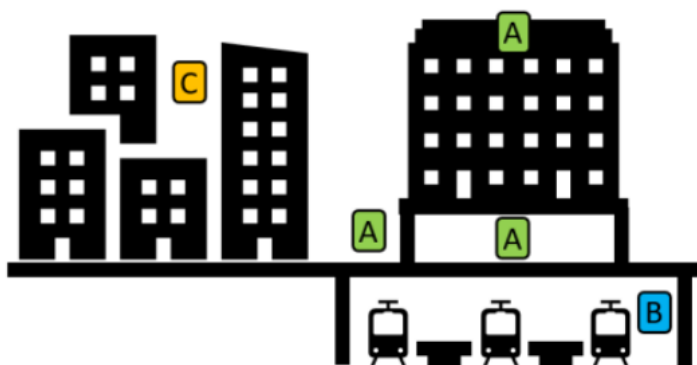


Figur 2.3. Principiell bild över värderingskriterier för samhällsrisk i Stockholms stads bedömningsgrund /9/.

Den fördjupade analysen rekommenderas att genomföras i tre steg:

1. Identifiering av barriärer
2. Analys av barriärer
3. Bedömning av säkerhet

Identifiering av barriärer (1) bör göras utifrån en bred systemsyn vilket innebär att lyfta blicken utanför planområdet. Analys av barriärer (2) omfattar en bedömning av barriärers effektivitet, enskilt och i kombination. En bedömning görs även av hur säker bedömningen är. Barriärernas egenskaper ska belysas utifrån olika aspekter kopplade till barriärens egenskaper. Slutligen görs en bedömning av säkerheten (3) vilket innebär att en bedömning av om tillfredsställande barriärer kan säkerställas och om den kvarstående risknivån kan tolereras. Bedömningen omfattar både en relativ och en absolut värdering och hänsyn tas till områden ovanpå överdäckningen samt intill överdäckningen (se figur 2.4). Områden under överdäckningen hanteras i *Säkerhetsanalysen* /4/.



Figur 2.4. Uppdelning av områden som beaktas i bedömningsgrunden /9/.

A = ovanför överdäckningen, B = under överdäckningen (plattformsrummet), C = intilliggande områden.

Bedömningsgrunden möjliggör en transparent bild av hur riskerna kan reduceras och hanteras. Den ger inget entydigt svar på vilka barriärer som krävs för att risknivån ska vara acceptabel. Bedömningsgrunden ger däremot en tydlig bild av vilken säkerhet som kan uppnås utifrån en kombination av barriärer.

Förslag till barriärkombination görs utifrån resultatet av exempelvis reducering av risknivån, säkerhetsnivå samt om aktuella osäkerheter kan accepteras eller ej. Barriärkombination värderas och redovisas i den analys av barriärer som genomförts och som utgör en del av projektets samlade hantering av tekniska olycksrisker. Det slutliga valet av vilka barriärer som ska vidtas görs av Stockholms stad.

Barriäranalysen /10/ redovisas som en separat utredning och har legat till grund för arbetet med åtgärder i riskbedömningen av tekniska olycksrisker.

2.7 Hantering av osäkerheter

Analys av olycksrisker utgår generellt från underlag och metoder som innefattar osäkerheter. Dessa kan bland annat beröra antalet transporter av farligt gods, fördelningen mellan farligt gods-klasser, konsekvenser av olyckor samt persontätheter.

För många antaganden görs konservativa bedömningar² för att hantera osäkerheter i underlag och metoder där underlag inte inhämtats eller inte varit tillgängligt. Ytterligare hantering av osäkerheterna är ofta ändå nödvändig och görs med hjälp av en känslighetsanalys där indata varieras på olika sätt. Genom känslighetsanalysen skapas en så fullständig bild som möjligt av robustheten i genomförda antaganden och beräkningar.

² Med "konservativa bedömningar" avses att vi i beräkningarna tar höjd för (överskattar) osäkra parametrar.

Resultatet av känslighetsanalysen används bland annat för att belysa skillnaden i risknivå vid variation av olika parametrar samt för att studera robustheten i valda metoder och antaganden. På så sätt kan olika parametrars betydelse för påverkan på risknivån utläsas. Känslighetsanalysen används också i vissa fall som underlag till dimensionering av åtgärder, det omfattar främst de fall där en variation som ligger inom en rimlig gräns medför en stor förändring av risknivån, exempelvis genom att göra så att en acceptabel risknivå hamnar inom ALARP eller att en risknivå inom ALARP blir oacceptabel.

I avsnitt 8 görs en systematisk hantering av inneboende osäkerheter i en känslighetsanalys.

2.8 Åtgärdsförslag

I de fall samhällsrisknivån inte är acceptabel utifrån Stockholms stads bedömningsgrund (se avsnitt 2.6.3) görs en inventering av de olycksscenarier som medför att risknivån hamnar inom ALARP (för färre än 1 000 omkomna) eller som potentiellt kan medföra fler än 1 000 omkomna. För det senare fallet behöver en analys av möjliga barriärer i enlighet med bedömningsgrunden göras medan det för risknivåer inom ALARP räcker med en enklare inventering och utvärdering av möjliga barriärer. Barriärernas effekt, rimlighet och genomförbarhet utreds. Utifrån den samlade bedömningen föreslås en eller flera barriärer som bedöms nödvändiga för att uppnå en tillräcklig säkerhet med hänsyn till studerade risker. Ett utökat resonemang kring åtgärder redovisas i bilaga D samt i *Barriäranalysen /10/*.

De åtgärder som bedöms vara nödvändiga att vidta behöver säkerställas i första hand i form av planbestämmelser. Det finns dock begränsningar i vilka åtgärder som kan regleras i en detaljplan. Bland annat går det inte att reglera organisatoriska åtgärder eller reglera åtgärder utanför planområdet. Det kan även finnas åtgärder som är kopplade till andra lagrum och regelverk och som därmed inte ska regleras i detaljplan. Det är viktigt att reglerbarheten för de åtgärder som bedöms vara nödvändiga och som inte kan formuleras genom planbestämmelser säkerställs på annat sätt, exempelvis genom avtal. Reglerbarheten är en av de aspekter som belyses i *Barriäranalysen /10/*.

Utöver det samlade åtgärds paketet kan även vissa förutsättningar behöva säkerställas. Bland annat bör vissa konstruktionsförutsättningar och tänkta lösningar som är viktiga med hänsyn till studerade risker också säkerställas genom planbestämmelser, avtal eller på annat sätt. Förutsättningar i planförslaget som inverkar positivt för riskbilden redovisas i avsnitt 7.3.

Om viktiga förutsättningar ändras under detaljplaneprocessen måste genomförd riskbedömning ses över eftersom det kan påverka resultat och slutsatser och kan föranleda behov av ytterligare åtgärder.

3. Områdesbeskrivning

3.1 Planområdet idag

Detaljplanen för Centralstaden ligger i västra city i centrala Stockholm. Planområdet sträcker sig från Vattugatan i söder till Kungsbron i norr och omfattar Centralstationens spårområde samt befintlig centralstation. I planområdet ingår även Klarabergsviadukten/Klarabergsgatan, Västra Järnväggsgatan, Terminalslingan, Nils Ericsons plan samt Centralplan.

I figur 3.1 redovisas det aktuella planområdet samt dess närmaste omgivning.



Figur 3.1. Avgränsning av aktuellt planområde (röd markering). Observera att norr är åt höger i bilden. (Källa: Jernhusen)

Planområdet består idag av Centralstationens spårområde med spår, plattformar, tillhörande järnvägsfunktioner samt befintliga stationsbyggnader.

3.2 Angränsande områden

3.2.1 Nuläge

De markområden som ligger i direkt anslutning till planområdet består idag av infrastruktur, kontor, konferensverksamhet, hotell, restauranger och butiker. Bebyggelsen är relativt hög med 3-12 våningar. Persontätheten dagtid är hög till följd av en stor andel kontor och närheten till Centralstationen. I direkt anslutning till planområdet finns inga bostäder och i närområdet är förekomsten av bostäder generellt liten.

Direkt väster om planområdet ligger bland annat Stockholm Waterfront som är ett kongresscenter med plats för ca 3 000 mässdeltagare. Byggnaden är uppförd med hänsyn tagen till risker förknippade med tågtrafiken. Bland annat finns planbestämmelser om utförande för att förhindra fortskridande ras samt förhindra brandspridning in i byggnaden från spårområdet. Väster om området finns även ett hotell (Radisson Blu Waterfront) med ca 400 rum, en kontorsbyggnad (Waterfront building) med restauranger i bottenvåningen samt Kungsbrohusen med kontor samt ett hotell och restauranger i bottenvåningen.

Öster om det studerade området ligger World Trade Center (WTC) som huvudsakligen omfattar kontor, men även handel och restaurang samt en bussterminal. Öster om WTC samt öster om Stockholms Centralstation ligger ytterligare hotell- och kontorsbyggnader utmed Vasagatan.

Norr och söder om planområdet finns huvudsakligen spårområde samt annan infrastruktur men i huvudsak ingen bebyggelse. Nordväst om planområdet ligger en trafikledningscentral, vilken omfattar en samhällsviktig funktion.

I figur 3.2 redovisas en översikt över angränsande markanvändning i nuläget. I figuren redovisas den dominerande markanvändningen för respektive kvarter. I många av kvarteren finns även restauranger, kaféer, mindre butiker och liknande i bottenvåningarna. Framtida planerade förändringar i markanvändning i närområdet redovisas i avsnitt 7.6.



Figur 3.2. Övergripande markanvändning i anslutning till planområdet.

Omgivande projekt under genomförande

Inom eller i närheten av planområdet finns flera projekt som antingen nyligen genomförts, är under genomförande eller som ska genomföras inom en relativt snar framtid. Dessa förutsätts vara genomförda när aktuell detaljplan realiseras och utgör därför en del av beskrivningen av nuläget.

Aktuella projekt beskrivs kort nedan.

Bilfri Klarabergsgata och Spårväg city:

År 2016 förbjöds allmän biltrafik och taxi på Klarabergsgatan mellan Klara Norra kyrkogata och Sergels torg. Gatan har därför byggts om och utformats för gående, cykel, buss och spårvagn. Spårväg City har fått en ny ändhållplats öster om Klara Norra kyrkogata vilken togs i trafik i september 2018.

Ombyggnad av Vasagatan:

Under 2018 påbörjades en ombyggnad av Vasagatan mellan Tegelbacken och Norra Bantorget. Vasagatans körbana smalnas av för biltrafik till förmån för bredare cykel- och gångbanor samt nya träd. I projektet ingår även nya cykelbanor vid Norra Bantorget, Östra Järnvägsgatan och Vasaplan. Projektet färdigställdes under 2022.

Stationsåtgärder Stockholms centralstation:

Trafikverket arbetar för närvarande med att förnya och underhålla järnvägssträckan mellan Tegelbacken och Ulriksdal. I projektet ingår renovering av plattformar vid spår 3-8 på Stockholms central, spår- och växelbyten på sträckan mellan Tegelbacken och Ulriksdal samt mindre upprustning av gångtunneln, "gula gången", vid uppgångarna för spår 11-19.

Arbetena genomförs under åren 2020-2025.

Snäckan 8: Detaljplan som syftar till att uppföra ett kontorshus med centrumanvändning i bottenvåningar och parkering i källarplan. Planen har ännu inte realiserats men vann laga kraft år 2020, se figur 3.3.



Figur 3.3. Figur som visar placeringen av Snäckan 8 (grönt fält) i relation till planområdet (röd streckad linje). (Källa: Stadsbyggnadskontoret, Stockholms stad).

Ny reglering av Mälaren:

Stockholms stad har, i samarbete med bland annat SMHI, tagit fram ett förslag på ny reglering av Mälarens vattennivå och utbyggd avtappningskapacitet. Den nya regleringen syftar till att minska risken för översvämningar runt Mälaren, minska risken för låga vattenstånd samt förhindra saltvatteninträngning. Arbetet påbörjades år 2017 och beräknas vara klart år 2025.

Av de pågående projekten i områdets närhet är det inget som bedöms medföra ett behov av ytterligare riskhänsyn då de inte medför några nya riskkällor. Några av ovan redovisade projekt kan påverka risknivån i området genom att exempelvis persontätheten ökar. Detta tas hänsyn till i konsekvensberäkningarna i bilaga B.

4. Redovisning av planförslaget och övriga alternativ

4.1 Nuläge

Se den beskrivning av nuläget som görs i avsnitt 3.1.

4.2 Planförslag

Syftet med planarbetet är att utveckla området till en levande och attraktiv stadsdel med en centralstation som kan stötta Stockholms tillväxt och möta framtidens resande. Planen omfattar en överdäckning av de öppna delarna av spårområdet mellan Vattugatan i söder och Kungsbron i norr. Det innebär att det blir två separata överdäckningar, en mellan Vattugatan och Klarabergsviadukten och en mellan Klarabergsviadukten och Kungsbron. I den fortsatta analysen kommer de att benämnas södra respektive norra överdäckningen.

Den nya bebyggelsestrukturen inom området syftar till att området ska bli en mer integrerad del av staden med en sammanhållen stadsmiljö. Samtidigt ska centralstationen utvecklas för att möjliggöra bättre tillgänglighet och anpassas för en framtida ökning av järnvägstrafiken.

Under 2021 genomfördes parallella uppdrag avseende utformning av planerad markanvändning inom planområdet. Det vinnande bidraget har sedan bearbetats och utgör underlag till planförslaget och till denna riskbedömning. Planförslaget omfattar utöver överdäckning av spårområdet markanvändning i form av station/resecentrum, kontor, handel samt hotell. I figur 4.1 redovisas planförslaget. Planerade volymer för respektive markanvändning redovisas i tabell 4.1.



Figur 4.1. Aktuellt planförslag (2024-12-13).

Tabell 4.1. Planerad markanvändning utifrån aktuellt planförslag (samtliga utbyggnadsetapper).

Markanvändning	Area (LOA)
Station	8 711
Kontor	106 616
Handel, service	12 488
Hotell	12 065
Personal, lager	1 085
Totalt	140 965

Centralstationens utformning innebär att nya stationsytor planeras ovanför spåren. Befintlig stationsbyggnad kommer även fortsättningsvis användas för resandeservice. Den nya stationsutformningen innebär att en attraktiv miljö skapas för att uppmuntra resenärer att vistas i stationsutrymmen ovan spår samt i befintligt stationshus och att inte uppehålla sig på plattformar mer än i anslutning till på- och avstigning. På så sätt kommer antalet personer i plattformsrummet minimeras. System för att styra resenärerna till rätt plats kommer att finnas och miljön kommer att utformas utifrån detta förhållningssätt.

Genomförandet av detaljplanen kommer att ske i tre etapper. En övergripande beskrivning av byggskedet görs i avsnitt 4.2.1 nedan.

Parallellt med Stockholms stads och Jernhusens arbete med att utveckla området har Trafikverket gjort ett arbete kring kapacitetshöjande åtgärder. Detta beskrivs vidare i avsnitt 5.

4.2.1 Byggskedet

Detaljplanens totala genomförandetid beräknas till minst ca 15 år. Tidigast möjliga byggstart är 2026. Utbyggnad av området kommer att ske i tre etapper där utbyggnaden av det norra området kommer att ske i två etapper och utbyggnaden av det södra området planeras till en etapp (se figur 4.2).



Figur 4.2. Planerade utbyggnadsetapper där etapp 1-2 visas i figuren överst och etapp 3 i den nedersta figuren. Observera att norr är till höger i figuren.

Fortsatt drift av järnvägen och centralstationen under hela byggskedet utgör en förutsättning för projektet.

Parallellt med utbyggnaden inom planområdet kommer Trafikverket bygga om bangården. Arbetet omfattar bland annat förberedande temporära arbeten i spår och plattformar för att Jernhusens grundläggning och pelarplacering för överdäckning ska kunna genomföras. Därefter kan spår och plattformar byggas i till slutläge. Ny gångtunnel och ny Klarabergsviadukt med ny grundläggning ska också genomföras. Efter färdigställandet av planförslaget kommer en del arbeten kvarstå för att färdigställa Trafikverkets anläggning.

4.3 Nollalternativ

Nollalternativet används som ett jämförelsealternativ och omfattar det aktuella planområdet vid ett framtida prognosår utan att detaljplanen för Centralstaden genomförts. Det innebär att det avser miljöförhållanden och miljöns mest sannolika utveckling om den aktuella detaljplanen inte genomförs.

De förutsättningar och antaganden som redovisas avseende planrådets och omgivningens förutsättningar som redovisas i avsnitt 3 samt förutsättningar kring trafikering i enlighet med avsnitt 5.2 antas gälla även för nollalternativet vid prognosår 2045.

Nedan beskrivs övergripande vad som ingår i nollalternativet. Beskrivningen är indelad i delen "ovan mark" vid Klarabergsviadukten och spårområdet, dvs. "under mark" vid Klarabergsviadukten.

4.3.1 Ovan mark

Om detaljplanen inte genomförs förutsätts utvecklingen ovan mark i planområdet ske utifrån laga kraftvunna detaljplaner. Majoriteten av de byggnader som finns i området förutsätts därför vara kvar med samma utformning som idag. Kontinuerligt underhållsarbete av byggnaderna antas utföras.

För att anpassa Centralstationsområdet till ett framtida resande, och för att möjliggöra ombyggnaden av spårområdet enligt avsnitt 5.2, krävs dock en del fysiska förändringar även ovan mark. För att öka anslutningspunkterna till framtida plattformar kan det bli aktuellt med olika typer av åtgärder, exempelvis kan det bli aktuellt att bygga passager (broar) över och ner till plattformarna. I nollalternativet förutsätts därför att det finns nya gångbroar i såväl planrådets norra som södra del. Broarna kan komma att förses med överbyggnader med stationsfunktioner där lyftpaket ska upp (liknande övre hallen idag).

Eftersom brostöden står fel i förhållande till de nya plattformarna/spåren förutsätts att hela eller delar av Klarabergsviadukten måste rivas och sedan återuppbyggas. I nollalternativet förutsätts även övre hallen, taxidäcket samt hela eller delar av C-huset rivas. De funktioner som därmed försvinner kommer om möjligt att återskapas.

Området kommer precis som idag ha en viktig funktion som bytespunkt.

4.3.2 Under mark

Oavsett detaljplanens genomförande kommer Trafikverket, för att upprätthålla riksintressets³ framtida funktion, behöva utöka spårsystemet inom Centralstationsområdet. Utan en överdäckning finns det en större flexibilitet vad gäller utformningen av spårområdet. I och med det finns det flera alternativa sätt att utöka spårområdet som skulle kunna bli aktuella om det inte sker en överdäckning. I nollalternativet förutsätts dock utvecklingen/utökningen av spårområdet bli densamma som i planförslaget.

³ Järnvägen förbi Stockholms central utgör riksintresse för kommunikation

Trafikverkets inriktningsbeslut om en ny spårplan innehållande nio genomgående spår och långa plattformar (se avsnitt 5.2) antas därför gälla även i nollalternativet. För att klara de ökade passagerarflödena förutsätts även en ny gångtunnel vara byggd (samma gångtunnel som i planförslaget). Vidare förutsätts plattformarna inom det nya spårområdet vara klimatskyddade, det vill säga utrustade med plattformstak som skyddar resenärerna mot nederbörd.

5. Riskinventering

5.1 Inventering av riskkällor

Det aktuella planområdet ligger i centrala Stockholm och den största riskkällan i planområdets närhet är järnvägen som går genom planområdet. Övriga riskkällor (transportleder för farligt gods, bensinstation etc.) ligger på betydligt större avstånd än 150 meter från planområdet eller innebär en mindre riskpåverkan.

Resultatet av genomförd riskinventering redovisas i tabell 5.1.

Tabell 5.1. Inventering av riskkällor inom och i anslutning till planområdet.

Riskkälla	Avstånd till planområde (m)	Kommentar
Järnväg	0	Järnvägen går genom planområdet
Väg	2 000	Närmaste transportled för farligt gods <i>Riskkällan kommer inte studeras vidare med hänsyn till det stora avståndet.</i>
Bensinstation	1 000	Närmaste bensinstation <i>Riskkällan kommer inte studeras vidare med hänsyn till det stora avståndet.</i>

Inom planområdet planeras inga nya riskkällor. Det kan förekomma restauranger med gasol till spisar och liknande verksamheter som är normalt förekommande i stadsmiljö och som innebär mycket begränsade risker mot omgivningen.

Övergripande inventering av lokala vägtransporter av farligt gods

I anslutning till planområdet finns flertalet gator och vägar med hög trafikintensitet. På några av vägarna är även andelen tung trafik relativt stort (t.ex. Klarastrandsleden). I Stockholms innerstad råder förbud mot transport av farligt gods och tillstånd krävs för att framföra sådana transporter /11/. I innerstaden finns inte heller några verksamheter som ger upphov till regelbundna transporter med stora mängder farliga ämnen. Det förekommer lastbilstransporter till några enstaka bensinstationer, dessa transporter passerar dock ej aktuellt planområde.

På vägar i anslutning till planområdet förekommer sannolikt transporter med farligt gods regelbundet. Dessa bedöms dock utgöras huvudsakligen av transporter med styckegods (mindre förpackningar) av exempelvis gasol till restauranger, oljor, färger etc. till olika verksamheter eller transporter till olika byggarbetsplatser. Regelbundna bulktransporter bedöms huvudsakligen kunna utgöras av eldningsolja för uppvärmning till lokala fastigheter eller diesel till reservkraftaggregat. Lokala gator och vägar trafikeras även av fordon som drivs av biogas. Förekommande transporter bedöms vara typiska för innerstaden och utgör en mycket begränsad risk mot omgivningen utmed de aktuella vägarna. En olycka med biogasbuss eller transport med farligt gods (inklusive styckegods) kan i värsta fall påverka områden utanför själva vägområdet. Påverkan bedöms bli lokal och sannolikt mycket begränsad. Även vid en större olycka bedöms inte den bärande förmågan hos överdäckningen påverkas. Sannolikheten för att en olycka med farligt godstransport ska ske inom eller i anslutning till planområdet är mycket låg.

De kommer därför inte att studeras vidare.

Med hänsyn till det stora avståndet till övriga riskkällor samt ovanstående bedömning avseende lokala vägtransporter av farligt gods kommer enbart järnvägen att studeras i den fortsatta analysen.

5.2 Järnvägen förbi Stockholms Centralstation

Viss information kring trafikeringen på spåren vid Stockholms Centralstation är sekretessbelagd och redovisas inte nedan. Sekretessbelagd information finns samlad i bilaga E som endast delas ut till personer med behörighet att ta del av informationen.

5.2.1 Riksintresse

Spårsystemet genom Stockholm med tillhörande anläggningar är klassat som riksintresse för kommunikationsändamål. Spårområdet genom planområdet utgör en del av riksintresset. Stockholm Centralstation förbinder Mälarbanan, Ostkustbanan, Värtabanan och Västra stambanan med varandra. En stor andel av den nationella tågtrafiken avgår eller terminerar på Stockholm C. Det finns därför behov av funktioner som möjliggör tågvändningar, uppställning samt depå-, furnering- och verkstadsfunktioner.

Tågtrafik samt drift och underhåll ska upprätthållas och kunna genomföras dygnet runt.

Den aktuella järnvägssträckan ingår i det transeuropeiska transportnätverket (TEN-T) som syftar till att knyta samman Europa och bidra till europeisk integration.

Vad gäller funktionen för godstrafik, inklusive farligt gods, har Trafikverket bedömt att det inte är möjligt att genom restriktioner begränsa tillgängligheten för sådan trafik genom Stockholm. Gällande regelverk bedöms enligt en utredning utförd av WSP /12/ tillåta restriktioner men inte förbud av godstrafik.

5.2.2 Spårområdets utformning

Järnvägssträckan genom planområdet är ca 550 meter. Stockholms Central består enligt Trafikverkets definition av två bandelar, ett spårområde med tio genomgående plattformsspår och en säckstation "Norra säcken" med sju plattformsspår.

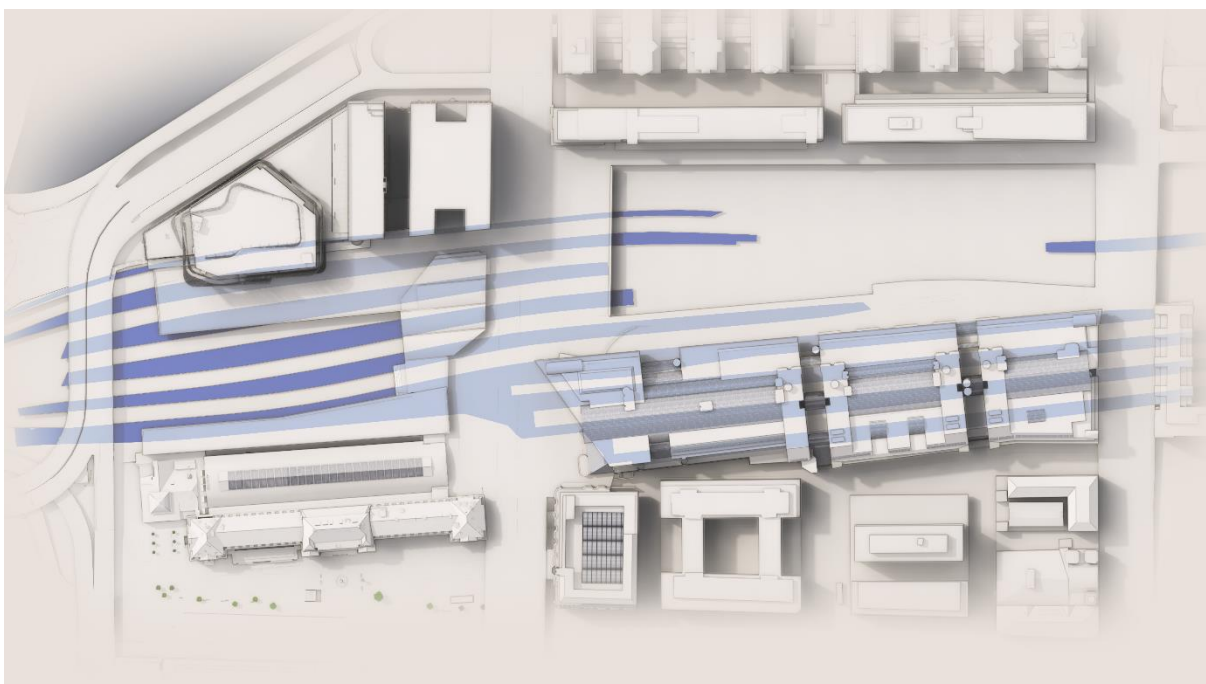
Inom det norra spårområdet finns ett stort antal växlar. Inom det södra spårområdet planeras inga nya växlar i samband med ombyggnaden. Söder om centralbron (dvs. söder om den planerade överdäckningen) finns flertalet växlar.

Nuläge

Nuvarande utformning av spårområdet vid stationen omfattar totalt 18 spår, spår 1-8 samt spår 10-19 (spår 9 saknas). Spår 10-19 är genomfartsspår och löper genom hela planområdet. Spår 1-7 utgör säckspår som inte är genomgående utan kommer in norrifrån i planområdets östra del och slutar i höjd med Klarabergsviadukten. Spår 8 används för norrgående trafik men ansluter till spår 10 som används för södergående trafik.

Ingen rangering eller uppställning av tåg sker inom spårområdet vid, eller i anslutning till, Stockholm Central, men det kan förekomma att tåg står stilla ett par minuter i väntan på att spår ska bli ledigt för fortsatt färd.

I figur 5.1 redovisas en schematisk bild över spårområdets utförande vid Stockholms Central.



Figur 5.1. Dagens utformning av spårområdet vid Stockholms Central.

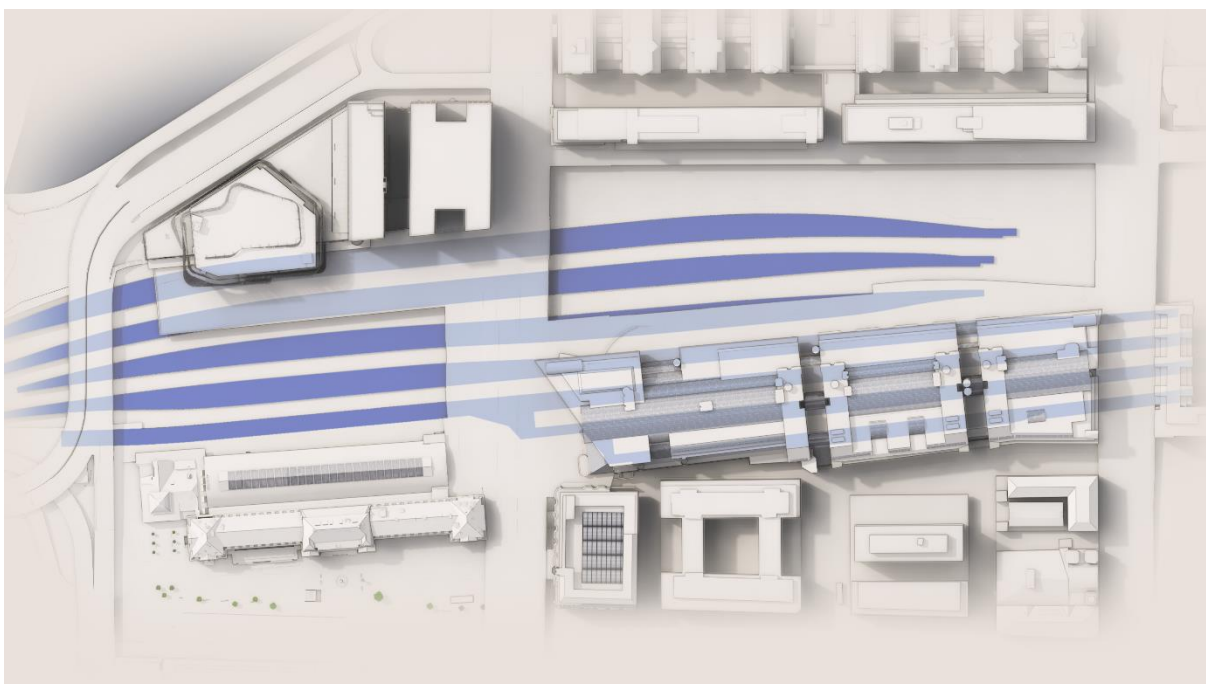
För tåg ankommande norrifrån och avgående norrut är största tillåtna hastighet inom planområdet idag 30 km/h. På Norrströmsbron och Tegelbacken, i direkt anslutning till planområdets södra gräns, är den största tillåtna hastigheten 80 km/h. För tåg ankommande söderifrån och avgående söderut varierar den största tillåtna hastigheten inom planområdet mellan 50-80 km/h. Omkring 90 % av tågen varje dygn gör uppehåll på stationen d.v.s. bromsar ner till och startar från 0 km/h.

Framtid – Prognosår 2045

Trafikverket har arbetat med en ny spårplan (C20140_2022-09-15) innehållande nio genomgående spår och långa plattformar, vilket bedöms klara kapacitetskraven för den framtida tågtrafiken år 2045.

Den nya spårplanen utgör därför en grundförutsättning för detaljplanen. Mer specifikt innebär den nya spårplanen att 20 stycken långa tåg ska få plats i rusningsriktningen under maxtimmen. Vidare ska plattformarna vara uppdelade i två plattformslägen (A och B) som vardera klarar två stycken 216 meter långa tåg, vilket gör att varje plattform får en total längd om 450 meter.

Den nya spårplanen redovisas översiktligt i Figur 5.2.



Figur 5.2. Trafikverkets spårplan 2045 för spårområdet vid Stockholms centralstation.

Växeltätheten utmed, och i anslutning till, den studerade sträckan är hög. Växlar finns både i och utanför den planerade överdäckningen. Det föreslagna spårområdet år 2045 kommer att omfatta sammanlagt ca 137 växlar under överdäckningen samt på en sträcka om ca 1 km åt respektive riktning från överdäckningens mynningar (från en punkt ungefär från norra mynningen för Södertunneln fram till ca 1 km norr om Kungsbron). 40 växlar är placerade under överdäckningen, eller i direkt närhet till dess mynningar.

För prognosåret gäller i stort samma hastighetsbegränsning som idag. Det är endast för tåg ankommande norrifrån och avgående norrut där en ökning av tillåten hastighet till 40 km/tim planeras.

5.2.3 Signalsystem

Till prognosåret 2045 kan signalsystemet ERTMS vara installerat på aktuell del av järnvägen. ERTMS innebär en ökad möjlighet att snabbare stanna inkommande tåg och kortare tid för att uppmärksamma lokförare i anländande tåg på en eventuell olyckssituation under överdäckningen i förhållande till dagens system, ATC.

I den säkerhetsanalys som tagits fram för plattformsrummet har införandet av ERTMS inte utgjort en förutsättning. Säkerhetsanalysen utgår i stället ifrån att åtgärder införs för att minska tiderna till påbörjad utrymning även under tiden fram till ERTMS införs.

5.2.4 Trafikflöde

Den aktuella spårsträckan trafikeras av både persontåg (fjärrtåg, regionaltåg och Arlanda Express) och godståg.

Underlag kring tågtrafik har erhållits från Trafikverket avseende persontåg för nuläget /13/ och prognosåret 2045 /14/ samt godståg /15/. En sammanställning av underlaget redovisas nedan.

Persontåg

För persontåg är trafiksiffrorna från Trafikverket uppdelade på tåg som ankommer söderifrån och avgår söderut respektive ankommer norrifrån och avgår norrut. Det är en mycket begränsad andel av persontågen som är genomgående utmed sträckan. Merparten av persontågen har Stockholm Central som antingen start- eller slutstation. Detta innebär att tåg som kommer söderifrån vänder vid Stockholm Central för avgång söderut och motsvarande gäller för tåg som kommer norrifrån att dessa vänder vid Stockholm Central för avgång norrut.

De tjänstetåg som redovisas i tabellerna utgör antingen ankommande eller avgående tåg som åker vidare från plattformen efter ankomst respektive anländer till plattformen inför avgång, t.ex. för städning och underhåll vid Hagalunds bangård.

Trafiksiffrorna från Trafikverket redovisas som fördelning av tåg över dygnet. För prognosår 2045 så är det högst trafikering under morgon- och eftermiddagsrusning (Högtrafik kl. 07-09 respektive kl. 15-18), där ca 44 % av alla tåg förväntas gå. Under helgdyn är det högst trafikering mitt på dagen.

I tabell 5.2 redovisas antalet persontåg på/genom planområdet idag (2021) samt 2045. Trafikeringen 2045 utgör enligt Trafikverket inte en prognos utan är ett resultat av ett antal antaganden, bland annat rörande framtida trafikering på Mälardalen och Ostkustbanan.

Tabell 5.2. Sammanställning av antal tågrörelser på/genom Stockholms Centralstation per vardagsdygn respektive helgdyn idag samt 2045. Persontåg.⁴

Tågtyp	Antal tågrörelser (ankomst + avgång)			
	Nuläge		2045	
	Vardagsdygn	Helgdyn	Vardagsdygn	Helgdyn
Snabbtåg (X2)	163	151	194	142
Fjärrtåg (Rc6, B7)	54	25	154	81
Regionaltåg (ER1)	288	172	511	302
Arlanda Express (X3)	175	175	240	240
Natttåg (Rc6, BC4, WL6, WL4, B2)	12	12	8	8
Tjänstetåg (alla tågtyper)	391	317 ⁵	289	211 ²
Totalt	1083	852	1396	984

Godståg

Underlag kring godstågstrafiken har erhållits från Trafikverket med antal godståg för nuläge samt för prognosåret 2045 enligt /16/. Underlaget omfattar trafikeringen under vardagsdygn respektive lördag och söndag. Underlaget för nuläget utgör representativa trafiksiffror för 2021 och omfattar antal godståg fördelat på tågtyper för respektive dygn (vardagar samt lördag och söndag).

Samtliga godståg är genomgående. För godståg redovisas därför endast ett värde på trafiksiffror för respektive körriktning (södergående respektive norrgående).

⁴ Underlaget som redovisas i tabell 5.2 är baserat på underlag från Trafikverket som även har utgjort underlag till Säkerhetsanalysen /4/.

⁵ Underlaget för helgdyn omfattar inte tjänstetåg på motsvarande sätt som underlaget för vardagsdygn. Med anledning av detta har antalet tjänstetåg under helgdyn uppskattats utifrån underlaget för vardagsdygn samt en jämförelse av det procentuella förhållandet för övriga tågtyper, exkl. tjänstetåg, mellan helgdyn och vardagsdygn.

Enligt /16/ går det i nuläget 17-23 godståg per vardagsdygn (varav 2 tjänstetåg/ensamma lok) respektive 9-12 godståg per helgdygn (varav 0 tjänstetåg). Enligt prognossiffror för år 2045 erhållna av Trafikverket förväntas ca 20-26 godståg per vardagsdygn respektive 11-15 godståg per helgdygn trafikera aktuell sträcka /16/.

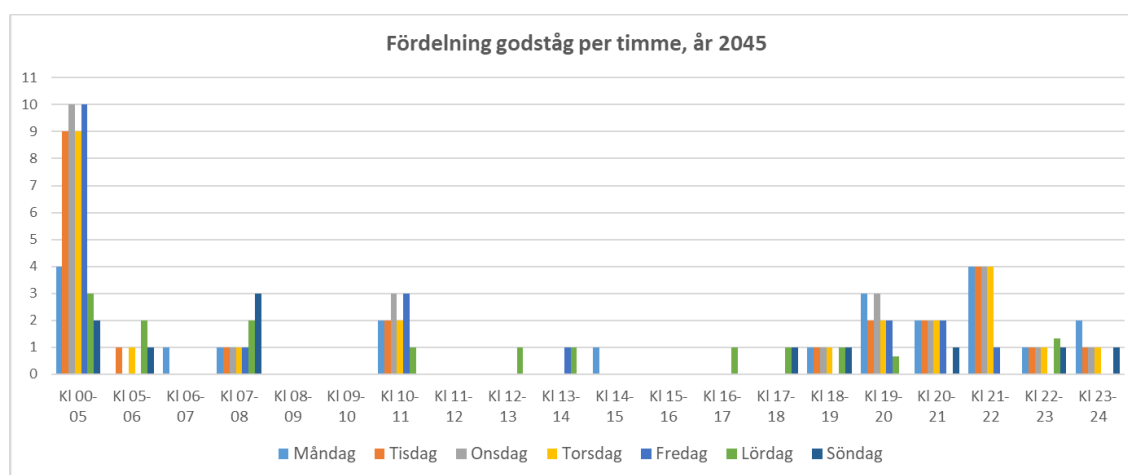
I tabell 5.3 redovisas antal godståg för nuläget samt prognosåret.

Tabell 5.3. Antal godståg på aktuell del av järnvägen.

	Nuläge	2045
Antal godståg, totalt per vecka	124	142

Fördelning av godstrafik över dygnet

Trafiksiffrorna från Trafikverket redovisas som fördelning av tåg över dygnet. En sammanställning för prognosår 2045 redovisas i figur 5.3.



Figur 5.3. Fördelning av godståg över dygnet genom centrala Stockholm, prognosår 2045 /16/.

Fördelningen visar att under vardagsdygn sker störst godsflöde nattetid (lågtrafik kl. 24-05) samt kvällstid (normaltrafik 18-24). En del godstrafik förekommer enligt underlaget även mitt på dagen (normaltrafik kl. 10-15). Under vardagsdygnens högtrafik, kl. 07-09 och kl. 15-18, passerar ett mycket begränsat antal godståg. Fördelningen av godståg över dygnet beror på den begränsade kapaciteten på spåren där persontågstrafiken i de flesta fall prioriteras framför godstrafik under högtrafik.

Som underlag till beräkningarna kommer en fördelning av godstrafiken utifrån figur 5.3 enligt följande därför att förutsättas:

- Lågtrafik:** Ingen eller gles trafikering, under merparten av tiden finns inga personer på plattformar eller i stationsutrymmen, omfattar tiden kl. 24:00-05:00. Hög frekvens av godståg eftersom kapaciteten på spåren är hög under lågtrafik.
- Normaltrafik:** Omfattar trafik dagtid när antalet resenärer inte är så omfattande, men persontågstrafiken dominerar över godstågstrafiken, omfattar tiden kl. 05:00-06:00, 09:00-15:00 samt 18:00-24:00.

Högtrafik: Tider kl. 06:00-09:00 och 15:00-18:00 när det är som mest persontågstrafik, hög andel personer på plattformar och i stationsutrymmen. Låg andel godstrafik.

5.2.5 Transporter med farligt gods

Allmänt om farligt gods

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

I tabell 5.4 redovisas de olika klasserna samt typ av ämnen.

Tabell 5.4. Farligt gods indelat i olika klasser enligt RID-S /17/.

Klass	Ämne	Beskrivning
1	Explosiva ämnen och föremål	Omfattar fasta eller flytande ämnen som genom kemisk reaktion kan alstra gaser med sådan temperatur, sådant tryck och sådan hastighet att de kan skada omgivningen samt föremål som innehåller ett eller flera explosiva ämnen eller pyrotekniska ämnen. T.ex. Sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut, fyrverkerier etc. Klassen delas in i sex riskgrupper: 1.1 Risk för massexplosion 1.2 Risk för splitter och kaststycken men ej massexplosion 1.3 Risk för brand och mindre risk för tryckvåg, splitter och kaststycken men ej massexplosion 1.4 Obetydlig explosionsrisk vid antändning eller initiering under transport. Verkningar i stort sett begränsade till kollit och splitter förväntas ej i betydande storlek eller utbredning 1.5 Mycket okänsliga ämnen med risk för massexplosion men med mycket låg sannolikhet för initiering eller för övergång från brand till detonation 1.6 Extremt okänsliga föremål utan risk för massexplosion
2	Gaser	Omfattar rena gaser, gasblandningar och blandningar av en eller flera gaser. Gaser är ämnen som vid 50°C har ett ångtryck över 300 kPa eller är fullständigt gasformiga vid 20°C och normaltryck 101,3 kPa. T.ex. gasol, acetylen, klor, ammoniak, kväve etc. Klassen delas in i tre delklasser: 2.1 Brandfarliga gaser 2.2 Icke brandfarliga, icke giftiga gaser 2.3 Giftiga gaser
3	Brandfarliga vätskor	Omfattar vätskor som har en flampunkt på högst 60°C samt ett ångtryck på högst 300 kPa vid 50°C och inte är fullständigt gasformiga vid 20°C och normaltryck 101,3 kPa. T.ex. Bensin, diesel- och eldningsoljor, lösningsmedel och industrikemikalier.
4	Brandfarliga fasta ämnen m.m.	Omfattar brandfarliga ämnen och föremål, okänsliga explosivämnen, självreaktiva och självantändande ämnen samt ämnen som vid reaktion med vatten utvecklar brandfarliga gaser. T.ex. kiseljärn (metallpulver), karbid, vit fosfor etc.
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Omfattar ämnen som inte nödvändigtvis är brännbara, men som vid avgivande av syre kan orsaka brand eller underhålla brand hos andra ämnen samt organiska peroxider. T.ex. Natriumklorat, väteperoxider, kaliumklorat etc. Klassen delas in i två delklasser: 5.1 Oxiderande ämnen 5.2 Organiska peroxider

Klass	Ämne	Beskrivning
6	Giftiga ämnen m.m.	Omfattar ämnen som kan vara hälsoskadliga eller leda till döden hos människor genom inandning, hudabsorption eller förtäring av relativt små mängder samt smittförande ämnen. T.ex. Arsenik, bly- och kvicksilversalter, cyanider, bekämpningsmedel etc.
7	Radioaktiva ämnen	Omfattar ämnen som innehåller radionuklider med aktivitetskoncentration och totalaktivitet som överstiger värden enligt RID-S. T.ex. medicinska preparat. Transporteras vanligen i mycket små mängder.
8	Frätande ämnen	Omfattar ämnen som genom kemisk inverkan angriper vävnad i hud och slemhinnor som de kommer i kontakt med. T.ex. Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium, kaliumhydroxid (lut) etc.
9	Övriga farliga ämnen	Omfattar bl.a. ämnen och föremål som kan vara hälsofarliga vid inandning som fint damm, som vid brand kan bilda dioxider, som avger brandfarliga ångor, litiumbatterier, miljöfarliga ämnen. T.ex. Gödningsämnen, asbest etc.

Säkerhet vid transport av farligt gods

Internationella transporter av farligt gods på järnväg regleras genom RID (*Règlement concernant le transport international ferroviaire de marchandises Dangereuses*). RID är ett appendix till det internationella fördraget om järnvägstrafik (COTIF). Sverige är anslutna till RID som bland annat behandlar bestämmelser för klassificering, användning och konstruktion av förpackningar och tankar, lastning och lossning, transportskydd, rapportering av olyckor m.m. I Sverige tillämpar vi de internationella bestämmelserna även vid nationella järnvägstransporter av farligt gods. Bestämmelserna aktualiseras genom Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, RID-S /17/.

Framtida transporter av farligt gods på järnväg

Hur transportsituationen ser ut i framtiden beror på transportpolitik, kostnader samt lokalisering av verksamheter utmed järnvägen. Ur miljösynpunkt är järnvägstransporter ett bra alternativ och det kan därför antas att transporter på järnväg kommer att öka om kapaciteten för det är tillgänglig. I dagsläget är dock transporter på järnväg inom Europa inte optimalt på grund av bland annat olika typer av signalsystem, spänning, varierande spårbredd m.m. i de olika länderna.

I Trafikverkets scenarier (se bilaga E) har utvecklingen framåt i tiden beaktats.

Transporter med farligt gods genom planområdet

Av godstrafiken utgör en viss andel farlig gods. Andelen farligt gods har varierat över tid. Det finns dock ingen statistiskt heltäckande sammanställning över hur stora mängder som transporterats eller antalet transporter. Det råder också osäkerhet kring hur den framtida transportsituationen ser ut (se ovan). Osäkerheter i underlaget när det gäller farligt gods studeras vidare i känslighetsanalysen (se avsnitt 8).

Trafikverket har låtit utreda hur transportsituationen med farligt gods har sett ut de senaste fem åren samt undersökt hur framtida transporter kan komma att se ut⁶. Utifrån utredningen har Trafikverket tagit fram en prognos avseende antalet farligt godstransporter förbi Centralstationen. Detta redovisas i "Besluts-PM: Förutsättningar för godstrafik och transporter av farligt gods förbi Stockholms Centralstation" /18/. En reviderad prognos gällande fördelningen mellan farligt godsklasserna har erhållits av Trafikverket 2018-12-04 som utgår från den genomsnittliga fördelningen på sträckan genom Stockholms Centralstation för åren 2009-2016 /19/.

⁶ Utredningen är sekretessbelagd. Relevant underlag finns sammanställt i Bilaga E. Denna är sekretessbelagd på grund av innehållets känsliga art.

Prognosen tar höjd för bland annat en politisk inriktning med ökad andel transporter på järnväg, nya operatörer som vill köra tågtrafik på aktuell järnvägssträcka, belastning på andra delar av nätet samt omledning av trafik från andra järnvägssträckor. Prognosen innebär att 1 250 vagnar med farligt gods passerar genom planområdet varje år. Fördelning mellan farligt godsklasser har gjorts utifrån den genomsnittliga fördelningen på den aktuella järnvägssträckan för åren 2009-2016. Detta värde används som underlag i beräkningarna för prognosåret och bedöms av Trafikverket vara relevant både för nuläget och prognosår 2045.

I underlaget från Trafikverket redovisas även indata till en känslighetsanalys avseende mängden farligt gods, vilket innebär en dubblering av antalet farligt godsvagnar jämfört med antaget antal vagnar 2045. Även fördelningen mellan de olika farligt godsklasserna varierar i underlaget till känslighetsanalysen. Fördelning mellan farligt godsklasserna i känslighetsanalysen motsvarar rikssnittet från 2014. I tabell E.1 i bilaga E redovisas en sammanställning över andel och antal farligt godsvagnar på aktuell järnvägssträcka utifrån statistik.

Som underlag till beräkningarna kommer ett antal scenarier för respektive godsklass studeras. Valda scenarier utgår till stor del från praxis och omfattar generellt att relativt omfattande mängder av respektive ämne är involverat i en olycka. För vissa farligt godsklasser omfattar studerade scenarier betydligt större mängder inblandade i den enskilda olyckan än vad som statistiskt sett transporteras på järnväg förbi centralstationsområdet. I vissa fall motsvarar till och med de studerade mängderna flera års samlade transporter av det ämnet. De antaganden som utgör underlag till beräkningarna är därför i stora delar mycket konservativt antagna. Konservativa antaganden görs ofta i den här typen av analyser för att ta höjd för osäkerheter i metoder, beräkningsmodeller, statistisk och framtida förändringar.

6. Inledande analys

6.1 Inledning

Som ett första steg i analysen av identifierade riskkällor görs en inledande kvalitativ analys. Syftet med den kvalitativa analysen är att identifiera möjliga olyckshändelser, sälla bort de händelser som inte bedöms ha påverkan på risknivån och att därmed identifiera de olyckshändelser för vilka en fördjupad analys är nödvändig.

6.2 Identifiering av olycksrisker

Järnvägen genom planområdet har tidigare identifierats som enda riskkälla att beakta i samband med planarbetet. Möjliga risker kopplade till järnvägen som riskkälla är:

1. Järnvägsolycka (urspårning och sammanstötning)
2. Tågbrand
3. Olycka med farligt gods

För dessa händelser görs nedan en kvalitativ bedömning av deras påverkan på risknivån i området.

6.3 Kvalitativ uppskattning av risk

6.3.1 Järnvägsolycka (urspårning och sammanstötning)

Sannolikheten för att ett tåg ska spåra ur är hög jämfört med exempelvis en olycka med farligt gods. I de allra flesta fall hoppar dock bara ett hjulpar av rälen. Beroende på tågets hastighet och längd, rälsens kvalitet, förekomst av främmande föremål på spåret, omgivningens topografi etc. kan tåget spåra ur och hamna en bit bort från spåret. Det hamnar dock sällan mer än en vagnslängd (ca 25 meter) från spåret.

Urspårning utgör den mest sannolika olyckshändelsen kopplad till järnvägstrafik.

Sammanstötning kan ske med till följd av exempelvis främmande föremål på spåret, tunnelvägg eller plattform.

Hastigheten utmed den studerade sträckan är låg men förekomsten av växlar är stor, framför allt på den norra delsträckan av spårområdet. Vid passage av växlar ökar sannolikheten för att ett tåg ska spåra ur. Sammantaget bedöms därför sannolikheten för urspårning vara relativt hög på den aktuella sträckan. Bedömningen baseras på nationell olycksstatistik över inträffade järnvägsolyckor.

Överdäckningen kommer att omfatta ett plattformsrums där plattformar sträcker sig utmed i princip hela den överdäckade sträckan. Förekomsten av plattformar kommer att innebära yttre barriärer som styr ett urspårat tåg i färdriktningen. Vid aktuella hastigheter bedöms plattformarna ge ett bra skydd mot att ett urspårat tåg förflyttar sig i sidled och kommer att hålla tåget upprätt så att det inte välter.

Sannolikheten för urspårning påverkas inte i större utsträckning av om överdäckningen genomförs eller ej. Överdäckningen medför dock en positiv effekt avseende risken för urspårning genom det väderskydd den medför. Exempelvis så minskar sannolikheten för solkurvor samt is eller snö i växlar vilket kan orsaka urspårning. Ombyggnaden av själva spårområdet kommer också medföra en viss minskning av sannolikheten för urspårning till följd av exempelvis nya slipers och räler vilket innebär att sannolikheten för olycka bedöms vara något högre i nuläget än för planförslaget och nollalternativet. I och med den positiva påverkan på sannolikheten för urspårning till följd av överdäckningen kommer dessutom sannolikheten för urspårning vara något lägre för planförslaget än för nollalternativet.

Ett tåg som spårar ut inom planområdet kan skada plattformar, andra tåg eller spårnära konstruktioner. Spårnära konstruktioner kommer utföras med hänsyn till risken för urspårning, vilket minimerar risken för skada. Direkt skada till följd av en urspårning påverkar därför endast resenärer och tågpersonal som befinner sig i det olycksdrabbade tåget. Ett urspårat tåg kan också kollidera med andra tåg eller konstruktioner vilket kan medföra skador på personer på plattformar eller i tåg. Hur urspårning och sammanstötning påverkar resenärer och tågpersonal inne i tåg hanteras i *Säkerhetsanalysen /4/* och hanteras därför ej vidare i riskbedömningen av tekniska olycksrisker.

Med avseende på påverkan på tredje man inom det studerade området bedöms olycksrisken inte leda till några direkta skador och det anses därför inte nödvändigt att studera olycksrisken vidare i en fördjupad analys.

Urspårning och sammanstötning kan däremot utgöra starthändelser för de olycksrisker som beskrivs i avsnitt 6.3.2 och avsnitt 6.3.3. Olycksrisken kommer med avseende på detta därför studeras i en mer fördjupad analys med syfte att utgöra underlag till övriga olycksrisker. Se vidare avsnitt 7.

6.3.2 Tågbrand

Baserat på nationell olycksstatistik uppskattas sannolikheten för en tågbrand vara relativt hög på den aktuella sträckan. Både vid brand i persontåg och godståg så är det dock en övervägande andel av rapporterade bränder som utgör små bränder.

Konsekvenserna av en tågbrand är beroende av vilken tågtyp som brinner. Brand i ett godståg kan bli betydligt mer omfattande än brand i persontåg till följd av att de kan vara lastade med stora mängder brännbart material. Av samma orsak är sannolikheten för en stor brand dessutom större i ett godståg än ett persontåg.

Endast människor som vistas på plattformar eller i tåg bedöms påverkas direkt vid en brand. Påverkan mot dessa kan bli omfattande till följd av framför allt spridning av brandgaser. Med en överdäckning kommer påverkan bli större för de som vistas på plattformar och i tåg inom spårområdet eftersom brandgaserna då "stängs in". Det innebär att påverkan med planförslaget blir större än för nuläge och nollalternativ för personer som befinner sig i plattformsrummet.

Någon betydande risk för påverkan mot bebyggelse utanför planområdet eller ovanpå överdäckningen bedöms generellt inte föreligga om branden sker under överdäckningen eftersom överdäckningens konstruktion kommer att dimensioneras utifrån scenariot brand. Vid en långvarig och/eller mycket omfattande brand kan dock värmepåverkan försämra överdäckningens bärande förmåga vilket kan leda till skada på ovanförliggande bebyggelse. Byggnader med fasad som vetter mot spårområdet och som inte är utförda med hänsyn till risker från järnvägen kan påverkas i samband med en brand. En del av dem har uppförts med hänsyn till risken kopplade till järnvägstrafiken och har därför skydd i fasad och fönster, vilket minimerar risken för påverkan. Det gäller dock inte samtliga intilliggande byggnadsdelar. En tågbrand som inträffar precis utanför överdäckningen kan också påverka bebyggelsen närmast tunnelmynningen.

Tågbrand kan också likt urspårning utgöra starthändelse för de olycksrisker som beskrivs i avsnitt 6.3.3. Olycksrisken kommer därför studeras i en mer fördjupad analys för att utgöra underlag till övriga olycksrisker. Se vidare avsnitt 7.

6.3.3 Olycka med farligt gods

Som tidigare nämnts delas farligt gods in i nio olika klasser utifrån RID-S /17/.

I tabell 6.1 nedan görs en övergripande beskrivning av vilka ämnen som tillhör respektive klass och vilka konsekvenser en olycka med respektive ämne kan leda till. Beskrivningen av konsekvenser omfattar öppen spridning med en kommentar kring hur spridningen kan påverkas av om olyckan sker inneslutet, i exempelvis under en överdäckning eller i en tunnel.

Tabell 6.1. Konsekvensbeskrivning för olycka med respektive RID-klass.

Klass	Konsekvensbeskrivning
1. Explosiva ämnen	<p>Riskgrupp 1.1: Risk för massexplosion. Konsekvensområden kan vid stora mängder (≥ 2 ton) överstiga 50-200 meter. Begränsade områden vid mängder under 1 ton.</p> <p>Vid innesluten explosion sker spridningen främst genom tunnelmynningar och svagheter i konstruktionen. Riskområde kring tunnelmynningar omfattar även områden ovanpå tunneln.</p> <p>Riskgrupp 1.2-1.6: Ingen risk för massexplosion. Risk för splitter och kaststycken.</p> <p>Konsekvenserna normalt begränsade till närområdet, vilket huvudsakligen innebär möjlig påverkan på resenärer i tåg och på plattform.</p> <p>Redovisade skadeområden ovan avser öppet läge med fri utbredning. Byggnader, topografi etc. kommer att påverka skadeområdets storlek. Påverkan mot bebyggelse som ligger bakom annan bebyggelse blir betydligt mindre. En överdäckning innebär att skadeverkan koncentreras under överdäckningen samt vid tunnelmynningar, där påverkan kan bli större än vid explosion i öppet läge. Områden utmed själva överdäckningen kommer att skyddas där omfattningen av skyddet till stor del beror på överdäckningens konstruktion och dimensionerande last.</p>
2. Gaser	<p>Klass 2.1: Brännbar gas: jetflamma, gasmolnsexplosion, BLEVE. Konsekvensområden mellan ca 20-200 meter.</p> <p>Klass 2.2: Icke brännbar, icke giftig gas: Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan, vilket huvudsakligen innebär möjlig påverkan på resenärer i tåg och på plattform.</p> <p>Klass 2.3: Giftig gas: Giftigt gasmoln. Konsekvensområden över 100-tals meter.</p> <p>Redovisade skadeområden ovan avser öppet läge med fri utbredning. Byggnader, topografi etc. kommer att påverka skadeområdets storlek. Påverkan mot bebyggelse som ligger bakom annan bebyggelse blir betydligt mindre. Vid innesluten olycka, sker spridning av framför allt giftig gas, BLEVE och gasmolnsexplosion ut kring tunnelmynningarna. Även överdäckningens konstruktion kan påverkas av de tryck som uppstår även om de är betydligt lägre än vad som beskrivs för klass 1 och 5.</p>
3. Brandfarliga vätskor	<p>Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvensområden vanligtvis inte över 30-40 m. Mer koncentrerad påverkan vid olycka inuti tunnel p.g.a. att fri spridning av bland brandgaser och värmestrålning inte är möjligt utan koncentreras under överdäckningen.</p> <p>Överdäckningen innebär att omgivande bebyggelse utanför plattformsrummet inte exponeras förutsatt att överdäckningen dimensioneras för att hantera potentiella brandlaster. Om överdäckningen underdimensioneras kan påverkan ske även mot ovanförliggande bebyggelse.</p>
4. Brandfarliga fasta ämnen m.m.	<p>Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan, vilket huvudsakligen innebär möjlig påverkan på resenärer i tåg och på plattform.</p>
5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider	<p>Självantändning, explosionsartade brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentration $> 60\%$ eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material. Skadeområde ca 70 m radie.</p> <p>En överdäckning innebär att skadeverkan koncentreras under överdäckningen samt vid tunnelmynningar, där påverkan kan bli större än vid explosion i öppet läge. Områden utmed själva överdäckningen kommer att skyddas där omfattningen av skyddet till stor del beror på överdäckningens konstruktion och dimensionerande last.</p>
6. Giftiga ämnen	<p>Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet, vilket huvudsakligen innebär möjlig påverkan på resenärer i tåg och på plattform.</p>
7. Radioaktiva ämnen	<p>Utsläpp av radioaktivt ämne, kroniska effekter mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet, vilket huvudsakligen innebär möjlig påverkan på resenärer i tåg och på plattform.</p>
8. Frätande ämnen	<p>Utsläpp av frätande ämne. Konsekvenser begränsade till närområdet, vilket huvudsakligen innebär möjlig påverkan på resenärer i tåg och på plattform.</p>

Klass	Konsekvensbeskrivning
9. Övriga farliga ämnen	Utsläpp. Konsekvenser begränsade till närområdet. Möjlig påverkan omfattar huvudsakligen skada på miljön. Inga eller begränsade skador på människa.

Utifrån beskrivningen ovan bedöms det vara ämnen ur nedanstående klasser som kan innebära en påverkan utanför spårområdet och som därmed kan påverka bebyggelse och människor inom planområdet. En fördjupad analys av olycka med dessa ämnen kommer därför göras. Enligt tidigare studeras risk för resenärer och järnvägspersonal som vistas inom spårområdet (under överdäckningen) i en separat säkerhetsanalys /4/. Olycksrisker som enbart berör dessa personer och spårområdet kommer därför inte att studeras vidare i denna riskbedömning.

- 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

Konsekvenserna av olycka med övriga klasser innebär begränsade skadeområden och/eller begränsad risk för dödlig skada. Övriga scenarier kommer inte att medföra mer omfattande konsekvenser än urspårning och tågbrand. Exempelvis är en olycka med klass 4 "inkluderad" i scenariot brand i godståg som kommer att studeras vidare i den fördjupade analysen.

6.4 Olyckor utanför planområdet

En olycka som sker på det öppna spårområdet utanför överdäckningen kommer att få motsvarande konsekvenser för befintlig bebyggelse som en olycka i nuläget. Påverkan mot planområdet kan i princip likställas med påverkan på bebyggelse utmed öppet spår. Höjdskillnaden kommer dock inverka positivt på en del av olycksscenarierna, exempelvis jetflamma och pölbrand.

Överdäckningen kommer för vissa scenarier innebära ett ökat skydd för personer som vistas på tåg och i plattformar vid en olycka som sker utanför överdäckningen. Vissa scenarier kan dock leda till större konsekvenser än om planområdet inte däckas över. Det kan exempelvis vara gasspridning där en inneslutning av spårområdet kan leda till att gaser driver in över plattformar och inte späds ut lika snabbt som vid en olycka i det fria. Risknivån under överdäckningen analyseras i detalj i *Säkerhetsanalysen /4/*.

6.5 Effekter kring tunnelmynningar

Vid olycka under överdäckningen kommer överdäckningen för de flesta scenarier innebära att omgivningen påverkas i mindre utsträckning jämfört med nuläget då spåret är öppet och spridning till omgivningen är lättare. En del scenarier kan innebära att en ökad skadeverkan kring tunnelmynningar kan uppstå. Det gäller framför allt explosioner där överdäckningen står emot trycket och det därför kan uppstå ett större tryck runt tunnelmynningarna eller vid utsläpp av gaser och spridning av brandgaser.

6.6 Slutsats inledande analys

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

- Olycka vid transport av farligt gods
 - Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)
 - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
 - Utsläpp och antändning av brännbar vätska (klass 3)

- Olycka med klass 5 som leder till explosionsartat händelseförlopp

I den fördjupade analysen kommer enligt tidigare även olycksrisker kopplade till järnvägsolycka (urspårning och sammanstötning) med persontåg samt tågbrand att studeras. Dessa olycksrisker innebär i sig inte någon betydande påverkan på risknivån utanför spårområdet men utgör starthändelser till händelseförloppet när det gäller olycka med farligt gods.

Den fördjupade analysen av ovanstående olycksrisker redovisas i avsnitt 7.

7. Fördjupad analys

7.1 Allmänt

I den fördjupade analysen kvantifieras frekvensen för, samt konsekvenserna av de olycksrisker som i den inledande analysen identifierats kunna ha påverkan på risknivån inom planområdet utanför spårområdet och plattformsrummet. Olycksrisker som enbart påverkar spårområdet och plattformsrummet studeras enligt tidigare i en separat analys (Säkerhetsanalys av projekt Överdäckning av Stockholm Centralstation /4/).

Underlag till beräkningar, valda metoder samt beräkningarna i helhet redovisas i bilaga A (frekvens) och B (konsekvens). Beräkningar har utifrån frekvens- och konsekvensberäkningarna gjorts av individrisk och samhällsrisk, dessa redovisas i bilaga C.

I detta avsnitt redovisas förutsättningar inom planområdet och den planerade bebyggelsen (avsnitt 7.2), en sammanställning av vidtagna och planerade riskreducerande åtgärder (avsnitt 7.3) samt resultat och värdering av genomförda riskberäkningar (avsnitt 7.4-7.5). En redovisning görs även av de kumulativa effekterna (avsnitt 7.6).

7.2 Beräkningsförutsättningar

7.2.1 Plats för olycka

Som underlag till beräkningarna har en olycka antagits ske utmed den norra delen av spårområdet, mellan Klarabergsviadukten och Kungsbron. Orsaken till val av plats för respektive olycksscenario är att säkerställa att beräknad risknivå inte underskattas. Platsen för olycka har därför valts där olyckor bedöms få störst konsekvenser utifrån platsens förutsättningar, befintliga och planerade.

Ett mer utvecklat resonemang kring valet av olycksplats görs i bilaga E.

7.2.2 Personantal

Uppskattning av personantal inom planområdet (exklusive spårområde och plattformsrum) utgår från den presentation av planförslaget som redovisas i avsnitt 4.2.

Uppskattningen av personantal inom kringliggande områden utgår från en inventering av markanvändning inom ett avstånd av ca 300 meter från järnvägen. Avståndet utgår från maximalt skadeområde där människor bedöms kunna omkomma till följd av studerade olyckshändelser. Inventeringen har bland annat omfattat ytor för verksamheter, antal hotellrum, storlek på konferensanläggningar, ytor för restaurang och handel och besökare till bussterminal.

Utifrån informationen om ytor för olika verksamheter och antagna persontätheter (se bilaga B) har det potentiella maximala personantalet kunnat uppskattas, se avsnitt 2 i bilaga B. Med hänsyn till att olika markanvändning kommer att innebära olika personbelastning som funktion av bland annat tid på dygnet så har en övergripande bedömning dessutom gjorts av förväntat antal personer inom det studerade området vid olika tidsintervall.

7.2.3 Konstruktionsutformning

Befintlig bebyggelse

I detta avsnitt redovisas kortfattat förutsättningar avseende konstruktionslösning i befintliga byggnader i närområdet. En sammanställning görs i tabell 7.1. Beskrivningen utgör underlag för den bedömning av påverkan vid olycka som görs i bilaga B. Beskrivningen baseras på underlag erhållet av Tyréns /20/. Kompletterande information till tabell 7.1 redovisas i bilaga E. I figur 7.1 redovisas läge för de byggnader som redovisas i tabell 7.1.

Tabell 7.1. Konstruktionslösningar hos befintlig bebyggelse i närområdet.

Byggnad	Konstruktion
World Trade Center	Stomme med balkar och pelare i stål och bjälklag av prefabricerad betong. Stabiliseras med ramverkan.
Kungsbrohuset Västra Järnväggsgatan	Prefabricerad betong- och stålstomme med stabilisering i hiss och trapphus.
Waterfront	Grundläggning från Postterminalen Stockholm Klara finns kvar. Ny stomme uppe i kongresscenter. Nils Ericsson-plan bärs upp av prefabricerade pelare och platsgjutna väggskivor. Kördäck av platsgjuten betong över prefabricerade balkar. Konstruktionen i Nils Ericssons plan är original från Postterminalen Stockholm Klara.
Hus C <i>nuvarande stationsbyggnad</i>	Pålad grund med källare under plattformsnivå. Består av fyra huskroppar med rörelsefogar emellan. Stommen är av platsgjuten betong med korslagda balkar och fyrsidigt/enkelspända kontinuerligt upplagda plattor. Fasaden består av utfackningsväggar med murverk av 20 cm lättbetong i plan 1 som är delvis öppen i bottenvåningen.
Kungsbron	Betongbro som stöds av skivstöd.
Klarabergsviadukten	Uppbyggd av brodäck i betong som vilar på balkrost i stål. Pelarna som bär upp Klarabergsviadukten består av cirkulära pendelpelare i stål, igjutna med betong. Pelarens ytterdiameter är 400mm. Pelarna är grundlagda på pålfundament i betong och betongpålar.
Centralbron	Betongbro som stöds av skivstöd ihopgjutna med brodäcket.
Klarabergshuset	Platsgjuten betongstomme upp till plan 8 och stålstomme uppåt med prefabricerad betong. Stabiliseras med ramverkan och väggar upp till plan 8, och däröver diagonaler av stål.



Figur 7.1. Bebyggelse i anslutning till planområdet.

Planerad överdäckning

För den planerade överdäckningen har Tyréns gjort en konstruktionsutredning där preliminära lösningar redovisas /21/. Denna berör bland annat pelarplacering, bjälklag och grundläggning för den tänkta överdäckningen och ovanpåliggande bebyggelse. Konstruktionslösningen utgår från en tänkt dimensionerande explosionslast /26/. I beräkningarna studeras även andra dimensionerande laster.

Det finns många utmaningar med en så omfattande konstruktionslösning som en överdäckning av spårområdet vid Centralstationen innebär. Några av dessa är att Trafikverket vill ha en flexibilitet i spårplanen för eventuella framtida förändringar, anpassning till olycka med farligt gods, hänsyn till installationer och möjlighet att klara byggtiden med minimal störning på tågtrafiken. Även Trafikverkets krav på höjd över rälsöverkant (RÖK) utgör en viktig förutsättning.

En överdäckning kräver pelare för att bära överdäckningsbjälklag och byggnader ovan. När placeringar av pelare studeras bryts följande huvudsakliga krav ner:

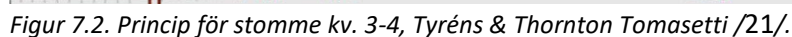
- Flexibilitet för framtida utveckling av stationsområdet
- Befintliga konstruktioner
- Fria mått i spårmiljö
- Fria mått på plattformar
- Krav Bana, El, Signal och Tele
- Siktlinjer för tågförare

Principen för överdäckningen har framförallt valts utifrån möjlighet för flexibilitet vid gestaltning av ovanliggande byggnader, möjliga pelarlägen, skydd av det primära bärverket och byggbarhet med minimalt antal stöd i spårområde.

Pelare i spårområdet måste utformas för att klara krav från laster från både överdäckningsbjälklag, byggnader, explosion och påkörning.

Överdäckningsbjälklaget är den konstruktion som skiljer av bangården från byggnader och gator ovan. Konstruktionen fungerar alltså dels som tak över spåren, golv i bottenplan på byggnader och som gata mellan byggnader. I underkant av överdäckningsbjälklaget ska bl.a. kontaktledningar, och installationer infästas.

I Norra facket planeras överdäckningsbjälklaget att utföras ihopkopplat med ovanliggande stomme och längre spännvidd mellan pelare (se figur 7.2). I södra facket ligger överdäckningsbjälklaget på balkar och spänner mellan plattformar. Det primära bärverket utförs utifrån olika principer beroende på förutsättningar i de olika kvarteren.



BFS
Konsekvensklass 3

TSD, TSFS
Säkerhetsklass 4

TK STHLM
(TSFS)

Eventuella element som ingår i det bärande systemet för däckat ingår i samma omfattning av kontroll som däckat

Nya delar av VJ-gatans däck enligt TSFS. Explosionslast hanteras i vägg.

Pelare dimensioneras som väsentlig bärförsked för angiven explosionslast

I delar av vägg (kontreförer) där last tas ner dimensioneras som väsentlig bärförsked för angiven explosionslast (Väggen ska oavsett bibehålla sin funktion efter olycka med expl.)

Däck över logistikytan fungerar som barriär, men kan troligen bli anorlunda mot däckat över spårområdet då det är skyddat av väggen.

- Figur 7.3. Krav kopplat till olika konstruktionsdelar.

7.3 Företsatta riskreducerande åtgärder

Det finns ett antal förutsättningar som är centrala för att kunna genomföra planförslaget och som utgör grund för planeringen av området och den framtida bebyggelsen. Vissa av dessa förutsättningar innebär en positiv påverkan på risknivån. I tabell 7.2 redovisas en viktig riskreducerande åtgärd som utgör en grundförutsättning för den tänkta konstruktionslösningen.

Åtgärden förutsätts vara vidtagen i genomförda beräkningar (se avsnitt 7.4).

Tabell 7.2. Åtgärder som utgör grundförutsättning för genomförda beräkningar.

Åtgärd	Kommentar
Konstruktionslösning: Överdäckningsbjälklag dimensioneras att klara lasterna från en massexplosion. Konstruktionslösningen innebär att ovanpåliggande byggnaders stabilitet bibehålls. Brandmotstånd	En förutsättning för analysen är att konstruktionslösningen klarar en viss explosionslast (se vidare i Bilaga E) samt att ovanförliggande bebyggelse konstrueras så att byggnadernas stabilitet bibehålls vid en explosion. Överdäckningen förutsätts utformas i enlighet med gällande regelverk (TRVINFRA, TSD Tunnelsäkerhet). Dimensionerande brandkrav har inte utretts i denna riskbedömning. I säkerhetskonceptet som tagits fram har dimensionerande brandkrav utretts.
Rutin: Tågklarare kan identifiera om ett olyckståg innehåller farligt gods.	Information kan enligt uppgift från Trafikverket erhållas inom några minuter.
Rutin: Brinnande godståg stannar inte under överdäckningen.	Rutinen innebär att vid en allvarlig olycka, exempelvis tågbrand, i ett godståg på väg in till Stockholms Central ska tåget stanna utanför överdäckningen eller om möjligt köra igenom överdäckningen och stanna i det fria. Detta skiljer sig från rutinen för brand i persontåg som innebär att tåget om möjligt ska fortsätta till närmaste station och där utrymmas. Utrymningssäkerheten från plattformsrummet beaktar risken att brinnande tåg (både persontåg och godståg) kan stanna under överdäckningen.
System: Branddetektionssystem i plattformsrummet	System för branddetektion finns i plattformsrummet.

Bebyggelse i anslutning till spårområdet, inklusive överdäckningen, förutsätts utföras enligt gällande regler om skydd mot mekanisk påverkan vid urspårning. Där plattformar förekommer mellan spår och konstruktioner fungerar de som skydd mot urspårning. Det gäller även pelare placerade på plattform. Plattformar finns utmed större delen av plattformsrummet.

7.4 Resultat av riskberäkningar

7.4.1 Individrisk

Nedan redovisas den beräknade risknivån avseende individrisk inom områden utmed studerad järnvägssträcka. Individrisken redovisas för tredje man inom stationsutrymmen och omgivning. Individrisken inom plattformsrummet redovisas i *Säkerhetsanalysen* /4/.

I avsnitt 2.5.1 beskrivs metodiken för beräkning av individrisk för tredje man inom kringliggande befintlig bebyggelse respektive för bebyggelse ovanpå planerad överdäckning. Individrisken för tredje man avser en fiktiv person som förväntas vistas på en specifik plats i oändlig tid.

Individrisken beräknas för en kontinuerlig närvaro inom det studerade området. Sammanvägningen av individrisken beaktar inte några korrigerande faktorer för exempelvis arbetare eller trafikanter. I verkligheten kan individrisken förväntas vara lägre inom exempelvis kontor och verksamheter till följd av att personer som vistas inom dessa verksamheter inte är där kontinuerligt.

I avsnitt 2.6.2 redovisas de acceptanskriterier som tillämpas vid värdering av individrisk. Kriterierna redovisas även i figur 7.3.

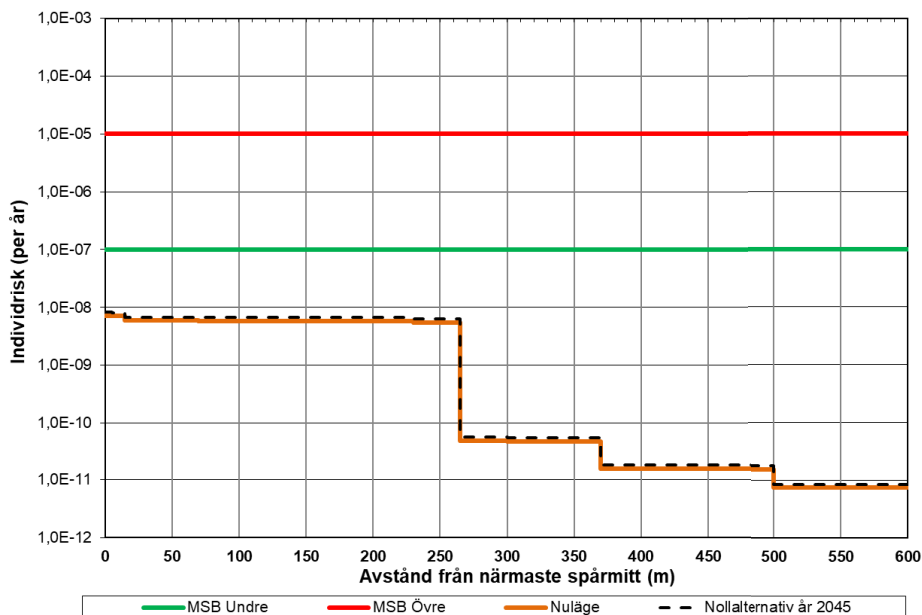
Detaljerade beräkningar redovisas i bilaga C.

Överdäckningsbjälklag och ovanpåliggande bebyggelse förutsätts vara dimensionerade utifrån förutsättning som redovisas i avsnitt 7.3.

Kringliggande bebyggelse

I figur 7.3 redovisas individrisken utmed järnvägen som en funktion av avståndet från närmaste spårmittpunkt. Individriskprofilen gäller för befintlig utformning av järnvägen, utan överdäckning, där skadeområdet kan spridas i princip fritt från olycksplatsen. Individrisken har beräknats för nuläget och nollalternativet. Diagrammet visar sannolikheten för en person att omkomma på ett visst avstånd från järnvägen. Observera att individriskprofilen endast avser olyckor förknippade med farligt gods. Ursparning med persontåg och godståg samt tågbrand är inte inkluderade i den beräknade individrisken. Detta eftersom de inte medför någon påverkan på risknivån ovan överdäckningen, dels med hänsyn till höjdskillnaden, dels med hänsyn till att bärande konstruktionsdelar utförs för att klara laster från ursparat tåg samt dimensionerande tågbrand.

När det gäller beräkning av individrisk för planförslaget så innebär den planerade överdäckningen att skadeområdet för flertalet olycksrisker med farligt gods innesluts och därför inte påverkar omgivningen. Detta innebär att individrisken reduceras och begränsas till närområdet utmed själva överdäckningen. Vid tunnelmynningarna råder dock andra förhållanden. Individrisken för planförslaget presenteras därför som en specifik maximal individrisk (ej som funktion av avståndet). Med anledning av detta så redovisas inte individrisken för planförslaget som en kurva i figur 7.3.



Figur 7.3. Individriskprofiler för kringliggande bebyggelse.

Nuläge och Nollalternativ år 2045. (Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

Ny bebyggelse ovanpå överdäckningen

För planförslaget genomförs beräkning av individrisken lite annorlunda eftersom den planerade överdäckningen innebär att risknivån är beroende av nivå (höjdskillnad) i förhållande till riskkällan snarare än avstånd. För personer som vistas ovanpå överdäckningen så beräknas den platsspecifika individrisken utifrån en summering av samtliga skadescenarier som förväntas kunna leda till att personer omkommer ovanpå överdäckningen. Detta är en överslagsräkning av individrisken eftersom det är flera scenarier som inte kommer att påverka hela överdäckningen, vilket innebär att motsvarande reduktion av bidraget till individrisken egentligen kan göras enligt beskrivning i avsnitt 3.1 i Bilaga C.

Genomförda beräkningar av individrisken (se bilaga C) resulterar i följande risknivåer:

Individrisk ovanpå överdäckningen: $1,08 \times 10^{-8}$ per år

Individrisk vid tunnelmynningar: $1,90 \times 10^{-8}$ per år

7.4.2 Samhällsrisk

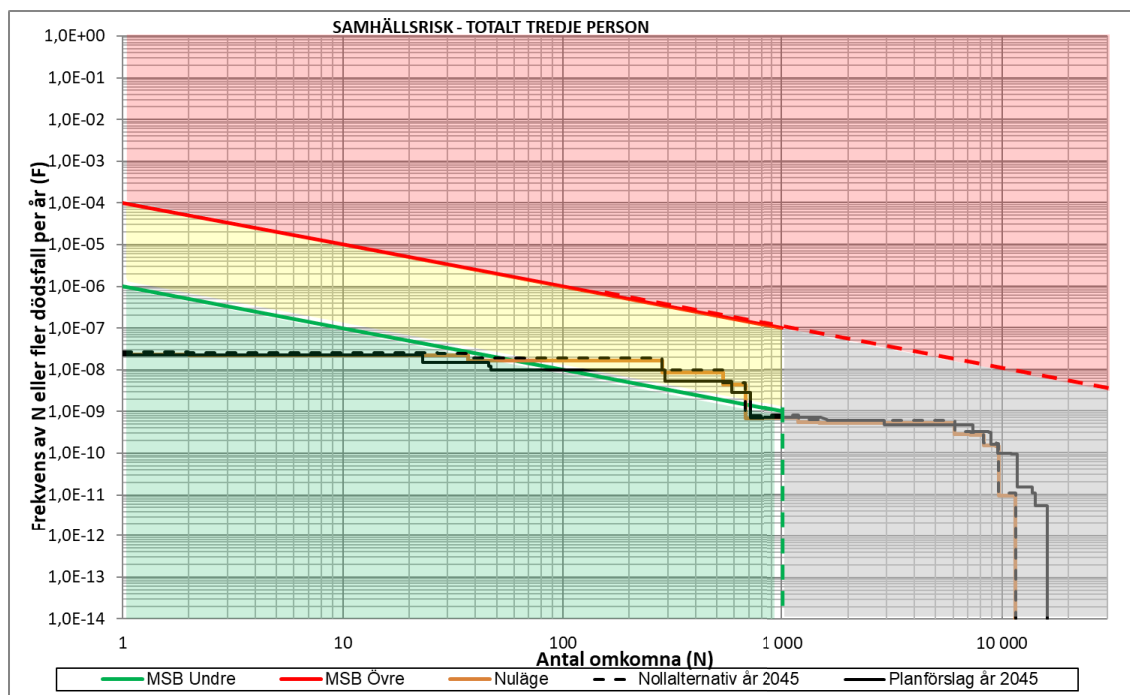
I figur 7.4 redovisas den beräknade samhällsrisk för planområdet och dess omgivning. Beräkningarna omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse inom ca 300 meter från spårområdet vid Stockholms Centralstation. I avsnitt 2.6.2 redovisas de acceptanskriterier som tillämpas vid värdering av samhällsrisk. Kriterierna redovisas även i figur 7.4.

I diagrammen redovisas samhällsrisk för nuläget, nollalternativet och planförslaget.

Samhällsrisk redovisas som frekvensen per år för N, eller fler än N, antal omkomna.

I bilaga C redovisas även samhällsrisknivån uppdelat på olika geografiska platser som stationsutrymmen, omgivande bebyggelse samt ovanpåliggande bebyggelse.

Överdäckningsbjälklag och ovanpåliggande bebyggelse förutsätts vara dimensionerade utifrån förutsättning som redovisas i avsnitt 7.3.



Figur 7.4. F/N-kurva som redovisar **samhällsrisknivån** för tredje man (stationsutrymmen exkl. plattformsrummet, bebyggelse (planerad och befintlig) samt obebyggda ytor) med avseende på olycksrisker förknippade med järnvägen.

7.5 Värdering av risk

I detta avsnitt görs en värdering av beräknade risknivåer avseende individrisk och samhällsrisk. Värderingen görs utifrån de acceptanskriterier och den bedömningsgrund som redovisas i avsnitt 2.6.

I bilaga C redovisas fler riskkurvor än vad som redovisas ovan. Samtliga riskkurvor ligger till grund för nedan redovisade riskvärdering.

7.5.1 Individrisk

Kringliggande bebyggelse (C)

Utifrån figur 7.3 går det att utläsa att individrisken inom kringliggande bebyggelse (utanför planområdet) är mindre än 10^{-8} per år. Det innebär att risknivån är acceptabel jämfört med tillämpade värderingskriterier. Skillnaden mellan Nuläge och Nollalternativ 2045 är mycket liten där nollalternativet innebär en något högre risknivå.

Det studerade planförslaget har en kraftigt positiv påverkan på individrisken för omgivande bebyggelse. Överdäckningen medför att skadeområdet för flertalet olycksrisker med farligt gods innesluts och därför inte påverkar omgivningen, vilket medför att individrisken reduceras jämfört med nuläget och nollalternativet. Överdäckningen medför dessutom att det inte kommer att vistas några personer (utanför plattformsrummet) i det fria i direkt anslutning till riskkällan. Planförslaget medför att individrisken inom omgivande bebyggelse (både befintlig och ny bebyggelse) huvudsakligen påverkas av olycka med explosiva ämnen (klass 1) och oxiderande ämnen (klass 5). Planförslaget innebär en kraftig sänkning av riskbidraget från olycka med brännbara och giftiga gaser (klass 2) för omgivande bebyggelse.

Ny bebyggelse ovanpå överdäckningen (A)

Individrisknivån för planförslaget är något högre än 10^{-8} per år men ligger helt på acceptabel nivå. Risknivån avser en individ som vistas kontinuerligt inom planområdet. Individrisken för planförslaget ovanpå överdäckningen är jämförbar med individrisken för kringliggande bebyggelse för nuläget och nollalternativet. Individrisken för ny bebyggelse ovanpå överdäckningen hamnar därmed på acceptabla risknivåer, d.v.s. under ALARP.

Själva överdäckningen innebär i sig ett bra skydd mot de flesta olyckor och reducerar enligt ovan individrisken för kringliggande områden. De olyckor som påverkar risknivån ovanpå överdäckningen är huvudsakligen de som leder till explosion med klass 1 eller 5. Frekvensen för dessa olycksrisker är mycket låg, vilket medför ett mycket litet bidrag till individrisken. Påverkan kan även ske för bebyggelse invid tunnelmynningarna vid olycka som leder till tågbrand, gasmolnsexplosion, BLEVE och utsläpp av giftig gas. För att en tågbrand ska medföra påverkan på bebyggelse ovanpå överdäckningen behöver tåget som brinner vara ute i det fria i direkt anslutning till tunnelmynningarna.

Slutsats

För ny bebyggelse ovanpå överdäckningen samt för kringliggande bebyggelse ligger individrisken på en acceptabel nivå.

Detta innebär att nivån för individrisk inte föranleder behov av riskreducerande åtgärder utöver de som förutsätts i avsnitt 7.3.

7.5.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk har beräknats för nuläget, nollalternativet samt planförslaget och omfattar kringliggande bebyggelse, ny bebyggelse ovanpå överdäckningen samt stationsutrymmen (se figur 7.5). Risknivån för samtliga alternativ är mycket likartad och ligger på acceptabla nivåer för färre än 60 omkomna. I området mellan 60 och 1 000 omkomna överstiger risknivån den direkt acceptabla nivån och ligger inom det område som benämns ALARP. För risker som ligger inom detta område behöver behovet av åtgärder utredas. För mellan 800 och 9 000 omkomna ligger risknivån plant för att sedan sjunka. Risknivån ligger inte i någon del på acceptabel nivå.

Vid jämförelse med nuläge och nollalternativ så kan det konstateras att planförslaget innebär en något lägre risknivå än både nuläge och nollalternativ för konsekvensintervallet 20-500 omkomna. För 500-5 000 omkomna ligger risknivån för planförslaget i nivå med risknivån för nuläge och nollalternativ. För över 5 000 omkomna ligger risknivån för planförslaget något över risknivån för nuläget och nollalternativet. Orsaken till detta är att de allra största olycksscenarierna kan innebära mycket stora skador både inom planområdet och inom kringliggande bebyggelse samtidigt som planförslaget innebär en ökad personbelastning inom planområdet jämfört med nuläge och nollalternativ. Den nivån omfattar frekvenser lägre än 5×10^{-11} per år.

Det kan konstateras att själva överdäckningen i sig innebär ett bra skydd mot de flesta olyckor och innebär en kraftig reduktion av konsekvenserna för kringliggande områden. De olycksscenarier som påverkar risknivån så att den hamnar inom ALARP samt leder till fler än 1 000 omkomna är framför allt explosion med klass 1 och 5.

Avseende stationsutrymmen och omgivande bebyggelse (planerad och befintlig) samt obebyggda ytor innebär planförslaget en begränsad påverkan på samhällsrisk jämfört med nuläge och nollalternativ. För flera av olycksscenarierna så medför planförslaget en reduktion av konsekvenserna inom kringliggande områden, vilket i sin tur innebär att risknivån för planförslaget är lägre än för nollalternativet. Planförslaget innebär generellt en likvärdig eller lägre risknivå än nollalternativet, undantaget för fler än 10 000 omkomna.

Slutsats

Den beräknade samhällsrisk visar att risknivån är låg, men att den varken är acceptabel eller oacceptabel jämfört med de värderingskriterier för samhällsrisk som redovisas i Stockholms stads bedömningsgrund (se avsnitt 2.6).

Inom konsekvensintervallet färre än 1 000 omkomna så ligger samhällsriskens delvis inom den nedre delen av ALARP. Det innebär att de åtgärder som är rimliga och möjliga ska vidtas.

Utifrån genomförda beräkningar konstateras att det finns scenarier med konsekvenser på fler än 1 000 omkomna. Inom konsekvensintervallet fler än 1 000 omkomna så ligger samhällsriskens på en nivå som, enligt Stockholms stads bedömningsgrund (se avsnitt 2.6) innebär att en barriäranalys ska genomföras, vilket också gjorts /10/. En sammanfattning av slutsatserna i barriäranalysen redovisas i avsnitt 9.

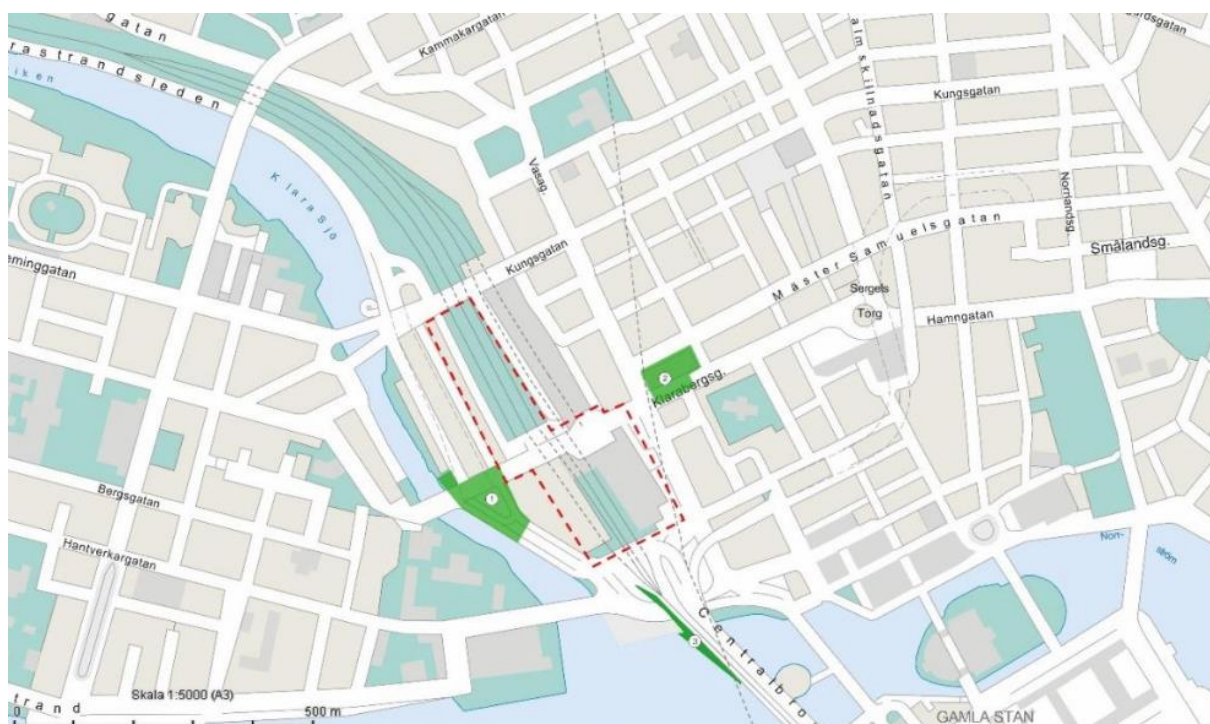
I bilaga D redovisas en utredning av möjliga åtgärder för att hantera den del av risknivån som omfattar olycksscenarier som förväntas leda till färre än 1 000 omkomna. I barriäranalysen redovisas en analys av möjliga barriärer för att hantera olycksscenarier som potentiellt kan leda till fler än 1 000 omkomna.

7.6 Kumulativa effekter

Kumulativa effekter innebär samverkan mellan olika effekter inom samma projekt eller mellan olika projekt. Här används kumulativa effekter för att beskriva om det finns andra pågående planer eller projekt som i samverkan med föreslagen markanvändning för Centralstationsområdet kan medföra andra effekter än de som den enskilda planen medför.

Angränsande projekt som skulle kunna medföra kumulativa effekter redovisas nedan.

- Norrmalm 4:41. Planens syfte är att möjliggöra för tillkommande kontorsarbetsplatser, bostäder, centrumanvändning och handel. Vidare syftar planen till att förbättra vistelsevärdena i närområdet samt att förbättra kopplingar mellan Tegelbacken, Klarabergsviadukten och strandpromenaden längs med Klara sjö. Planen innebär arbeten i den befintliga vägstrukturen för Klarastrandsleden och dess vägnät. Påfarten till Centralbron från Klarabergsviadukten kommer att behöva flyttas österut, parallellt med Stockholm Waterfront. Start-PM beslutat).
- Orgelpipan 7. Planförslaget möjliggör en påbyggnad med en kontorsvåning och en ombyggnad av befintlig teknikvåning till kontorsvåning på befintlig byggnad. Planförslaget medger kontor, centrum och hotell. Planen antogs 2023.
- Norrmalm 4:1. Planförslaget syftar till att möjliggöra en permanent breddning av Norra järnvägsbron över Tegelbacken och Klara Mälarstrand. Detaljplanen vann laga kraft 2022.



Figur 7.5. Pågående detaljplaner som ingår som förutsättningar för bedömning av kumulativa effekter. Nr 1: Normalm 4:41, nr 2: Orgelpipan 7 och nr 3: Normalm 4:1. Planområdet för Centralstationsområdet är markerat med en streckad röd linje. (Källa: Stadsbyggnadskontoret, Stockholms stad).

Pågående planarbeten i omgivningen innebär inte att någon ytterligare riskkälla tillförs området som kan påverka risknivån. De medför dock att persontätheten i området ökar vilket innebär att fler människor kan komma att påverkas vid en olycka på järnvägen. Den fördjupade riskanalysen beaktar pågående planarbeten med hänsyn till dessa aspekter, både för nollalternativ och planförslag år 2045. Enligt genomförda beräkningar, där en olycka antas ske inom aktuellt planområde, blir påverkan mot angränsande planprojekt mycket begränsad.

Samtidigt innebär också planförslaget att skyddet mot närområdet ökar vid samtliga olyckor på järnvägen.

Den kumulativa effekten av planförslaget och omgivande planer bedöms utifrån ovanstående vara försumbar.

8. Känslighetsanalys

8.1 Allmänt

Som indata i bedömningar och beräkningar erfordras värden på eller information om bland annat utformning, trafikflöden, olycksstatistik, förväntade personantal samt hur olika ämnen beter sig. Normalt krävs ett relativt stort antal antaganden i den här typen av riskbedömning. Det beror till stor del på att den studerade typen av olyckshändelser sällan inträffar och att kunskap kring händelseförlopp och omgivningspåverkan är begränsad eller saknas. Det finns även begränsningar i de metoder som används. För att ta hänsyn till de osäkerheter som förenklingar och antaganden innebär används över lag konservativa uppskattningar, både i frekvens- och konsekvensberäkningarna. Med konservativa uppskattningar avses i detta fall att antaganden görs för att vara på den säkra sidan.

Den beräknade risknivån som redovisas i avsnitt 7 ska, med hänsyn till osäkerheterna inte ses som absolut. Den utgör dock ett riktvärde och visar en ungefärlig nivå på risken i området.

Med syfte att belysa osäkerheterna i analysen har en genomgång av de mest osäkra parametrarna (indata) gjorts. För de parametrar som bedöms ha störst påverkan på risknivån, framför allt avseende samhällsrisk, har en känslighetsanalys genomförts. Denna redovisas i bilaga C.

Känslighetsanalysen är tänkt att i första hand belysa robustheten i de metoder som används i riskbedömningen. Genom att variera särskilt osäkra parametrar fås en bild av hur samhällsrisknivån påverkas vid olika värden på indata. Om något värde skulle visa sig påverka risknivån väldigt mycket och den parametern samtidigt bedöms vara osäker kan känslighetsanalysen komma att ligga till grund för riskvärdering och beslut om åtgärder.

Osäkra parametrar kan vara både sådana som innebär att ett högre värde behöver studeras, t ex när det gäller trafikering, men det kan också innebära att ett värde kan vara konservativt och att ett lägre värde behöver studeras i känslighetsanalysen. Detta gäller exempelvis sannolikheten för explosionsartat brandförlopp med oxiderande ämne (klass 5).

I tabell C.1 i bilaga C (samt i tabell 8.1 nedan) redovisas samtliga parametrar som ingår i känslighetsanalysen. Totalt har fjorton olika parametrar studerats i arton olika känslighetsanalyser. Känslighetsanalysen innebär att dessa parametrar har varierats, ökats eller minskats, och dess påverkan på samhällsrisknivån beräknats.

8.2 Resultat av känslighetsanalys

Resultatet av beräknade samhällsrisknivåer utifrån variation av studerade parametrar redovisas i figur C.6-C.21 i bilaga C.

I tabell 8.1 redovisas samtliga studerade parametrar samt en kortfattad redovisning av påverkan på risknivån variation i dessa parametrar har. För mer information kring hur valda parametrar varierats hänvisas till bilaga C.

Tabell 8.1. Studerade parametrars effekt på samhällsrisknivån.

Nr	Parameter	Kommentar
01	Olycksfrekvens brand i godståg	En dubbling ger relativt stor påverkan på den totala risknivån. Dock innebär det inte att risknivån hamnar på oacceptabel nivå.
02	Olycksfrekvens för urspårning med godståg	Olycksfrekvens för urspårning med godståg ger nästan ingen påverkan på den totala risknivån vilket dels beror på en relativt begränsad ökning av olyckskvoten, dels på det stora bidraget från olycka till följd av brand i godståg.
03	Olycksfrekvensen för urspårning med godståg	Jämförelse mellan olika metoder, UIC och VTI. Olycksfrekvens för urspårning med godståg enligt VTI ger stor påverkan på den totala risknivån eftersom olyckskvoten enligt VTI är mycket högre än studerad indata. Den kraftigt ökade olyckskvoten ger huvudsakligen stor påverkan på samhällsrisknivån för > 1 000 omkomna. Dock innebär det inte att risknivån hamnar på oacceptabel nivå.
04	Fördelning mellan trafikeringsscenario för samtliga olyckshändelser med godståg (inkl. farligt gods)	En fjärdedel av andelen fall med olycka i lågtrafik respektive normaltrafik – kväll och samtidigt en ökning av andelen fall med olycka vid normaltrafik – dag respektive högtrafik ger marginell påverkan på risknivån.
05.1	Farligt godstransporter - Antal fago-vagnar/år - Fördelning fago-klasser - Genomsnittligt antal godsvagnar per godståg	En dubbling av antalet farligt gods tillsammans med fördelning mellan farligt gods-klasser som motsvarar rikssnittet samt ett genomsnittligt antal godsvagnar per godståg som motsvarar rikssnittet ger framförallt en ökning av risknivån i konsekvensintervallet < 1 000 omkomna. Dock innebär det inte att risknivån hamnar på oacceptabel nivå. Den relativt begränsade ökningen beror på att känslighetsanalysen inte påverkar den totala frekvensen för olycka med godståg samt att justeringarna medför en marginell förändring av hur stor andel av godsvagnar som utgör farligt gods (en dubbling av antalet farligt gods men samtidigt nära en dubbling av antal godsvagnar per godståg).
05.2	Farligt godstransporter - Antal fago-vagnar/år - Fördelning fago-klasser - Genomsnittligt antal godsvagnar per godståg	Kompletterande känslighetsanalys för att pröva hur stor påverkan denna parameter har på resultatet. En ökning av antalet farligt godsvagnar med faktor 10 tillsammans med fördelning mellan farligt gods-klasser utifrån lokala förhållanden har stor påverkan på risknivån generellt. Även vid en orimligt kraftig ökning av antalet farligt godsvagnar på den aktuella sträckan innebär det dock inte att risknivån hamnar på oacceptabel nivå.
06	Sannolikhet för explosionsartat brandförlopp vid olycka med klass 5 - Utan blandning med bränsle, givet brandspridning till last - Med blandning med bränsle, givet förbränning	Denna parameter har stor påverkan på risknivån för > 100 omkomna. Även vid en mycket kraftig ökning av sannolikhet för explosion innebär det inte att risknivån hamnar på oacceptabel nivå.
07	Sannolikhet för utsläpp av farligt gods givet järnvägsolycka med farligt godsvagn.	Denna parameter har begränsad påverkan på risknivån vid < 1 000 omkomna, men stor påverkan vid > 1 000 omkomna. Orsaken till ökningen är främst kopplad till olycka med klass 5. Observera att varken olycka med klass 1 eller BLEVE med klass 2.1 är kopplade till sannolikheten för utsläpp. Även vid en kraftig ökning av sannolikhet för utsläpp innebär det inte att risknivån hamnar på oacceptabel nivå.
08	Bebyggelse ovanpå överdäckning	En ökad andel hotell har en marginell påverkan på risknivån vid < 5 000 omkomna. Risknivån för >5 000 omkomna minskar eftersom en ökad andel hotell medför ett lägre maximalt antal personantal samt lägre personantal under normaltrafik och högtrafik då övrig bebyggelse är högt belastad. Detta innebär också att den största konsekvensen minskar.

Nr	Parameter	Kommentar
09	Beläggning inom planerad ny bebyggelse (exkl. stationsutrymmen)	<p>En lägre beläggning inom ny bebyggelse ovanpå överdäckningen har en marginell påverkan på risknivån vid < 10 000 omkomna.</p> <p>Riskenivån för >10 000 omkomna minskar eftersom konsekvenserna av de värsta olycksscenarierna är beroende av totalt personantal. Detta innebär också att den största konsekvensen minskar.</p>
10.1	Andel av alla farligt godsolyckor som inträffar under överdäckningen	<p>En lägre andel av alla farligt godsolyckor som inträffar under överdäckningen har en marginell påverkan på risknivån vid < 100 omkomna. För 100-1 000 omkomna innebär ändringen en något högre samhällsrisk (det dominerande riskbidraget beror på skadescenarier som sker i det fria). För > 1 000 omkomna innebär ändringen en lägre samhällsrisk eftersom det dominerande riskbidraget beror på skadescenarier som sker under överdäckningen.</p>
10.2	Andel av alla farligt godsolyckor som inträffar under överdäckningen	<p>En lägre andel av alla farligt godsolyckor som inträffar under överdäckningen har en marginell påverkan på risknivån vid < 100 omkomna. För 100-1 000 omkomna innebär ändringen en mindre samhällsrisk och för > 1 000 omkomna innebär ändringen en högre samhällsrisk.</p> <p>Även vid en mycket stor ökning av sannolikhet för olycka under överdäckningen innebär det inte att risknivån hamnar på oacceptabel nivå.</p>
11	Sannolikhet för massexplosion	<p>Denna parameter har begränsad påverkan på risknivån. Det krävs en mycket stor ökning av sannolikheten för massexplosion till följd av järnvägsolycka eller godstågsbrand för att samhällsrisken ska påverkas och då främst vid > 1 000 omkomna.</p> <p>Även vid en mycket stor ökning av sannolikhet för explosion innebär det inte att risknivån hamnar på oacceptabel nivå.</p>
12	Sannolikhet för stor gasmolnexplosion och BLEVE	<p>Denna parameter har påverkan på risknivån vid < 1 000 omkomna. Det krävs dock en mycket stor ökning av sannolikheten för stor gasmolnexplosion respektive BLEVE för att samhällsrisken ska påverkas i någon större omfattning.</p> <p>Även vid en mycket stor ökning av sannolikhet för stor gasmolnexplosion respektive BLEVE innebär det inte att samhällsrisken för tredje person hamnar på oacceptabel nivå.</p>
13	Skadeverkan överdäckning stor gasmolnexplosion och BLEVE	<p>Denna parameter har begränsad påverkan på samhällsrisken. Det krävs en mycket omfattande skadeverkan för stor gasmolnexplosion respektive BLEVE för att samhällsrisken ska påverkas i större omfattning.</p>
14	Beläggning inom planerad ny och kringliggande bebyggelse (exkl. stationsutrymmen)	<p>En lägre beläggning inom det studerade området har marginell påverkan på risknivån vid < 1 000 omkomna. Orsaken till den begränsade påverkan är främst ett dominerande bidrag till konsekvenserna från stationsutrymmen som ej varierar i känslighetsanalysen.</p> <p>Riskenivån för >1 000 omkomna minskar eftersom konsekvenserna av de värsta olycksscenarierna är kraftigt beroende av totalt personantal. Detta innebär också att den största konsekvensen minskar.</p>
15	Beläggning inom stationsutrymmen (befintliga och nya)	<p>Känslighetsanalys för att pröva hur stor påverkan denna parameter har på resultatet. En ökning av antalet personer inom stationsutrymmen med faktor 5 har stor påverkan på risknivån, i synnerhet för > 1 000 omkomna.</p> <p>Även vid en orimligt kraftig ökning av beläggningen inom stationsutrymmen (personantalet i känslighetsanalysen ger en icke tillåten trängsel inom stationsutrymmen) innebär det inte att risknivån hamnar på oacceptabel nivå.</p>

Nr	Parameter	Kommentar
16	Skadescenarier vid olycka med klass 5	Mindre laddningsvikter för explosionsscenarier med klass 5 innebär stor påverkan på risknivån för 3 000 – 20 000 omkomna. Frekvensen för den största konsekvensen minskar kraftigt med hänsyn till det stora bidraget från aktuella skadescenarier.
17	Skadescenarier vid olycka med klass 1	En mer nyanserad fördelning av olika explosionsscenarier innebär en mycket liten förändring av samhällsrisk. Orsaken till detta är att transporter av klass 1 utgör en mycket liten andel av det totala antalet farligt godstransporter och innebär därmed ett mycket begränsat riskbidrag trots omfattande konsekvenser.
18	Farligt godstransporter - Antal fago-vagnar/år - Fördelning fago-klasser - Genomsnittligt antal godsvagnar per godståg + Sannolikhet för explosionsartat brandförlopp vid olycka med klass 5 - Utan blandning med bränsle, givet brandspridning till last - Med blandning med bränsle, givet förbränning + Sannolikhet för stor gasmolnsexplosion och BLEVE - Gasmolnsexpl - BLEVE + Beläggning inom stationsutrymmen (befintliga och nya)	<p>Mycket kraftiga öknings av antalet farligt godsvagnar på den aktuella sträckan (x faktor 10) tillsammans med stora ökning av antagen sannolikhet för explosionsartade brandförlopp vid olycka med klass 5 (x faktor 5), sannolikhet för gasmolnsexplosion (x faktor 70) och BLEVE (x faktor 2,7) vid olycka med klass 2.1 samt en extremt hög generell ökning av förväntad beläggning inom stationsutrymmen (x faktor 5) skulle tillsammans innebära att samhällsrisk tangerar det övre acceptanskriterier.</p> <p>Känslighetsanalysen påvisar att det krävs en mycket stor ökning av ett flertal parametrar för att risknivån ska hamna på oacceptabel nivå. KA05.2 och KA15 utgör känslighetsanalyser där orimliga extremvärden antas.</p>

Känslighetsanalysen visar att det är mycket få parametrar som vid en ändring skulle få den totala samhällsrisk att hamna på en oacceptabel risknivå.

Den enda parameter som skulle kunna få risken att betraktas som oacceptabel är en mycket stor ökning av sannolikheten för att en järnvägsolycka med klass 5 leder till ett explosionsartat brandförlopp där explosionslasten motsvarar en extremt omfattande masseexplosion. Det är många felfaktorer som ska inträffa samtidigt för att en olycka med klass 5 ska leda till detta katastrofscenario. I Bilaga A redovisas bland annat gällande förutsättningar kring regelverk för transporter av dessa ämnen där särskilda åtgärder ska vidtas för att minimera sannolikheten för en olycka. De antaganden kring sannolikheten för explosionsartat brandförlopp som görs i Bilaga A bedöms vara konservativa med hänsyn till osäkerheter kring dessa parametrar. Att sannolikheten för dessa faktorer skulle vara så väsentligt mycket högre bedöms inte vara rimligt då det med hänsyn till mängden transporter av klass 5 som sker skulle visa sig tydligare i olycksstatistiken. Samtidigt bör det beaktas att detta är kopplat till mycket konservativa antaganden där studerade skadescenarier vid olycka med klass 5 antas motsvara extremt omfattande explosionslaster.

Merparten av de känslighetsanalyser som genomförts påvisar att studerade parametrar har begränsad påverkan på risknivån. Med hänsyn till den begränsade påverkan så är bedömningen att kombinationer av dessa känslighetsanalyser inte kommer påvisa sådan omfattande påverkan på risknivån som innebär att samhällsriskerna hamnar på en oacceptabel risknivå. En kombination av flera känslighetsanalyser där det antas extremvärden av olika parametrar skulle kunna få samhällsriskerna att tangera det övre acceptanskriteriet. Detta inkluderar bland annat en mycket stor ökning av sannolikheten för att järnvägsolycka med klass 5 leder till ett explosionsartat brandförlopp. Dessutom skulle det krävas en extremt stor ökning av farligt godstransporter (totalt eller åtminstone klass 2.1 och/eller klass 5) samt mycket höga personantal inom de mest utsatta delarna av planerad bebyggelse (stationsutrymmen). Att sannolikheten för dessa faktorer samt att förutsättningar för antal farligt godstransporter och personantal skulle vara så väsentligt mycket högre bedöms inte vara rimligt.

9. Säkerhetshöjande åtgärder

9.1 Allmänt

Olycksrisker som kan påverka planområdet utreds enligt avsnitt 1.3 i olika utredningar. I denna analys utreds det som benämns tekniska olycksrisker. I *Risk- och sårbarhetsanalysen* studeras andra typer av olycksrisker, exempelvis naturkatastrofer, antagonistiska hot och liknande. Även behovet av åtgärder utreds. I *Säkerhetsanalysen* utreds tekniska olycksrisker men med fokus på påverkan inom plattformsrummet. I utredningen görs en bedömning och värdering av risknivån, huruvida den är acceptabel eller inte. Om risknivån inte bedöms vara acceptabel behöver åtgärder vidtas för att reducera risknivån. Behovet av åtgärder studeras separat i respektive utredning. En sammanställning av det övergripande behovet görs i *PM Olycksrisk*.

I detta avsnitt redovisas de åtgärder som bedömts nödvändiga utifrån den fördjupade analys som genomförts inom ramen för *Riskbedömning tekniska olycksrisker*. Enligt den fördjupade analysen (se avsnitt 7) bedöms samhällsrisknivån inom det studerade planområdet inte innebära oacceptabla risknivåer. Risknivån hamnar dock i vissa delar inom ALARP samt i vissa delar inom det konsekvensintervall där fler än 1 000 människor omkommer. Det innebär att riskreducerande åtgärder ska utredas. För risknivåer inom ALARP ska åtgärdernas omfattning beakta vilket bidrag till risknivån som respektive olycksrisk innebär. I bilaga D redovisas därför ett resonemang kring behovet av åtgärder som syftar till att reducera risknivån inom ALARP för färre än 1 000 omkomna.

För de scenarier som leder till fler än 1 000 omkomna har en separat utredning av möjliga barriärer genomförts i enlighet med Stockholms stads bedömningsgrund (se avsnitt 2.6.3). Utredningen redovisas i ett separat dokument, *Barriäranalys /10/*. Utredningen är ett resultat av den fördjupade analysen i avsnitt 7 men utgör ett separat dokument. En sammanfattning av barriäranalysen görs i avsnitt 9.3 nedan. Utredningen resulterar i ett antal barriärer som bedömts nödvändiga att genomföra för att scenarier som kan leda till fler än 1 000 omkomna ska anses vara tillräckligt hanterade.

I avsnitt 9.4 redovisas ett förslag på ett kombinerat paket med åtgärder och barriärer som bedömts vara nödvändigt för att uppnå en tolerabel risknivå inom området. Paketet omfattar enligt ovanstående enbart det åtgärdsförslag som bedöms nödvändigt med hänsyn till tekniska olycksrisker. För eventuella andra åtgärder hänvisas till *Risk- och sårbarhetsanalysen* samt *Säkerhetsanalysen /4/*.

9.2 Åtgärder utifrån risknivån i konsekvensintervallet < 1 000 omkomna

De åtgärder som redovisas i detta avsnitt har utretts inom ramen för *Riskbedömning tekniska olycksrisker*.

Utifrån genomförda beräkningar kan det konstateras att bidraget till samhällsrisknivån från olycksrisker med transporter av farligt gods generellt är litet. När det gäller samhällsrisknivån inom omgivande bebyggelse utanför planområdet (ej ny bebyggelse ovanpå överdäckningen) så medför olycka med klass 5 (oxiderande ämnen och organiska peroxider) störst påverkan på risknivån.

I bilaga C redovisas ett flertal identifierade åtgärdsalternativ samt hur dessa åtgärdsalternativ kan påverka samhällsrisknivån för planförslaget.

I bilaga D i denna utredning redovisas ett resonemang om behovet av åtgärder som bedöms nödvändiga för att hantera scenarier som leder till färre än 1 000 omkomna och som påverkar risknivån så att den hamnar inom ALARP. Dessa scenarier är huvudsakligen kopplade till olyckor med gaser. Följande åtgärder har bedömts rimliga att vidta för att reducera risken kopplade till olyckor med brännbara och giftiga gaser:

- *Ytor utomhus* i anslutning till tunnelmynningar inom 20 meter ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Det innebär bland annat att torgytor, uteserveringar, parkområden etc. ska undvikas inom detta område. Ytorna kan exempelvis upptas av infrastruktur.
- *Byggnader som ligger i anslutning till tunnelmynningar* inom 30 respektive 50 meter (kontor respektive hotell, handel) ska utföras så att utrymning från byggnaderna är möjlig mot en trygg sida med goda möjligheter att fortsätta utrymningen bort från överdäckningen.
- *Ventilationsintag* på byggnader i anslutning till tunnelmynningar och ventilationsschakt som används för brandgasventilation ska placeras bort från dessa eller på byggnadernas tak. Detta gäller inom 30 meter för kontor respektive 50 meter för hotell, handel etc.
- *Fasader* som är exponerade mot den öppna delen av spårområdet ska utföras i obrännbart material alternativt i material som förhindrar vidare brandspridning i minst 30 minuter (konstruktion motsvarande lägst brandteknisk klass EI 30 som utförs i ytskiktssklass B-s1,d0 anbringat på material i klass A2-s1,d0 (obrännbart material) eller på beklädnad i klass K₂10/B-s1,d0 (tändskyddande beklädnad)). Fönster i dessa fasader ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Detta gäller exponerade fasader inom 30 meter (kontor) respektive 50 meter (hotell, handel etc.).
- *Byggnader ovanpå och direkt intill överdäckningen* bör uppföras med hänsyn till risken för explosion. Planerat utförande (se tabell 7.2) innebär att överdäckningen utförs så att laster vid en explosion inte överförs till ovanpåliggande byggnader. Om överdäckningens konstruktionslösning ändras kan behov av att vidta åtgärder i byggnaderna föreligga.

9.3 Åtgärder utifrån risknivån i konsekvensintervallet > 1 000 omkomna (katastrofscenarier)

För att uppfylla den av Stockholms stad framtagna bedömningsgrunden (se avsnitt 2.6.3) som ger vägledning till hur risknivåer med fler än 1 000 omkomna (s.k. katastrofscenarier) ska hanteras har en barriäranalys genomförts /10/. Analysen utgör en komplettering till *Riskbedömning tekniska olycksrisker*.

Fokus i barriäranalysen är att identifiera och värdera barriärer som kan reducera sannolikheten för, eller konsekvensen av, katastrofscenarier. I avsnitt 8 framgår att det är scenarier som leder till explosion med ämnen i klass 1.1 eller 5 som kan leda till katastrofala konsekvenser (fler än 1 000 omkomna) ovan överdäckningen. Det är således barriärer som kan minska påverkan på risknivån från dessa scenarier som barriäranalysen har utrett.

Som grund till analysen ligger ett arbete med identifiering av potentiella barriärer. Identifiering har genomförts av en arbetsgrupp bestående av representanter från Stockholms stad, Jernhusen, Trafikverket samt konsulter från Structor, WSP och Brandskyddslaget. Totalt identifierades ca 40 barriärer som översiktligt analyserades utifrån möjlig påverkan på säkerheten ovan locket och reducerande effekt på katastrofscenarier. Av de identifierade barriärerna kunde ett antal sorteras bort utifrån att de inte medför någon eller endast liten effekt på aktuella katastrofscenarier. Dessa barriärer bedöms inte heller i kombination med andra åtgärder påverka skadeutfallet i så stor utsträckning att de behöver vidtas för att en tolerabel säkerhet ska uppnås. Några barriärer har också sorterats bort efter vidare diskussion och utredning i vilken det konstaterats att de inte är praktiskt genomförbara eller inte ger önskad riskreducerande effekt. De aktuella barriärerna redovisas i avsnitt 9.3.1 nedan.

9.3.1 Avfärdade barriärer

I *Barriäranalysen* konstateras att ett antal barriärer som kan ha stor effekt på risknivån ovan överdäckningen av olika anledningar inte är möjliga att genomföra. Bakgrunden till varför de inte är genomförbara redovisas i *Barriäranalysen*, en kort sammanfattning görs även nedan.

- **Restriktioner av trafik med farligt gods:** Trafikverket har utrett möjligheten att införa förbud och/eller restriktioner. Deras slutsats är att det inte är möjligt att införa förbud mot en viss typ av transporter. När det gäller restriktioner avseende tid och begränsning av godstrafik till vissa spår anger Trafikverket att det krävs synnerligen starka skäl för att ytterligare begränsningar av godstrafiken ska tillämpas. WSP har gjort en översyn över aktuell lagstiftning och gör bedömningen att för det aktuella projektet kan det finnas möjlighet för restriktioner för godstrafik inklusive farligt gods, men att det är en fråga som kan ta lång tid att få ett slutligt beslut kring och att utgången är oviss. Frågan kommer därför inte hanteras vidare inom ramen för aktuellt detaljplaneprojekt.
Som underlag till barriäranalys och analys av tekniska olycksrisker kommer det utifrån ovanstående förutsättas att inga restriktioner eller begränsningar införs för tågtrafiken förbi Stockholms Centralstation.
- **Hastighetsbegränsning:** Underlag kring hastigheter inom spårområdet och angränsande områden har erhållits av Trafikverket som en förutsättning för projektet. Sänkt hastighet kommer att påverka kapaciteten på banan vilket medför att även riksintresset för kommunikation kommer att påverkas. Något specifikt ställningstagande avseende möjligheten till hastighetssänkning inom bangårdsområdet har inte erhållits av Trafikverket.
- **Skyddskrav på godsvagnar:** Utformningen av godsvagnar följer krav i gällande lagstiftning. Om särskilda krav ska införas förbi centralstationsområdet kommer det att begränsa godstrafiken samt påverka riksintresset för kommunikation. Vagnar som inte klarar kraven måste köra en annan väg och resurser avsätts för att kontrollera att kraven uppfylls. Möjligheten genomföra barriären bedöms därmed vara begränsad.
- **Tät avskiljningsvägg mot WTC:** Med den nya spårplanen är det möjligt att uppföra en vägg mot WTC. Den enda möjliga placeringen innebär att fem genomfartsspår kommer att hamna på "fel" sida av väggen. Det innebär således att godstrafik kan förekomma på sidan mot WTC. Om en explosion sker på fel sida av väggen kommer konsekvenserna för WTC bli större än om ingen vägg uppförs. Effekten av barriären blir därför inte tillfredsställande.

9.3.2 Rekommenderade barriärer

För de barriärer som inte avfärdats har en bedömning gjorts av om de är väsentliga ("kritiska") med avseende på att reducera risk kopplat till katastrofscenarier. Med *väsentlig* barriär avses i *Bedömningsgrunden* de barriärer som uppfyller minst två av följande kriterier:

- har en hög tillförlitlighet
- har en stor påverkan på riskbilden
- är möjlig att genomföra.

Nedan redovisas de barriärer som i *Barriäranalysen* /10/ bedömts vara väsentliga. För en utförligare beskrivning av barriärerna hänvisas till *Barriäranalysen*.

- **Överdäckningens dimensionerande last:** Den last som överdäckningen dimensioneras för kan ha stor påverkan på risknivån ovanför överdäckningen. Hur stor påverkan blir beror av den mängd som kan förväntas explodera samt vilken last som konstruktionen dimensionerats att klara. Rent tekniskt så går det att utföra överdäckningens konstruktion så att den klarar mycket stora laster. Det är dock inte möjligt att utforma konstruktionerna för att klara extrema laster.
- **Begränsa exploateringen ovan överdäckningen:** Genom att begränsa exploateringen och därmed persontätheten ovan överdäckningen kommer skadeutfallet vid katastrofscenarier reduceras. Kostnaden av att uppföra en överdäckning är omfattande och en viss exploatering krävs för att projektet ska bli ekonomiskt genomförbart. Det medför att ur risksynpunkt så möjliggör en lägre dimensionerande last behov av en mindre omfattande exploatering.
- **Typ av markanvändning ovan överdäckning:** Även val av markanvändning påverkar persontätheten ovan överdäckningen. Den påverkar också vid vilka tider persontätheten kan förväntas vara hög respektive låg. En stor andel av godstågen passerar nattetid vilket innebär att det är positivt med en låg persontäthet denna tid på dygnet. Det innebär, att även om persontätheten i hotell är låg i förhållande till exempelvis kontor, så kommer de som bor där att utsättas för något högre individrisk än de som vistas inom planområdet dagtid. Generellt accepteras även en högre risknivå för kontor än för verksamheter där det förekommer sovande personer, bland annat kopplat till att människor i kontor är vakna och snabbare kan uppfatta fara och sätta sig själva i säkerhet. Det ska dock observeras att boende i hotell inte utsätts för en oacceptabel individrisknivå. Påverkan på samhällsrisk av den begränsade andel hotell som planförslaget innebär är försumbar.
- **Utrymning från bebyggelse och allmän platsmark ovanpå överdäckningen, stationsutrymmen och intilliggande bebyggelse:** Genom att planera allmänna platser, gångstråk och infrastruktur på ett sätt som möjliggör en effektiv utrymning från verksamheter i anslutning till, ovanpå och under överdäckningen kan personer evakueras från området i händelse av olycka. Att utforma ytor utomhus med hänsyn till möjliga personflöden ger framför allt effekt vid långsamma händelseförlopp.
- **Beredskapsfunktion:** genom att ha en samordnande funktion med samlad kunskap om möjliga risker i kombination med genomarbetade rutiner för utrymning och larm kan olyckor hanteras utifrån rätt förutsättningar, utrymning genomförs effektivt samt kommunikation och samarbete med räddningstjänsten optimeras. Det kan leda till att skadeutfallet vid en olyckshändelse kan reduceras.

Det har även identifierats barriärer som inte bedömts vara väsentliga med hänsyn till katastrofscenarier men som har en riskreducerande effekt och således bidrar till att sänka risknivån i området. Två av de barriärer som inte bedömts vara väsentliga med avseende på deras effekt på katastrofscenarier men som ändå har bedömts ha stor betydelse för säkerheten i området är:

- **Fast släcksystem** har stor effekt på säkerheten i plattformsrummet samt kan vara nödvändigt med avseende på räddningstjänstens insatsmöjlighet. Ett släcksystem kan medföra att händelseförlopp fördröjs så att områden både under och ovan överdäckningen kan evakuera innan kritiska förhållanden uppstår. Införandet av ett fast släcksystem har bedömts ha en så pass stor påverkan på risknivån även utanför plattformsrummet att det bedöms relevant att införa.
- **Rutin för hur utrymning av station, intilliggande bebyggelse samt omgivande markområden ska ske** bedöms också vara relevant för att uppnå en effektiv utrymning av området under, ovanpå och intill överdäckningen. Rutinen bör vara kommunicerad och övad med fastighetsägare och verksamheter i omgivningen samt med blåljusmyndigheter. Det ska finnas en tydlig larmorganisation där alla är införstådda med möjliga risker (inbegriper fler risker än tekniska olycksrisker, t.ex. antagonistiska hot). Barriären kan ingå i den beredskapsfunktion som föreslås som barriär avseende katastrofscenarier.

En vidare utredning av rimligheten av att vidta identifierade barriärer och åtgärder har genomförts (se bilaga C). En sammanfattning av denna utredning görs nedan.

9.4 Övergripande kostnad-/nyttoanalys

9.4.1 Allmänt

Att samhällsrisknivån hamnar inom ALARP innebär att riskerna anses vara så stora att de noga måste beaktas och rimliga åtgärder ska vidtas för att sänka riskerna. Värderingskriteriet för risker inom ALARP-området utgör, enligt Stockholms stad bedömningsgrund, utgångspunkt för vilka barriärer som ska beaktas även avseende risker med katastrofpotential.

För att värdera studerade åtgärders rimlighet har därför en kostnads-/nyttoanalys genomförts som jämför kostnaden av åtgärden med den förväntade nyttan (riskreducerande effekt). I bilaga C redovisas använd metodik och underlag samt resultatet från kostnads-/nyttoanalysen. En kompletterande känslighetsanalys har även genomförts.

9.4.2 Utförande

Det saknas i nuläget vedertagna värden på olika indataparametrar som krävs för att göra en komplett analys avseende nyttan av åtgärders effekt på risknivån för tredje person. Detta är till stor del beroende av att det inte finns några definierade riskvärderingar per dödsfall eller skadade för tredje person. För att göra en övergripande bedömning av åtgärdernas nytta så kommer riskvärderingar att utgå från olycksvärdering för vägtrafikolyckor enligt Trafikverkets "Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn", ASEK 8.0 /22/.

ASEK 8.0 är utvecklad i första hand för att värdera vägtrafikolyckor, vilket generellt omfattar konsekvenser begränsade till ett fåtal omkomna eller skadade. ASEK omfattar inte riskvärderingar för järnvägsolyckor, med undantag för riskvärdering av plankorsningsolyckor där värderingarna för vägtrafikolyckor är relevanta att använda vid beräkning av olyckseffekter för vägtrafikanter. I tidigare säkerhetsanalyser för bl.a. järnvägstunnlar har dock kostnads-/nyttoanalys av åtgärder gjorts utifrån motsvarande riskvärderingar för vägtrafikolyckor enligt ASEK 7.0 även för större konsekvenser.

Med hänsyn till ursprunget till ASEK 8.0 ska riskvärderingar för vägtrafik endast användas som approximation i analyser för tredje person. För att inte underskatta riskvärderingarna kopplat till att ASEK 7.0 avser transportsektorn istället för tredje person, samt för att ta hänsyn till den grundläggande värderingsprincipen om undvikande av katastrofer, så ansätts en känslighetsfaktor **10** som appliceras på samtliga riskvärderingar enligt ASEK 8.0.

Värderingen av åtgärder för att reducera risker inom ALARP (As Low As Reasonably Practicable) utifrån ett kostnads-/nyttoperspektiv görs enligt ASEK 8.0 /genom att subtrahera kostnaden av åtgärden från dess förväntade nytta. En åtgärd som bedöms vara rimligt genomförbar (Reasonably Practicable) att vidta utifrån kostnads-/nyttoperspektiv får då ett värde som är > 0 medan en åtgärd som ej bedöms vara rimligt att vidta får ett värde som är negativt.

Ovanstående tillvägagångssätt ger ett mycket grovt underlag för beslut om åtgärder ska genomföras eller inte. I Räddningsverkets rapport "Värdering av Risk" /6/ lyfts problematiken kring att basera beslut om att avfärda riskreducerande åtgärder på grund av att de är marginellt mer kostsamma än nyttan som de kan åstadkomma. För att undvika denna problematik rekommenderas därför att riskreducerande åtgärder bör genomföras såvida inte deras kostnader är helt oproportionerliga (grossly disproportionate) i förhållande till kostnaderna av olyckorna som reduceras. Angreppssättet med en grad av "oproportionerlighet" (grossly disproportionate factor = GDF) tillämpas inom ett flertal områden och länder (se exempel i bl.a. /23/ och /24/).

Värderingen av om åtgärder är rimligt genomförbara görs då utifrån att kostnaden divideras med nyttan för att få kvoten mellan dessa två parametrar. För att en åtgärd ej ska bedömas vara rimligt genomförbar (Reasonably Practicable) ska denna kvot då vara $> 1 \times \text{GDF}$.

Det finns inga riktlinjer, varken nationellt eller internationellt, kring vad som är en acceptabel nivå för GDF, d.v.s. graden av "oproportionerlighet". Normalt så bestäms GDF av var inom ALARP som risken ligger, där GDF kan anses få vara låg om risken är låg (ligger nära den undre gränsen i ett riskvärderingskriterium), men bör öka när risken är hög (ligger nära den övre gränsen i ett riskvärderingskriterium) /6/. Att tillämpa GDF som är större än 10 är relativt ovanligt. Inom kärnkraftsindustrin i Storbritannien ansätts exempelvis en faktor 10 som det högsta värdet där kostnaden för en åtgärd fortfarande kan anses vara rimlig i förhållande till åtgärdens nytta /25/. Högre nivåer på GDF kan ibland tillämpas vid höga risknivåer inom andra verksamhetsområden.

Med hänsyn till beräknad risknivå samt den övergripande riskvärderingsprincipen om att förhindra katastrofala risker så ansätter Brandskyddslaget en grad av "oproportionerlighet" på **GDF = 100** vid den fortsatta värderingen av studerade åtgärder.

9.4.3 Resultat

Kostnadsuppskattningar har endast erhållits för två barriärer för övriga åtgärder och barriärer har en kvalitativ uppskattning gjorts. Resultatet av kostnads-/nyttoanalysen redovisas i avsnitt 6.6 i bilaga C och innebär att följande barriärer bedöms rimliga att genomföra:

- Fast släcksystem
- Utrymning av bebyggelse m.m.
- Beredskapsfunktion

Studerade åtgärder avseende överdäckningens dimensionerande last är utifrån kostnads-/nyttoanalysen inte rimliga att genomföra.

Till följd av att genomförd kostnads-/nyttoanalys inte visar vilken dimensionerande explosionslast som är rimlig samt att projektet anser att barriären är väsentlig har Stockholms stad tagit fram ett PM som visar stadens inriktning i frågan /26/. Syftet med dokumentet är utgöra underlag för inriktningsbeslut och förankring mellan parterna i projektet avseende utformningen av barriären *Dimensionerande explosionslast för överdäcknings-konstruktionen*. I dokumentet studeras barriären ur ett bredare perspektiv där följande aspekter har vägts in:

1. Barriärens riskreducerande effekt
2. Barriärens kostnad i förhållande till effekt
3. Krav och principer i tillämpliga regelverk
4. Föreslagna designprinciper som använts hittills i projektet
5. Praxis och erfarenhet från andra projekt

Stadens slutsats är att ett högre krav än baskravet (baserat på TRVINFRA) bör tillämpas. Rekommendationen är att alternativ DL 1 utgör en lämplig förutsättning för dimensionerande last av överdäckningens konstruktion.

De detaljer kring dimensionerande explosionslaster omfattas av krav på sekretess och kan därför inte redovisas specifikt i detta dokument.

9.5 Sammanvägt barriärförslag

Utifrån genomförd riskbedömning av tekniska olycksrisker, barriäranalys och genomgång av möjliga åtgärder har ett antal åtgärder och barriärer konstaterats vara väsentliga, rimliga och tillräckliga att genomföra.

Observera att nedanstående åtgärdsförslag är en slutsats utifrån genomförd Riskbedömning tekniska olycksrisker. Det slutliga beslutet om vilka åtgärder som anses rimliga att vidta tas av Stockholms stad.

Tabell 9.1. Barriärförslag. I de två sista kolumnerna redovisas var barriären vidtas samt var den får effekt. Benämningen A, B och C utgår från figur 2.4 och innebär följande: A=ovan överdäckningen, B=under överdäckningen/plattformsrummet, C=intill överdäckningen.

Barriär	Kommentar	Var vidtas åtgärden	Var får åtgärden effekt
Dimensionering av överdäckningen med hänsyn till explosionslast ⁷	Överdäckningens konstruktionslösning utförs med hänsyn till en given explosionslast.	A/B	A, C
Begränsa exploatering ovan överdäckning	Studerat planförslag har utformats med hänsyn tagen till att en begränsad exploatering är lämplig ur riskhänsyn genom att begränsa volymerna. Det innebär att planförslaget genom sin utformning har tagit hänsyn till denna barriär.	A	A

⁷ Eftersom den dimensionerande lasten är känslig information redovisas valda laster i bilaga E. Se även ett utökat resonemang i bilaga C.

Barriär	Kommentar	Var vidtas åtgärden	Var får åtgärden effekt
Markanvändning ovan överdäckningen	Studerat planförslag har anpassats med hänsyn till risk genom att minska andelen människor nattetid samt att inga stora publika lokaler utöver station planeras inom området. Det innebär att planförslaget genom sin utformning har tagit hänsyn till denna barriär.	A	A
Utrymning av bebyggelse, stationsutrymmen och allmän platsmark (rutin och utformning)	Utformning av allmän platsmark behöver göras med hänsyn tagen till möjliga personflöden i samband med en krissituation så att utrymning bort från området kan ske på ett tillfredsställande sätt. Det behövs även upprättas rutiner för hur utrymning av området ska ske för att få en effektiv evakuering av området i händelse av olycka.	A, B	A, B, C
Beredskapsfunktion	Beredskapsfunktionen bedöms vara viktig för att tillbud och olyckor ska hanteras på ett optimalt sätt utifrån platsens förutsättningar och identifierade risker.	-	A, B, C
Fast släcksystem i plattformsrummet	Genom att installera ett fast släcksystem i plattformsrummet minskar risken för brandspridning samt ökar möjligheten till trygg utrymning och säker insats för räddningstjänsten.	B	A, B, C
Skyddsavstånd till ytor med stadigvarande vistelse	Genom att införa skyddsavstånd till ytor där oskyddade människor vistas mer stadigvarande kring tunnelmynningar kan skadeutfallet minska vid en olycka med kortare skadeområden.	A	A

Barriär	Kommentar	Var vidtas åtgärden	Var får åtgärden effekt
Byggnadstekniska åtgärder i byggnader nära tunnelmynningar inom planområdet: <ul style="list-style-type: none"> • Utrymning mot trygg sida • Friskluftsintag mot trygg sida/på tak • Brandkrav i fasader 	Åtgärder i byggnader invid tunnelmynningar innebär att sannolikheten för att människor hinner utrymma exponerade byggnader innan kritiska förhållanden hinner uppstå.	A	A

I det fortsatta planarbetet är det viktigt att dessa åtgärder beaktas och hanteras på ett sådant sätt att de säkerställs för framtiden. Detta kan exempelvis göras genom att formulera åtgärderna som planbestämmelser eller säkerställa dem via avtal.

10. Bedömning av säkerhet

I detta avsnitt görs en bedömning av om tillfredsställande barriärer kan säkerställas samt om risknivån med barriärerna kan tolereras. Både en relativ och en absolut värdering av risknivån görs i enlighet med tillämpad bedömningsgrund.

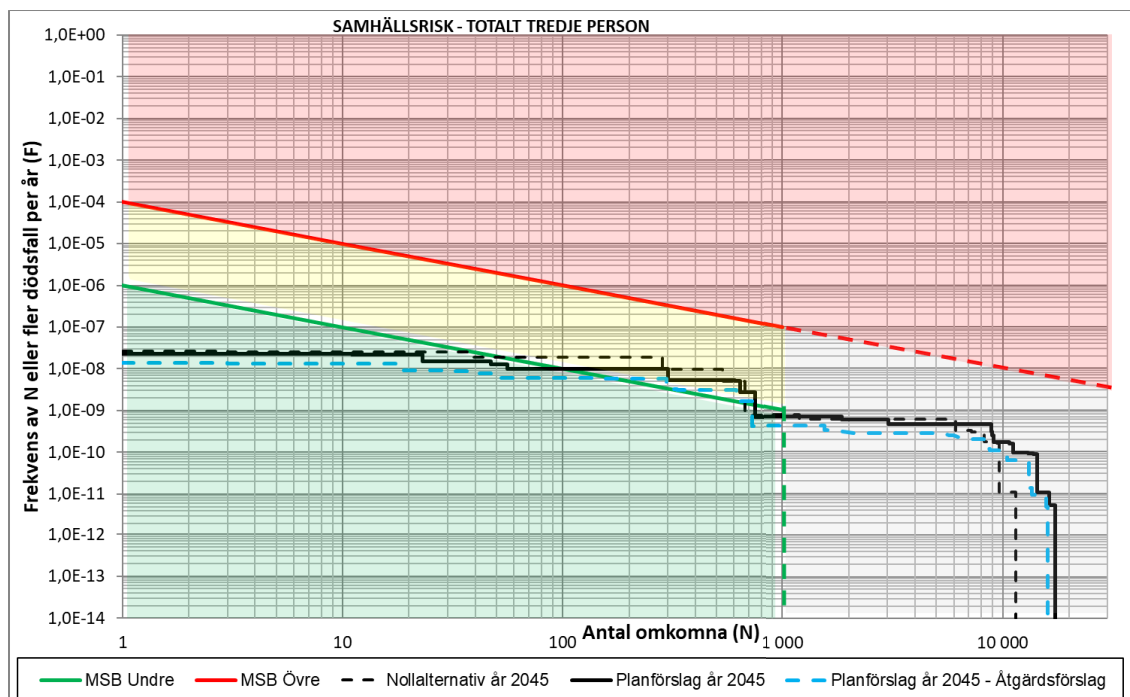
Med relativ värdering avses att planförslaget jämförs med nuläget och nollalternativet.

Den absoluta värderingen utgår från den beräknade risknivån för bebyggelse inom planområdet (ovan överdäckningen) samt intill planområdet. Risknivån värderas mot de acceptanskriterier som redovisas i Stockholms stads bedömningsgrund (se avsnitt 2.6.3).

Föreslagna barriärer som ingår i nedanstående värdering redovisas i avsnitt 9.4.

10.1 Relativ värdering av risk

I figur 10.1 redovisas samhällsrisknivån för planförslaget, nuläget och nollalternativet. Beräkningarna redovisas med förslag på barriärer enligt tabell 9.1. Beräkningarna utgår från beräknade risknivåer i *Riskbedömning tekniska olycksrisker* med justering för antagna barriärer, se utökad redovisning i bilaga C.



Figur 10.1. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för tredje man (stationsutrymmen exkl. plattformsrums, bebyggelse (planerad och befintlig) samt obebyggda ytor) med avseende på olycksrisker förknippade med järnvägen – med föreslagna åtgärdsalternativ.

Utifrån beräknade risknivåer med föreslagna åtgärder konstateras att åtgärderna medför en sänkning av risknivån

10.2 Absolut värdering av risk

Enligt redovisade risknivåer i figur 10.1 konstateras att risknivån för planförslaget förhåller sig till den bedömningsgrund som redovisas i avsnitt 2.6.3 på så sätt att risknivån med antagna barriärer i stora delar ligger på acceptabel nivå.

I Stockholms stads bedömningsgrund anges att den absoluta värderingen även ska besvara fyra frågor. Dessa frågor inklusive svar redovisas i tabell 10.1.

Tabell 10.1. Aspekter att beakta i den absoluta värderingen.

Finns tekniskt och ekonomiska genomförbara barriärer som ger påvisbar riskreducerande effekt? <i>Barriärerna bör åtminstone bidra till att minska risken inom de delar av planområdet där risknivån konstateras öka eller tillkommer.</i>
Ja
Är barriärerna tillförlitliga och välfungerande i samverkan med varandra?
Ja, barriärerna är tillförlitliga och väl fungerande. För att hantering av en krissituation ska fungera optimalt krävs en beredskap för denna typ av händelse. Det inbegriper bland annat rutiner för utrymning, insats, larm etc. samt ett nära samarbete med räddningstjänsten.
Är det möjligt att upprätthålla barriärsystemet över tid?
Ja, i stora delar. Rutin och larmorganisation för att säkerställa en snabb och effektiv utrymning av området kan dock vara svår att reglera inom detaljplaneprocessen och därigenom säkerställa över tid. En fortsatt samverkan mellan parterna på platsen och förtydligande kring vilka andra lagrum och eller överenskommelser som kan säkerställa funktionen över tid bedöms vara fullt möjlig.
Är de olika ansvariga aktörernas ansvar tydligt vad gäller att administrera och upprätthålla barriärer över tid, även med hänsyn till aspekter som kostnad och reglerbarhet?
För att det ska bli tydligt krävs ett separat arbete där berörda parter kommer överens om hur gränsdragningen ser ut, hur kostnader ska regleras samt hur upprätthållandet över tid säkerställs.

11. Slutsats

Genomförd riskbedömning av tekniska olycksrisker omfattar initialt en inventering av möjliga olycksrisker. Inventeringen visar att det endast är olyckor kopplade till trafiken på järnvägen genom området som har påverkan på risknivån. Några andra betydande riskkällor i planområdets närhet har inte identifierats. Inte heller innebär det studerade planförslaget att nya riskkällor tillförs området. Däremot innebär den tänkta överdäckningen att olyckor på järnvägen kan leda till ett ändrat skadeutfall jämfört med dagens öppna läge. För merparten av möjliga olyckor innebär överdäckningen att omgivande områden utsätts för lägre riskpåverkan, men att områden intill tunnelmynningar och under överdäckningen kan komma att utsättas för en större påverkan vid en olycka under överdäckningen.

Analysen av identifierade olycksrisker visar att det huvudsakligen är följdhändelser kopplade till olyckor med farligt gods, urspårning och tågbrand som kan medföra påverkan mot omgivningen samt att bidraget till risknivån från olycksrisker med transporter av farligt gods generellt är litet.

Utifrån beräknade risknivåer konstateras att individrisken är acceptabel och föranleder i sig inga krav på att säkerhetshöjande åtgärder ska vidtas. Värdering av samhällsriskerna har gjorts utifrån den bedömningsgrund som Stockholms stad har tagit fram. Som underlag till värderingen ingår även en analys av barriärer som har påverkan på katastrofscenarier. Slutsatsen av denna är att det finns ett antal barriärer som tillsammans innebär att studerade katastrofscenarier hanteras i tillräcklig omfattning. Även för icke katastrofala olycksscenarier har ett behov av att vidta åtgärder identifierats, för dessa olycksscenarier har dock ingen barriäranalys gjorts.

Utvärderingen av förslaget på barriärer visar att samhällsrisknivån med dessa kan anses vara tolerabel. De barriärer som föreslås utifrån genomförd riskbedömning redovisas i avsnitt 9. Detta utgör en rekommendation. Det är sedan upp till Stockholms stad att ta det slutliga beslutet om vilka barriärer som ska vidtas. De åtgärder och barriärer som Stockholm stad bedömer vara nödvändiga och som är lämpliga att reglera inom detaljplanen kommer att regleras via planbestämmelser. De åtgärder och barriärer som inte går att reglera i detaljplan kan behöva säkerställas på annat sätt, exempelvis genom avtal eller genom andra processer med berörda parter.

I riskbedömningen har en känslighetsanalys genomförts i vilken flertalet parametrar har studerats. Studien av dessa innebär inte att slutsatsen kring risknivån eller behovet av barriärer ändras. Känslighetsanalysen visar däremot att genomförda antaganden och beräkningar är robusta och att höjd tas för eventuella framtida förändringar avseende förutsättningar för tekniska olycksrisker i området.

Ett resultat av genomförd känslighetsanalys visar också att andelen hotell eller placeringen av dessa ovanpå överdäckningen inte påverkar risknivån i någon större omfattning.

12. Bilagor

BILAGA A – Frekvensberäkningar

BILAGA B – Konsekvensberäkningar

BILAGA C – Riskberäkningar

BILAGA D – Åtgärder

BILAGA E – Indata järnvägen genom Stockholm *OBS! Sekretessbelagd*

13. Referenser

- /1/ Underlag för Tidig planeringsdialog Centralstationsområdet. Detaljplan för del av fastigheten Norrmalm 5:3 m fl i stadsdelen Norrmalm. Dp 2016-17154. 2019-04-04. Stadsbyggnadskontoret, Stockholms stad
- /2/ Plan- och bygglag (SFS 2010:900) med ändringar t.o.m. SFS 2021:788, Svensk Författningssamling, 2021
- /3/ Miljöbalken (SFS 1998:808) med ändringar t.o.m. SFS 2021:881
- /4/ Säkerhetsanalys Överdäckning av Stockholms Centralstation – Centralstaden, Stockholm, Brandskyddslaget, Samrådsversion 2024-11-26
- /5/ Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4, Länsstyrelsen Stockholm, 2016-04-11
- /6/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997
- /7/ Överdäckningar – en kunskapsöversikt, Rapport 2012:22, Länsstyrelsen i Stockholms län, 2012
- /8/ TDOK 2015:0340 Bro och Tunnel, Trafikverket, 2015-10-26
- /9 / PM Bedömningsgrund för olycksrisk – ovan överdäckning, detaljplan för Centralstationsområdet, Stadsbyggnadskontoret Stockholms stad, Dnr: 2016-17154, 2021-03-16
- /10/ Barriäranalys Centralstaden, Stockholm, Brandskyddslaget, Samrådsversion 2024-11-26
- /11/ Länsstyrelsens i Stockholms läns lokala trafikföreskrifter om förbud mot transport av farligt gods inom Stockholms kommun (01TFS 2014:151), 2014
- /12/ Analys av möjlighet till restriktioner för godstrafik vid överdäckning av Stockholms central, WSP, 2021-07-02
- /13/ Trafikverket, INDATA TILL BSL_Antal tåg Cst nuläge_210309 (excel-dokument), erhållna via Anders Silfver, Trafikverket (e-mail 2021-03-09)
- /14/ Trafikverket, INDATA TILL BSL_Antal tåg Cst 2045_210309 (excel-dokument), erhållna via Anders Silfver, Trafikverket (e-mail 2021-03-09)
- /15/ Antal godståg Cst-Sst och Cst-Tmö T21+scenario 2045 (excel-dokument), Källa: Trafikverket, erhållna via Anders Silfver, Trafikverket (e-mail 2021-01-21)

-
- /16/ Antal godståg Cst-Sst och Cst-Tmö M-F, L, S, Trainplan v2147 och 2045 (excel-dokument), Källa: Trafikverket, erhållna via Anders Silfver, Trafikverket (e-mail 2021-09-24)
 - /17/ RID-S 2023 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2022:4, 2022
 - /18/ Besluts-PM: Förutsättningar för godstrafik och transporter av farligt gods förbi Stockholms centralstation, Trafikverket, 2018-10-17
 - /19/ Fördelning farligt gods förbi Centralstationen, erhållet av Ludvig Elgström, Trafikverket, 218-12-04
 - /20/ CST Överdäckning – Explosionsutredning, kvalitativ konsekvensbedömning, Tyréns, 2018-10-05 (intern projektrapport)
 - /21/ Redovisning av principiell utformning och utförande, Tyréns Sverige AB, utkast 2024-03-01
 - /22/ Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 8.0, Trafikverket, Version 2024-04-02
 - /23/ The Application of ALARP to Radiological Risk – A Nuclear Industry Good Practice Guide, The Industry Radiological Protection Co-ordination Group (IRPCG) on behalf of the Nuclear Industry Safety Directors Forum (SDF), UK, 2012
 - /24/ Gross Disproportion, Step by Step – A Possible Approach to Evaluating Additional Measures at COMAH Sites, Martin H Goose, Health and Safety Executive, UK, 2006
 - /25/ The Application of ALARP to Radiological Risk – A Nuclear Industry Good Practice Guide, The Industry Radiological Protection Co-ordination Group (IRPCG) on behalf of the Nuclear Industry Safety Directors Forum (SDF), UK, 2012
 - /26/ PM inriktning kring barriären Dimensionerande explosionslast för överdäckning – ny detaljplan för Centralstationen, Dnr 2016-17154, Stadsbyggnadskontoret Stockholms stad, 2023-04-20

Riskbedömning tekniska olycksrisker – Bilaga A. Frekvensberäkningar

Centralstaden, Stockholm

Underlag till detaljplan

2024-11-26

Dokumenttyp: Riskbedömning tekniska olycksrisker – Bilaga A. Frekvensberäkningar

Uppdragsnamn: Centralstaden, Stockholm
Del av fastigheten Norrmalm 5:3 m.fl., Stockholms stad
Underlagshandling till detaljplan

Uppdragsnummer: 503257

Datum: 2024-11-26

Status: Underlag till detaljplan

Uppdragsledare: Rosie Kvål

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

Uppdragsgivare: Jernhusen AB, kontaktperson: Sonya Stark

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2024-11-26	Erik Hall Midholm	Lisa Smas Pierre Wahlqvist	Samrådshandling

Innehållsförteckning, Bilaga A

1.	INLEDNING	4
1.1	Bakgrund och syfte.....	4
1.2	Beräknade olycksfrekvenser	4
2.	ÖVERDÄCKNING- OCH TRAFIKFÖRUTSÄTTNINGAR.....	5
2.1	Överdäckningens utformning	5
2.2	Rullande materiel, trafik och resande.....	6
3.	FREKVENSBERÄKNINGAR – JÄRNVÄGSOLYCKA MED FARLIGT GODS	8
3.1	Allmänt.....	8
3.2	Farligt godsolycka – händelsesträd	8
3.3	Olycka med RID-klass 1. Explosiva ämnen – delhändelsesträd	21
3.4	Olycka med RID-klass 2.1. Brännbara gaser – delhändelsesträd.....	25
3.5	Olycka med RID-klass 2.3. Giftiga gaser	29
3.6	Olycka med RID-klass 3. Brandfarliga vätskor.....	30
3.7	Olycka med RID-klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider	32
4.	REFERENSER, BILAGA A	36

1. Inledning

Denna handling utgör del av riskbedömning tekniska olycksrisker för projektet Centralstaden (del av fastigheten Norrmalm 5:3 m.fl.), Stockholms stad.

1.1 Bakgrund och syfte

I denna bilaga utförs en händelseträdsanalys av olyckor i driftskedet som valts ut utifrån den inledande kvalitativa riskanalysen i huvudrapporten. Frekvensberäkningarna avgränsas till att beakta olycksrisker som bedömts kunna påverka risknivån för tredje man inom, eller utanför, planområdet.

Följande händelser ingår i händelseträdsanalysen:

- Järnvägsolycka med farligt gods:
 - Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)
 - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
 - Utsläpp och antändning av brännbar vätska (klass 3)
 - Olycka med klass 5 som leder till explosionsartat händelseförlopp

Händelser som ingår i händelseträdsanalysen har förgrenats till olika slutscenarier för vilka konsekvenserna bedömts i form av antalet omkomna (se bilaga B).

1.2 Beräknade olycksfrekvenser

Olycksfrekvensen är angiven i olyckor per år för de händelser som värdering genomförts för via händelseträd.

1.2.1 Ingående olyckskvoter

Som en del av Säkerhetsanalys av projekt Överdäckning av Stockholm Centralstation /1/ har en utredning genomförts av ingående olyckskvoter/-frekvenser för olycksriskerna tågbrand, urspårning och sammanstötning utmed den aktuella sträckan (se Säkerhetsanalys – Bilaga 2 – Bedömning av olycksfrekvenser /1/).

De ingående olyckskvoterna för respektive olycksrisk är beräknade utifrån tillgänglig olycksstatistik för tågolyckor. Statistiken har inhämtats ifrån olycksdatabasen BOR /2/ för kollision- och urspårningsolyckor under åren 1985-1999 men även från järnvägsinspektionens HÄR- databas /3/ (nerlagd) samt "Urspårning, kollision och bränder på svenska järnvägar mellan åren 1985- 1995", se /4/. Statistik från SJ /5, 6, 7/ och nyare statistik ifrån Banverket/Trafikverket /8, 9, 10, 11, 12/ har också använts. Beräkning av olycksfrekvensen för brand i godståg bygger på beräknat trafikarbete i /10/ samt brandolyckor i /9, 12, 13/.

Olycksfrekvenserna i riskbedömningen har beräknats som enheten per år för respektive startscenario på motsvarande sätt som i Säkerhetsanalys av projekt Överdäckning av Stockholm Centralstation /1/ vilket innebär att frekvenserna är beräknade för en sträcka om 1,5 km (1 km i det fria + 0,5 km i tunnel). Sammanvägning av samhällsrisk som redovisas i Bilaga C kommer dock att avse en olycka på en 1 km järnvägssträcka i anslutning till planområdet för att anpassas till gällande acceptanskriterier för värdering av risk. Vid sammanvägning av samhällsrisk kommer frekvensberäkningarna därför omvandlas till att avse en 1 km järnvägssträcka.

2. Överdäckning- och trafikförutsättningar

2.1 Överdäckningens utformning

Den planerade överdäckningen omfattar de öppna delarna av spårområdet mellan Vattugatan och Kungsbron i centrala Stockholm. Det innebär att det blir två separata överdäckningar, en mellan Vattugatan och Klarabergsviadukten och en mellan Klarabergsviadukten och Kungsbron.

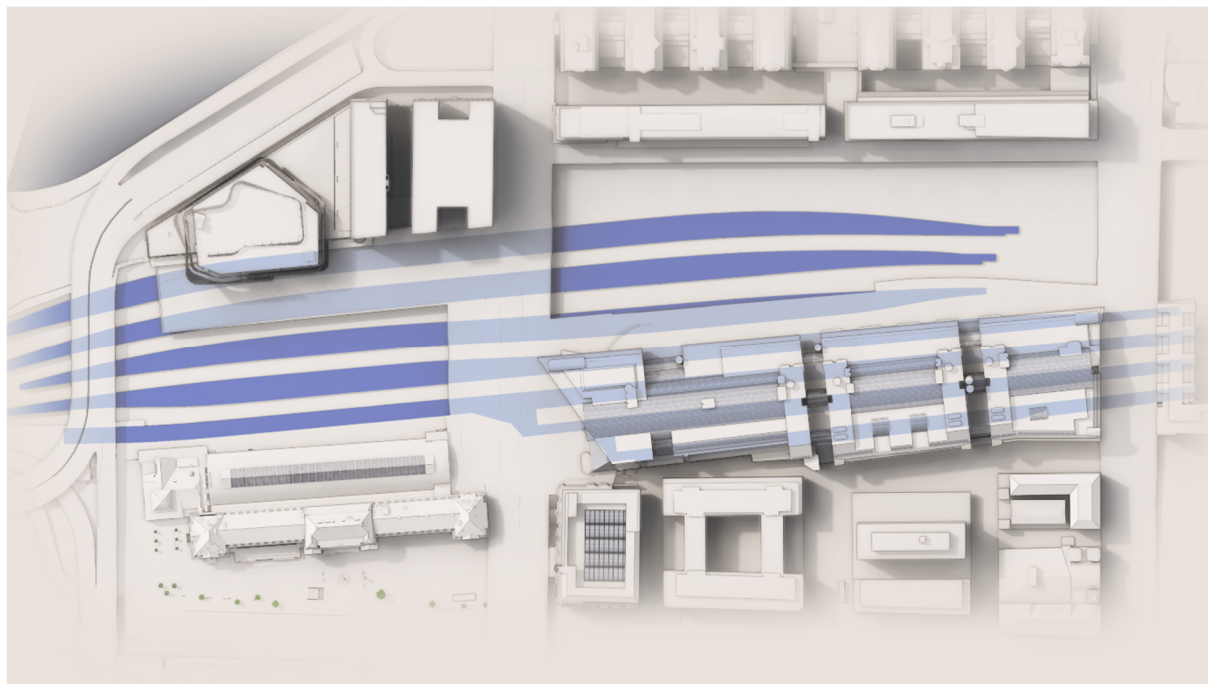
Överdäckningen omfattar plattformarna och spårområdet på Stockholms Centralstation.

Bangården vid Stockholm Central består idag av 18 spår i anslutning till plattform. Spår 1-7 används för trafik norrut och är inte genomgående. Spår 1 och 2 används av Arlanda Express. Även spår 8 används för norrgående trafik, men ansluter till spår 10 som fortsätter söderut. Spår 10-19 är genomgående. Det finns inget spår 9 vid Stockholm Central.

Trafikverket har tagit ett inriktningsbeslut om en ny spårplan innehållande nio genomgående spår och långa plattformar, vilket bedöms klara kapacitetskraven för den framtida tågtrafiken år 2045.

Mer specifikt innebär den nya spårplanen att 20 långa tåg ska få plats i rusningsriktningen under maxtimmen. Vidare ska plattformarna vara uppdelade i två plattformslägen som vardera klarar två stycken 216 meter långa tåg, vilket gör att varje perrong ska vara 450 meter lång.

Den nya spårplanen redovisas översiktligt i Figur A.1.



Figur A.1. Trafikverkets spårplan 2045 för spårområdet vid Stockholms centralstation.

Växeltätheten utmed, och i anslutning till, den studerade sträckan är hög. Växlar finns både i och utanför tunneln. Föreslagen bangård och spårområde år 2045 kommer att omfatta sammanlagt ca 137 växlar inom tunneln samt på en sträcka om ca 1 km åt respektive riktning från tunnelmynningarna (från en punkt ungefär från norra tunnelmynningen för Södertunneln fram till ca 1 km norr om Kungsbron). 40 växlar är placerade i tunneln, eller i direkt närhet till tunnelmynningarna.

Överdäckningen har en sammanlagd längd på ca 550 meter och en bredd om 95-125 meter.

Överdäckningen kommer att ha en fri höjd på minst ca 6 meter, mätt från RÖK (rälsöverkant).

Överdäckningen planeras att utformas som ett öppet spårområde utan avskiljningar mellan spåren.

2.2 Rullande materiel, trafik och resande

I huvudrapporten redovisas gällande trafikeringsförutsättningar avseende Nuläge och Prognosår 2045 för persontåg och godståg.

2.2.1 Trafikering persontåg

Underlag kring persontågstrafiken har erhållits från Trafikverket med antal persontåg för Nuläge enligt /14/ (vardagar) och /15/ (helgdagar) samt för prognosåret 2045 enligt /16/ (vardagar) och /17/ (helgdagar). Beräkningar utgår från trafikering för prognosåret 2045.

För persontåg redovisar underlaget från Trafikverket en genomsnittlig trafik för vardagsmedeldygn respektive helgmedeldygn. Trafiksiffrorna är uppdelade på tåg som ankommer söderifrån och avgår söderut respektive ankommer norrifrån och avgår norrut. Det är en mycket begränsad andel av persontågen som är genomgående utmed sträckan. Nära samtliga persontåg har Stockholm Central som antingen start- eller slutstation. Detta innebär att tåg som kommer söderifrån vänder vid Stockholm Central för avgång söderut och motsvarande gäller för tåg som kommer norrifrån att dessa vänder vid Stockholm Central för avgång norrut. De tjänstetåg som redovisas i tabellerna utgör antingen ankommande eller avgående tåg som åker vidare från plattformen efter ankomst respektive anländer till plattformen inför avgång, t.ex. för städning och underhåll vid Hagalunds bangård.

I tabell A.1 redovisas antalet tågrörelser per vardagsmedeldygn respektive helgdygn utmed sträckan för år 2045.

Tabell A.1. Sammanställning av antal tågrörelser på/genom Stockholms centralstation per vardagsdygn respektive helgdygn år 2045 /16, 17/.

Majoriteten av persontåg antingen påbörjar eller avslutar sin resa vid Stockholms Centralstation.

Tågtyp	Tåglängd medel (meter)	Tåglängd max (meter)	Antal tågrörelser (ankomst + avgång)	
			Vardagsdygn /14/	Helgdygn /15/
Höghastighetståg (ersätter dagens snabbtåg)	221	400	194	142
Fjärrtåg (X2)	201	330	154	81
Storregional- och regionalståg (ER1)	160	315	511	302
Arlanda Express ("Ny X3")	140	140	240	240
Nattåg (Rc6, BC4, WL6, WL4, B2)	438	438	8	8
Tjänstetåg (alla tågtyper)	-	-	289	211 ¹
Totalt			1396	984

Merparten av alla persontåg, ca 70 %, ankommer norrifrån eller avgår norrut. Om man exkluderar tjänstetågen så handlar det om ca 60 %. Detta beror på att en betydande andel av tågen utgör tjänstetåg när de antingen kommer från Hagalunds bangård inför avfärd eller ska till bangården efter ankomst för städning och underhåll.

Drifftiden för persontrafiken på den aktuella sträckan är ungefär 19 timmar, mellan kl. 05:00 – 24:00. För vardagar så förutsätts högtrafik för tiderna 06:00 – 09:00 respektive 15:00 – 18:00. För resterande tid förutsätts normaltrafik. Mellan kl. 00:00 – 05:00 förutsätts lågtrafik då det inte förekommer någon, eller mycket begränsad, persontrafik.

¹ Underlaget för helgdygn enligt (17) omfattar inte tjänstetåg på motsvarande sätt som underlaget för vardagsdygn enligt (16). Med anledning av detta har antalet tjänstetåg under helgdygn uppskattats utifrån underlaget för vardagsdygn samt en jämförelse av det procentuella förhållandet för övriga tågtyper, exkl. tjänstetåg, mellan helgdygn och vardagsdygn.

Enligt trafikprognoser för år 2045 så förväntas att under vardagsmedeldygn går ca 45,2 % av persontågen under högtrafik och ca 53,4 % under normaltrafik. < 1 % av persontågen går under lågtrafik. Motsvarande för helgmedeldygn är ca 30,9 % för högtrafik, 67,4 % för normaltrafik och < 2% för lågtrafik (observera att detta avser definitionen av högtrafik för vardagsdygn).

2.2.2 Trafikering godståg

Underlag kring godstågstrafiken har erhållits från Trafikverket med antal godståg för Nuläge samt för prognosåret 2045 enligt /18/. Beräkningar utgår från trafikering för prognosåret 2045.

Underlaget omfattar trafikeringen under vardagsdygn respektive lördag och söndag.

Samtliga godståg är genomgående.

Enligt prognossiffror för år 2045 erhållna av Trafikverket förväntas ca 20-26 godståg per vardagsdygn respektive 11-15 godståg per helgdygn trafikera aktuell sträcka /18/. Prognossiffrorna exkluderar tjänstetåg/ensamma lok). Godstågen förväntas ha en längd på 110-630 meter.

Enligt statistik från perioden 2009-2018 som har erhållits av Trafikverkets statistikcenter inför tidigt plansamråd /19/ så utgör godståg på den aktuella sträckan genom Stockholms centralstation av i genomsnitt 10-14 vagnar per tåg. Sett till järnvägstrafiken i hela Sverige så utgörs ett godståg av i genomsnitt ca 25 vagnar per tåg /19/.

Tabell A.2 redovisar det sammanlagda antalet godståg uppdelat på vardagsdygn respektive helgdygn samt en sammanvägning av total trafik under en vecka (exkl. tjänstetåg/ensamma lok).

Tabell A.2. Fördelning mellan olika tågtyper – Lokal statistik /18/.

Tågtyp	Vardagar (M-F)	Helg (L-S)	Totalt per vecka
Godståg	116	26	142

Drifftiden för godstrafik är i princip 24 timmar, men trafiken är inte jämnt fördelad över dygnet.

Enligt trafikprognoser för år 2045 så förväntas att trafikeringen av godståg över ett vardagsmedeldygn fördelas med 36 % sannolikhet för lågtrafik, 59 % för normaltrafik (varav ca 14 % morgon 05-06 och dag 09-15 samt 45 % kväll kl. 18-24) och 5 % för högtrafik. Motsvarande för helgmedeldygn är 19 % sannolikhet för lågtrafik, 50 % normaltrafik (varav ca 23 % morgon och dag samt 27 % kväll) och 31 % för högtrafik (observera att detta avser definitionen av högtrafik för vardagsdygn).

2.2.3 Transporter med farligt gods

Trafikverket har låtit utreda hur transportsituationen med farligt gods har sett ut under åren 2009-2016 samt undersökt hur framtid transporter kan komma att se ut (Utredningen är sekretessbelagd.). Utifrån utredningen har Trafikverket tagit fram en prognos avseende antalet farligt gods-transporter förbi Centralstationen som redovisas i "Besluts-PM: Förutsättningar för godstrafik och transporter av farligt gods förbi Stockholms centralstation" /20/. En reviderad prognos gällande fördelningen mellan farligt godsklasserna har erhållits av Trafikverket 2018-12-04 som utgår från den genomsnittliga fördelningen på sträckan genom Stockholms centralstation för åren 2009-2016 /21/.

Prognosen innebär att 1 250 vagnar med farligt gods passerar genom planområdet varje år. I tabell E.1 i bilaga E redovisas en sammanställning över andel och antal farligt godsvagnar på aktuell järnvägssträcka utifrån statistik. Det statistiska underlaget visar även vilka mängder av varje ämne som transporterades under perioden 2009-2016.

Utifrån avsnitt 2.2.2 antas ett genomsnittligt godståg på den aktuella järnvägssträckan utgöras av ca 10-14 godsvagnar. Med angivna trafikprognoser för år 2045 (totalt 142 godståg per vecka, se tabell A.2) så skulle detta motsvara sammanlagt ca 103 370 godsvagnar per år (142 tåg per vecka x 14 godsvagnar x 52 veckor). Basfallet enligt tabell A.3 med totalt 1 250 farligt godsvagnar per år innebär då att ca 1,21 % av alla godsvagnar på den studerade sträckan rymmer farligt gods år 2045.

Baserat på inventeringen av aktuella godstågstyper i Nuläge enligt /18/ konstateras dock att farligt godsvagnar inte är jämnt fördelade mellan de olika godstågen. Inventeringen pekar på att för ca 55 % av godstågen på den aktuella sträckan så går det helt att utesluta farligt gods (t.ex. posttåg, fliståg och tjänstetåg/ensamma lok) och för ytterligare ca 15 % av godstågen är det osannolikt att farligt gods förekommer. Om tjänstetåg/ensamma lok exkluderas går det helt att utesluta farligt gods för ca 51,75 % av godstågen. Om 1 250 farligt godsvagnar antas vara fördelade på resterande 48,25 % av alla godsvagnar så innebär det att farligt gods utgör ca 2,51 % av de godsvagnar där det är möjligt att farligt gods förekommer.

Fördelningen över dygnet av de godståg där det inte går att utesluta farligt gods skiljer sig något från den övergripande fördelningen som redovisas ovan. Om man exkluderar godstågen där det går att utesluta farligt gods så förväntas att trafikeringen av godståg över ett vardagsmedeldygn fördelas med 24 % sannolikhet för lågtrafik, 61 % för normaltrafik (varav 21 % morgon 05-06 och dag 09-15 samt 40 % kväll 18-24) och 14 % för högtrafik. Motsvarande för helgmedeldygn är 25 % sannolikhet för lågtrafik, 42 % normaltrafik (varav 17 % morgon 05-06 och dag 09-15 samt 25 % kväll 18-24) och 33 % för högtrafik (observera att detta avser definitionen av högtrafik för vardagsdygn).

Ovanstående uppgifter kommer att beaktas i analysen avseende olycka med farligt gods.

3. Frekvensberäkningar – Järnvägsolycka med farligt gods

3.1 Allmänt

En olycka med godståg kan omfatta en eller flera godsvagnar med farligt gods. Vid brand i godståg eller järnvägsolycka med urspårning eller sammanstötning där godståget inrymmer farligt gods kan dessa startscenarier leda till en farligt godsolycka.

Sannolikheten för att en farligt godsvagn ingår i det olycksdrabbade tåget och potentiellt kan påverkas av olyckan kommer att beräknas utifrån andelen godståg där det är möjligt att farligt gods förekommer ($Y = 1 - 0,5175$) samt andelen farligt godsvagnar i förhållande till antalet godsvagnar där det är möjligt att farligt gods förekommer ($X = 2,51 \%$).

3.2 Farligt godsolycka – händelseträd

3.2.1 Farligt godsolycka som följdhändelse av brand i godståg

Följdscenarier med farligt gods vid brand i godståg förknippas med att brand startar i, eller sprids till, farligt godsvagn.

I Säkerhetsanalys av projekt Överdäckning av Stockholm Centralstation /1/ har olyckskvoten för brand i godståg på den studerade järnvägssträckan beräknats till $1,60 \times 10^{-7}$ olyckor per tågkm (se Säkerhetsanalys – Bilaga 2 – Bedömning av olycksfrekvenser). Olyckskvoten har beräknats utifrån nationell statistik över godstågsbränder /13/ och trafikarbete från åren 2002-2014 /10/ där justeringar sedan gjorts med hänsyn till bl.a. lokala förhållanden.

Frekvensen per år för brand i godståg har beräknats för en sträcka om 1,5 km (1 km före tunnelmynning + 0,5 km i tunnel) samt med aktuella tågprognoser för år 2045 enligt avsnitt 2.2.2.

Med aktuell trafikprognos för år 2045 enligt avsnitt 3.2 med 23 godstågrörelser/vardagsdygn respektive 13 godstågrörelser/helgdygn beräknas frekvensen för brand i godståg till:

$$F_{\text{per år}} = 1,60 \times 10^{-7} \times 1,5 \text{ km} \times (23 \text{ godståg} \times (365 \times \frac{5}{7}) + 13 \text{ godståg} \times (365 \times \frac{2}{7})) = 1,60 \times 10^{-7} \times (9\,072,9 + 2\,033,6) = 1,45 \times 10^{-3} + 3,25 \times 10^{-4} = 1,78 \times 10^{-3} \text{ per år}$$

I de fortsatta beräkningarna görs antagandet att givet en brand i godståg (både vid brand i lok och brand i vagn) där det är möjligt att farligt gods förekommer så är sannolikheten för att minst en farligt godsvagn är inblandad i branden direkt kopplad till den förväntade andelen farligt godsvagnar i tåget. Antagandet utgår från en genomgång av olycksstatistik under perioden 2002 – 2014 som redovisas i Trafikverkets rapport "Tunnelsäkerhet – Dimensionerande brandeffekter i godståg" /22/ som redovisar att i 8 av de 107 branddrabbade godstågen (53 lokbränder + 54 godsvagnsbränder) har det transporterats farligt gods. Det var dock endast 2 av dessa 8 bränder där branden innefattade en vagn med farligt gods. Det ska observeras att dessa två bränder var mycket små och begränsade till endast rökutveckling i underrede utan synliga lågor. Under den studerade perioden inträffade inga stora bränder i vagnar med farligt gods.

Bränder i vagnar med farligt gods motsvarar ca 1,87 % av alla bränder i det statistiska underlaget (2 / 107 bränder) respektive ca 3,70 % av alla bränder i godsvagnar (2 / 54 bränder).

Ovanstående uppgifter kan jämföras med att nationellt så utgjorde farligt gods under samma period i genomsnitt ca 5 % av den sammanlagda transporterade godsmängden (ton) och i /22/ uppskattas ca 6 % av godsvagnarna rymma farligt gods.

Baserat på ovanstående uppgifter så kan det antas att sannolikheten för att en brand uppstår i ett tåg som inrymmer farligt gods kan vara något högre än för genomsnittet godståg, d.v.s. sannolikheten för att en brand inträffar i ett godståg är inte helt jämnt fördelat på godstågen utan kan till viss del bero på lasten. Däremot bedöms att sannolikheten för att en brand inträffar i, eller påverkar en farligt godsvagn kan vara något lägre än genomsnittet eftersom andelen inträffade bränder i godsvagnar som innefattat farligt godsvagn är lägre än andelen farligt godsvagnar under den aktuella perioden (3,70 % < 5 %).

Sannolikheten för att minst en farligt godsvagn är inblandad i tågbrand, givet brand i godståg där det är möjligt att farligt gods förekommer, beräknas då utifrån följande ekvation:

$$P(\text{brand fago-vagn}) = X = 0,0251$$

Sannolikheten ovan ska multipliceras med olycksfrekvensen för brand i godståg där det är möjligt att farligt gods förekommer, d.v.s. $Y \times F_{\text{brand godståg, per år}}$ där $Y = 1 - 0,5175$.

Frekvensen för startscenariot brand farligt godsvagn på den studerade sträckan (1,5 km) beräknas utifrån olycksfrekvensen för brand i godståg enligt ovan till:

$$F_{\text{per år, totalt}} = 0,0251 \times (1 - 0,5175) \times (1,45 \times 10^{-3} + 3,25 \times 10^{-4}) = 1,75 \times 10^{-5} + 3,92 \times 10^{-6} = 2,14 \times 10^{-5} \text{ per år}$$

Konsekvenserna av studerade olycksscenarioer beror på var det brinnande godståget stannar. Den övergripande hanteringen och principen vid allvarlig olycka av typen brand i godståg på väg in till Stockholms Central är att tåget ska stanna utanför överdäckningen eller om möjligt köra igenom överdäckningen och stanna i det fria. Denna hantering i kombination med överdäckningens relativt begränsade längd medför att sannolikheten för att ett brinnande godståg stannar under överdäckningen bedöms vara låg.

I Säkerhetsanalys av projekt Överdäckning av Stockholm Centralstation /1/ görs en uppskattning av förväntad stopplats för det brinnande godståget (se *Säkerhetsanalys – Bilaga 1 – Bedömning av olyckskonsekvenser*), där fokus ligger på sannolikheten för sluthändelser under överdäckningen. Uppskattningen utgår från ingångsvärden avseende parametrar som sannolikhet för stopp vid stoppsignaler, mänskligt felhandlande samt brand i förarhytt eller motorutrymme. Utifrån denna uppskattning beräknas sammanlagt 3,03 % av brand i godståg på den studerade sträckan (1,5 km) innebära potentiella sluthändelser vid stationen. Övriga tågbränder förväntas ha sluthändelse utanför överdäckningen.

Frekvensen för brand farligt godsvagn med sluthändelse under överdäckningen beräknas då till:

$$F_{\text{per år, station}} = 0,0303 \times (1,75 \times 10^{-5} + 3,92 \times 10^{-6}) = 5,31 \times 10^{-7} + 1,19 \times 10^{-7} \\ = 6,50 \times 10^{-7} \text{ per år}$$

Frekvensen för brand farligt godsvagn med sluthändelse i det fria beräknas till:

$$F_{\text{per år, utanför tunnel}} = (1 - 0,0303) \times (1,75 \times 10^{-5} + 3,92 \times 10^{-6}) \\ = 1,70 \times 10^{-5} + 3,80 \times 10^{-6} = 2,08 \times 10^{-5} \text{ per år}$$

3.2.2 Farligt godsolycka som följdhandelse av urspårning godståg

Följdscenarier med farligt gods vid urspårning förknippas i huvudsak med starka påkänningar till följd av t.ex. att vagnar spårar ur och välter eller kolliderar med tunnelvägg/plattform eller ett annat tåg. Olyckskvoten för sammanstötning mellan tåg som inte beror på en att ett urspårat tåg hamnar på angränsande spår och blir påkört är mycket låg i förhållande till olyckskvoten för urspårning. Frekvensberäkningarna nedan avgränsas därför till att omfatta följdscenarier vid urspårning. Följdscenarier med farligt gods vid sammanstötning mellan tåg till följd av urspårning där det urspårade tåget hamnar på angränsande spår inkluderas i beräkning av sannolikheten för utsläpp, se avsnitt 3.2.4.

I Säkerhetsanalys av projekt Överdäckning av Stockholm Centralstation /1/ har olyckskvoten för urspårning godståg på den studerade järnvägssträckan beräknats till $1,74 \times 10^{-7}$ olyckor per tågkm (se *Säkerhetsanalys – Bilaga 2 – Bedömning av olycksfrekvenser*). Olyckskvoten har beräknats utifrån en sammanvägning av nationell olycksstatistik från 1994-1999 /23/ respektive 2008-2015 /24/ där justeringar gjorts med hänsyn till lokala förhållanden.

Frekvensen per år för urspårning godståg har beräknats för en sträcka om 1,5 km (1 km före tunnelmynning + 0,5 km i tunnel) samt med aktuella tågprognoser för år 2045 enligt avsnitt 2.2.2.

Frekvens urspårning godståg

Med aktuell trafikprognos för år 2045 enligt avsnitt 3.2 med 23 godstågrörelser/vardagsdygn respektive 13 godstågrörelser/helgdygn beräknas den sammanlagda frekvensen för urspårning godståg till:

$$F_{\text{per år}} = 1,74 \times 10^{-7} \times 1,5 \text{ km} \times (23 \text{ godståg} \times \left(365 \times \frac{5}{7}\right) + 13 \text{ godståg} \times \left(365 \times \frac{2}{7}\right)) \\ = 1,74 \times 10^{-7} \times (9\,072,9 + 2\,033,6) = 1,58 \times 10^{-3} + 3,54 \times 10^{-4} \\ = 1,93 \times 10^{-3} \text{ per år}$$

Hastighetsbegränsningar

Hänsyn tas också till hastighetsbegränsningen utmed den studerade sträckan. Hastigheten hos ett godståg som spårar ur påverkar hur långt ifrån spåret som det urspårade tåget hamnar, hur stor sannolikheten är för att det urspårade tåget välter och hur lång tid det tar för tåget att stanna. Hastigheten hos ett tåg på intilliggande spår påverkar dessutom möjligheterna att bromsa i tid p.g.a. varierande bromssträckor efter att antingen ha fått larm via trafikledare eller visuellt ha uppfattat olyckan.

Beräkningarna kommer att delas upp i två övergripande hastighetskategorier, låg (≤ 40 km/h) respektive hög hastighet (> 40 km/h). Fördelningen mellan förväntad hastighet vid urspårning utgår från gällande hastighetsbegränsningar. Hastighetsbegränsningarna innebär att alla tåg som kommer norrifrån kommer att ha en hastighet på högst 40 km/h när de åker in i tunneln. Tåg som kommer söderifrån kommer vara under inbromsning när de passerar Tegelbacken men de kan hålla en hastighet över 40 km/h utmed tunnelns södra halva.

Sannolikheten för att urspårning i linje eller i växel med godståg som ankommer norrifrån sker i hög hastighet (> 40 km/h) uppskattas vara relativt hög, men eftersom tågen är under inbromsning antas inte 100 % av tågen hålla hög hastighet. För de fortsatta beräkningarna görs ett grovt antagande att 75 % av urspårningar som sker i linje norr om tunneln sker i hög hastighet (> 40 km/h) medan 0 % av urspårningar vid station sker i hög hastighet (> 40 km/h).

Hastighetsbegränsningarna över Getingmidjan samt vidare vid Tegelbacken och utmed tunnelns södra halva innebär att en urspårning sannolikt kommer att inträffa i hög hastighet (> 40 km/h) för tåg som ankommer söderifrån. Hastighetsbegränsningarna utmed tunnelns norra halva medför dock att vid station antas åtminstone 50 % av godståg söderifrån ha en hastighet på högst 40 km/h. För de fortsatta beräkningarna görs ett grovt antagande att 100 % av urspårningar som sker i linje söder om tunneln sker i hög hastighet (> 40 km/h) medan 50 % av urspårningar vid station sker i hög hastighet (> 40 km/h).

I Säkerhetsanalys av projekt Överdäckning av Stockholm Centralstation /1/ (se *Säkerhetsanalys – Bilaga 1 – Bedömning av olyckskonsekvenser*) görs en sammanvägning av fördelning mellan urspårning för godståg i hög respektive låg hastighet med hänsyn till förväntad fördelning av urspårningens startpunkt (i linje, i växel eller vid station) och potentiella sluthändelse:

- Totalt sett beräknas sammanlagt 34,30 % av urspårningar på aktuell sträcka ske i låg hastighet. Av dessa beräknas 90,72 % kunna innebära potentiella sluthändelser i tunneln.
- Totalt sett beräknas sammanlagt 65,70 % av urspårningar på aktuell sträcka ske i hög hastighet. Av dessa beräknas 66,10 % kunna innebära potentiella sluthändelser i tunneln.

$$F_{\text{per år, låg}} = 34,30\% \times (1,58 \times 10^{-3} + 3,54 \times 10^{-4}) \times 90,72\% = 4,91 \times 10^{-4} + 1,10 \times 10^{-4} \\ = 6,01 \times 10^{-4} \text{ per år}$$

$$F_{\text{per år, hög}} = (1,58 \times 10^{-3} + 3,54 \times 10^{-4}) \times 66,10\% = 6,85 \times 10^{-4} + 1,54 \times 10^{-4} \\ = 8,39 \times 10^{-4} \text{ per år}$$

Frekvens urspårning farligt godsvagn

Vid en urspårning spårar i genomsnitt 3,5 vagnar ur /25/. Sannolikheten för att minst en farligt godsvagn spårar ur, givet urspårning godståg där det är möjligt att farligt gods förekommer, beräknas då utifrån följande ekvation:

$$P(\text{urspårning fago-vagn}) = 1 - (1-X)^{3,5} = 1 - (1-0,0251)^{3,5} = 0,0848$$

Sannolikheten ovan ska multipliceras med olycksfrekvensen för urspårning godståg där det är möjligt att farligt gods förekommer, d.v.s. $Y \times F_{\text{urspårning, per år}}$ där $Y = 1 - 0,5175$.

Frekvensen för startscenarierna urspårning farligt godsvagn vid låg respektive hög hastighet beräknas utifrån olycksfrekvenserna för urspårning godståg med potentiell sluthändelse i tunneln enligt beräkningarna ovan. För farligt godsolycka kommer beräkningarna fortsättningsvis inte fördelas på hastighet:

$$F_{\text{per år, station - låg}} = 0,0848 \times (1 - 0,5175) \times (4,91 \times 10^{-4} + 1,54 \times 10^{-4}) \\ = 2,01 \times 10^{-5} + 4,50 \times 10^{-6} = 2,46 \times 10^{-5} \text{ per år}$$

$$F_{\text{per år, station - hög}} = 0,0848 \times (1 - 0,5175) \times (6,85 \times 10^{-4} + 1,54 \times 10^{-4}) \\ = 2,80 \times 10^{-5} + 6,28 \times 10^{-6} = 3,43 \times 10^{-5} \text{ per år}$$

$$F_{\text{per år, station-total}} = (2,01 \times 10^{-5} + 2,80 \times 10^{-5}) + (4,50 \times 10^{-6} + 6,28 \times 10^{-6}) \\ = 4,81 \times 10^{-5} + 1,08 \times 10^{-5} = 5,89 \times 10^{-5} \text{ per år}$$

I Säkerhetsanalys av projekt Överdäckning av Stockholm Centralstation /1/ görs en uppskattning av förväntad stopplats för det urspårade godståget (se *Säkerhetsanalys – Bilaga 1 – Bedömning av olyckskonsekvenser*), där fokus ligger på sannolikheten för sluthändelser under överdäckningen.

Uppskattningen utgår från ingångsvärden avseende parametrar som fördelning mellan starthändelser respektive sluthändelser vid urspårning vid station respektive i linje och i växel. Uppskattningen utförs med konservativa antaganden avseende sannolikheten för sluthändelse under överdäckningen och det beräknas att sammanlagt 74,55 % av samtliga urspårningar med godståg på den studerade sträckan har en potentiell sluthändelse under överdäckningen (31,12 % i låg hastighet + 43,42 % i hög hastighet). Övriga urspårningar förväntas ha sluthändelse utanför överdäckningen.

Frekvenserna ovan avser en urspårning med en potentiell sluthändelse i tunneln. Den sammanlagda olycksfrekvensen för urspårning med farligt godsvagn på den totala sträckan beräknas då till:

$$F_{\text{per år, total}} = \frac{4,81 \times 10^{-5} + 1,08 \times 10^{-5}}{0,7455} = 6,46 \times 10^{-5} + 1,45 \times 10^{-5} = 7,90 \times 10^{-5} \text{ per år}$$

Olycksfrekvensen för urspårning med farligt godsvagn med sluthändelse utanför tunneln beräknas till:

$$F_{\text{per år, utanför tunnel}} = (1 - 0,7455) \times (6,46 \times 10^{-5} + 1,45 \times 10^{-5}) \\ = 1,64 \times 10^{-5} + 3,68 \times 10^{-6} = 2,01 \times 10^{-5} \text{ per år}$$

3.2.3 Total olycksfrekvens för farligt godsolycka

I tabell A.3 sammanställs resultatet av ovanstående beräkningar i en total olycksfrekvens för farligt godsolycka (brand + urspårning) på den studerade sträckan (0,5 km tunnel + 1 km från tunnelmynningen) respektive sluthändelse i tunnel respektive utanför tunnel.

Tabell A.3. Sammanställning av frekvens för olycka med farligt godsvagn (brand + urspårning) på den studerade sträckan.

Skadehändelse	Olycksfrekvens per år					
	Vardagsdygn			Helgdyn		
	I tunnel	Utanför tunnel	Totalt	I tunnel	Utanför tunnel	Totalt
Brand farligt godsvagn	5,31E-07	1,70E-05	1,75E-05	1,19E-07	3,80E-06	3,92E-06
Urspårning farligt godsvagn	4,81E-05	1,64E-05	6,46E-05	1,08E-05	3,68E-06	1,45E-05
Totalt	4,87E-05	3,34E-05	8,21E-05	1,09E-05	7,49E-06	1,84E-05

Utifrån olycksfrekvenserna som redovisas i tabell A.3 har ett antal olika parametrar brutits ut som bedöms ha påverkan på de fortsatta beräkningarna. I de fortsatta beräkningarna kommer följande parametrar att beaktas (observera att parametrarna inte står i relation till varandra, d.v.s. de summerar inte till 100 %):

Andel farligt godsolyckor med starthändelse tågbrand: Utifrån rad 4 och 6 i tabell A.3 beräknas att brand farligt godsvagn utgör starthändelse till ca 21,33 % av samtliga järnvägsolyckor med farligt gods på den studerade sträckan:

$$\frac{1,75 \times 10^{-5} + 3,92 \times 10^{-6}}{8,21 \times 10^{-5} + 1,84 \times 10^{-5}} = 0,2133$$

Andel av alla farligt godsolyckor med sluthändelse vid station: Utifrån rad 6, kolumn 2, 4, 5 och 6 i tabell A.3 beräknas att farligt godsolycka med sluthändelse vid station utgör sammanlagt ca 59,29 % av den totala olycksfrekvensen på den studerade sträckan:

$$\frac{4,87 \times 10^{-5} + 1,09 \times 10^{-5}}{8,21 \times 10^{-5} + 1,84 \times 10^{-5}} = 0,5929$$

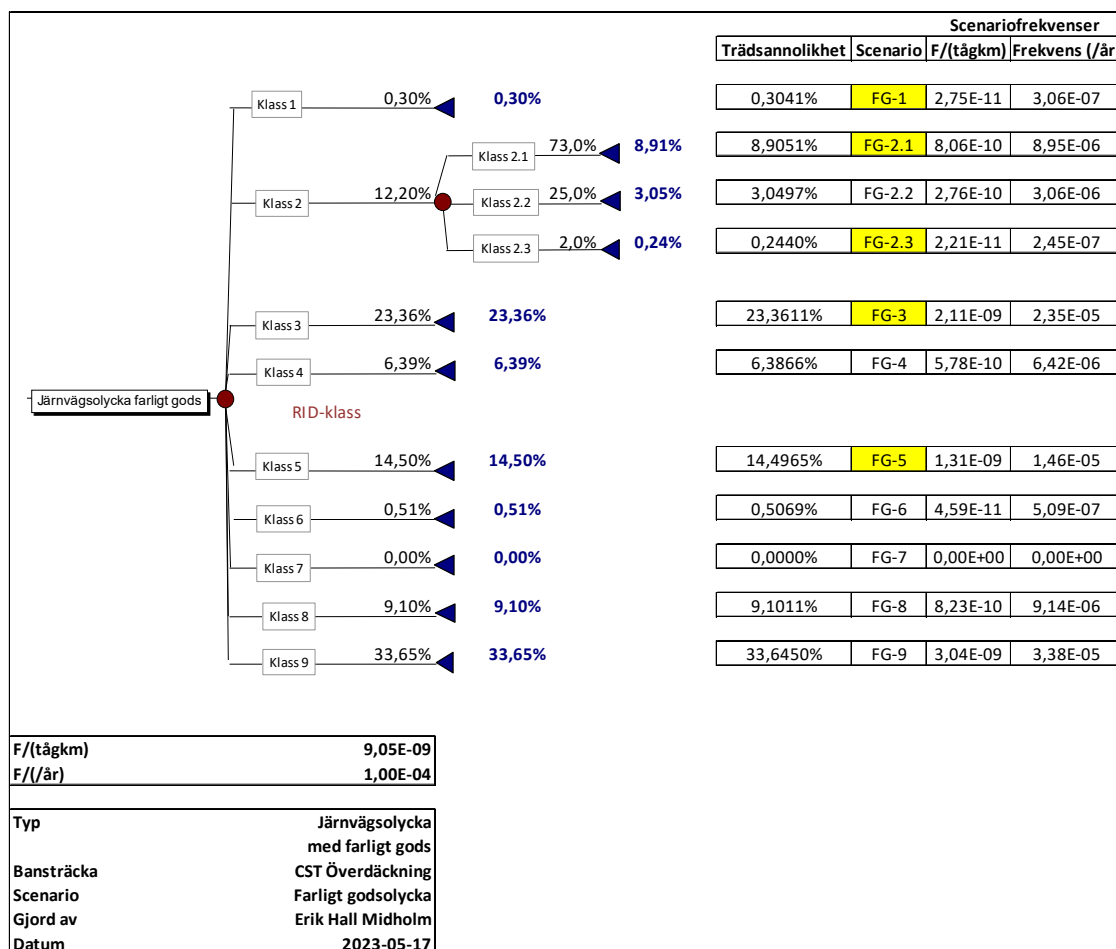
Andel av farligt godsolyckor med sluthändelse vid station som har starthändelse tågbrand: Sett till järnvägsolycka med farligt gods med sluthändelse vid station så beräknas utifrån rad 4 och 6, kolumn 2 och 5 i tabell A.3 att brand farligt godsvagn utgör starthändelse till ca 1,09 % av samtliga järnvägsolycksolyckor med farligt gods:

$$\frac{5,31 \times 10^{-7} + 1,19 \times 10^{-7}}{4,87 \times 10^{-5} + 1,09 \times 10^{-5}} = 0,0109$$

Andel av farligt godsolyckor med sluthändelse i det fria som har starthändelse tågbrand: Sett till järnvägsolycka med farligt gods med sluthändelse i det fria så beräknas utifrån rad 4 och 6, kolumn 3 och 6 i tabell A.3 att brand farligt godsvagn starthändelse till ca 50,80 % av samtliga järnvägsolycksolyckor med farligt gods:

$$\frac{1,70 \times 10^{-5} + 3,80 \times 10^{-6}}{3,34 \times 10^{-5} + 7,49 \times 10^{-6}} = 0,5080$$

Figur A.2 redovisar händelseträdet som används för att beskriva olika möjliga händelseförlopp vid en järnvägsolycka där farligt gods är inblandat, antingen till följd av urspårning eller brand i godståg.

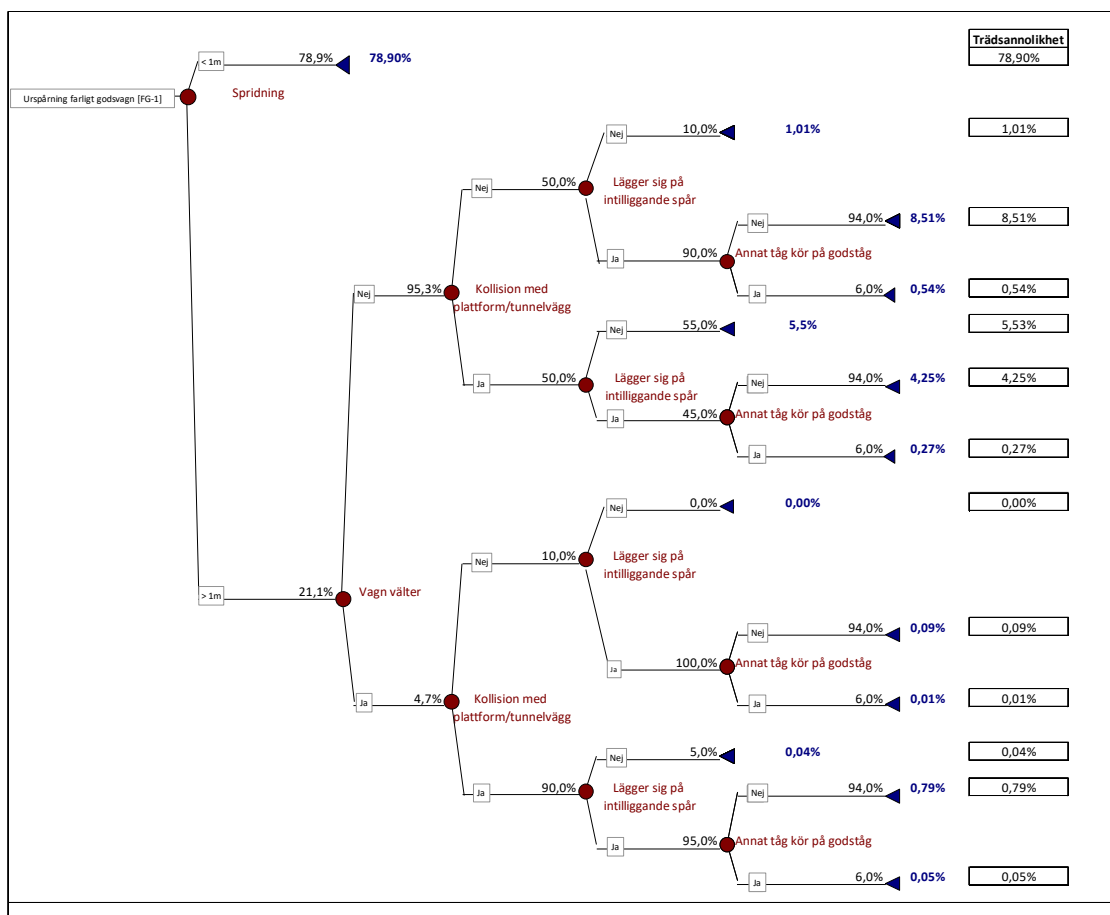


Figur A.2. Händelseträd järnvägsolycka med farligt gods med total olycksfrekvens för studerad sträcka (1,5 km). Gulmarkerade scenarier studeras vidare utifrån avgränsning i inledande riskanalys.

De fortsatta frekvensberäkningarna kommer att redovisas med de totala frekvenserna för den studerade sträckan (1,5 km). I de fall som faktorer varierar mellan vardagsdygn och helgdygn används förenklade antaganden med genomsnittliga sannolikhetsfördelningar.

3.2.4 Utsläpp vid transport av farligt gods – delhändelseträd

Följdscenarier med farligt gods vid urspärning förknippas med starka påkänningar till följd av t.ex. att vagnar spårar ur och välter eller kolliderar med tunnelvägg/plattform eller ett annat tåg. Figur A.3 visar händelseträd som används för att beskriva olika möjliga händelseförlopp vid urspärning där minst en farligt godsvagn är inblandad.



Figur A.3. Delhändelse-träd urspärning med farligt godsvagn.

Spridning givet urspärning

Följdhändelser vid urspärning är beroende av hur långt från spåret som tåget hamnar, s.k. spridning. Spridning < 1 m från spåret innebär inga följdhändelser som t.ex. att tåget välter, kolliderar med plattform eller tunnelvägg eller riskerar att hamna på angränsande spår. Sannolikheten för spridning > 1 m är kraftigt beroende av tågets hastighet.

Enligt olycksdatabasen BOR /26/ har 93 urspärningsolyckor skett under åren 1985-1999, varav 68 stycken i låg hastighet och 25 stycken i hög hastighet. Hög hastighet definieras då som > 40 km/h. Spridningen av urspärat tåg för de aktuella urspärningarna var:

- Spridning >1 m vid låga hastigheter: 4 stycken
- Spridning <1 m vid låga hastigheter: 64 stycken
- Spridning >1 m vid höga hastigheter: 8 stycken
- Spridning <1 m vid höga hastigheter: 17 stycken

Sannolikheten för spridning > 1 m från spåret är då följande:

- Spridning > 1m vid låga hastigheter (<40 km/h) 4 olyckor av 68 olyckor = 0,06
- Spridning > 1 m vid höga hastigheter (>40 km/h) är 8 olyckor av 25 olyckor = 0,32

Det bör observeras att den beräknade sannolikheten för spridning > 1 m vid höga hastigheter (>40 km/h) är ett genomsnitt där sannolikheten för spridning > 1 m ökar med ökad hastighet. Spannet på hastigheter för urspärningsolyckor i hög hastighet är omfattande, upp till åtminstone 200-250 km/h. Med hänsyn till hastighetsbegränsningen utmed aktuell sträcka som är högst 80 km/h bedöms sannolikheten för spridning > 1 m vid höga hastigheter enligt ovan (0,32) vara konservativ.

Med hänsyn till hastighetsbegränsningarna utmed den studerade sträckan görs i /1/ en uppskattning av hur stor andel av urspårningarna som förväntas ske i hög, respektive låg hastighet. Ca 58,25% av urspårningar med godståg förväntas då ske i hög hastighet (> 40 km/h).

Utifrån detta beräknas en genomsnittlig sannolikheten för spridning > 1 m till:

Spridning > 1 m, genomsnitt = $0,06 \times (1-0,5825) + 0,32 \times 0,5825 = 0,211$

Vagn välter

Spridning <1 m bedöms inte medföra att vagnar välter.

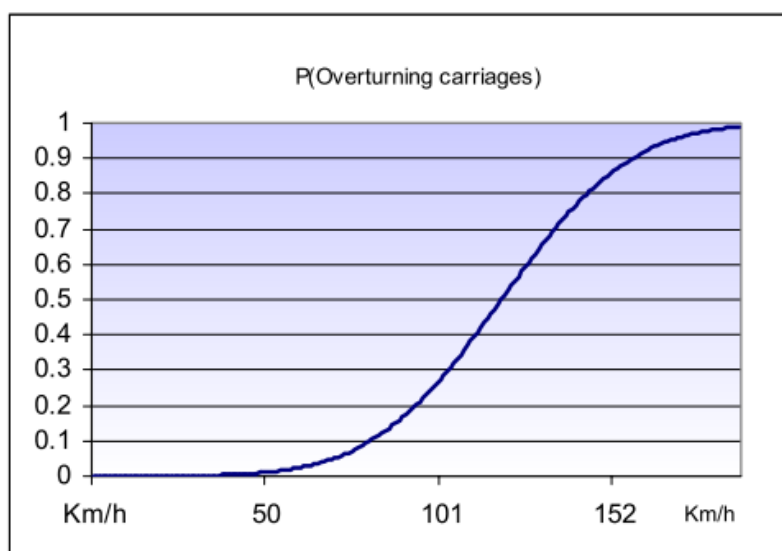
Sannolikheten för att en vagn ska välta efter urspårning är till stor del beroende av tågets hastighet vid urspårningstillfället. I en doktorsavhandling som används som underlag för säkerhetsanalysen för Citybanan m.fl. analyseras sannolikheten för att urspårad vagn ska välta baserat på olycksstatistik /27/.

Tabell A.4 redovisar statistik över urspårningar med tåghastigheter över 60 km/h.

Tabell A.4. Tågvältning av fordon.

Hastighet (km/h/)	60	70	80	90	100	110	120	130
Välter	1	2	1	3	1	1	2	3
Välter ej	2	4	5	5	2	2	1	1
Totalt	3	6	6	8	3	3	3	4

Utifrån ovanstående olycksstatistik redovisas i /27/ nedanstående figur som visar sannolikheten för att vagnar ska välta som funktion av tågets hastighet vid urspårningstillfället. Utifrån figur A.4 konstateras att vid hastigheter < 50 km/h är sannolikheten i stort sett noll för att en urspårad vagn ska välta (exklusive urspårning vid rangering och växlingar). Sannolikheten stiger sedan successivt efter 50 km/h. Vid 200 km/h är sannolikheten i stort sett 100 % att en urspårad vagn ska välta.



Figur A.4. Sannolikheten för att vagnar ska välta som en funktion av tågets hastighet vid urspårningen /27/.

Vad som bör beaktas är att enligt de regressionsanalyser av statistiken över inträffade urspårningar där vagnar välts som genomfördes som underlag för säkerhetsvärderingen av Citybanan så förklarar urspårningshastigheten drygt 60 % av variationen. Det finns med andra ord flera faktorer utöver hastigheten som påverkar sannolikheten för att vagnar ska välta i samband med en urspårning. Lokala faktorer som t.ex. en hög banvall eller nivåskillnader bör troligtvis ha en relativt stor effekt på sannolikheten för att vagnar ska välta i samband med en urspårning.

Med hänsyn till gällande förutsättningar utmed den studerade sträckan görs antagandet att sannolikheten för att en vagn välter vid en urspårning till stor del är beroende av hastigheten eftersom det exempelvis inte finns några nivåskillnader eller banvallar som kan påverka sannolikheten att vagn välter.

För den aktuella sträckan är maxhastigheten 80 km/h. Sannolikheten att tåg välter vid hastighet > 40 km/h kommer att uppskattas utifrån det statistiska underlaget för hastigheter högst 80 km/h. Utifrån figur A.4 uppskattas sannolikheten för att tåg välter då de spårat ut > 1 meter vid hastigheter högst 80 km/h till: 10,0 %.

Utifrån ovanstående redogörelse antas sannolikheten att vagn ska välta vid låga hastigheter (≤ 40 km/h) vara mycket låg. Enligt /27/ finns det ingen statistik över att vagn i linje/vid station välter vid urspårning vid hastigheter < 60 km/h, och slutsatsen som då dras är att sannolikheten är nära 0. I denna handling görs ett något mer konservativt antagande. Vid låg hastighet antas att sannolikheten för att vagn välter vid urspårning med spridning > 1 meter är högst 10 % av sannolikheten för att vagn välter vid hög hastighet, d.v.s. $10,0 \% \times 0,10 = 1,00 \%$.

Sannolikheten för urspårning som leder till att vagn välter bedöms vara liten utmed aktuell sträcka eftersom underlaget är plant samt att plattformar i plattformsrummet fungerar som yttre barriärer som styr tåget i färdriktningen. Plattformarna bedöms åtminstone ha motsvarande effekt att hålla tåget upprätt vid en urspårning som skyddsräler som försvårar förflyttning i sidled. I tidigare säkerhetsanalyser bl.a. för Varbergstunneln /28/ bedöms skyddsräler reducera sannolikheten för tågvaltnings med 50 % vid spridning > 1 m. Vid aktuella hastigheter bedöms plattformar ha minst motsvarande reducerande effekt som skyddsräler. Jämfört med skyddsräler har plattformar dock ingen reducerande effekt när tåget spårar ut mot motsatt spår, d.v.s. plattformen reducerar endast sannolikheten för tågvaltnings i 50 % av fallen.

Plattformsrummets utformning och plattformarnas omfattning i tunneln uppskattas reducera sannolikheten att tåget välter för samtliga urspårningar med sluthändelse i tunneln, oavsett urspårningens starthändelse (både för urspårning vid station i tunnel samt i linje och i växel utanför tunneln. Där urspårning sker utanför överdäckningen/plattformsrummet finns inga reducerande faktorer som begränsar sannolikheten att en vagn välter.

Utifrån ovanstående antaganden beräknas sannolikheten för att vagn välter vid urspårning och spridning > 1 m beroende av hastigheten vid urspårningstillfället:

Låg hastighet: $(1-0,50 \times 0,50) \times 0,010 = 0,0075$

Hög hastighet: $(1-0,50 \times 0,50) \times 0,10 = 0,075$

Baserat på frekvensberäkningarna som redovisas i avsnitt 9.2 uppskattas istället en genomsnittlig sannolikhet för spridning > 1 m för den studerade sträckan. Enligt ovan beräknas ca 58,25 % av studerade urspårningar ske i hög hastighet och 41,75 % sker i låg hastighet (1-0,5825).

För farligt godsolycka till följd av urspårning kommer beräkningarna fortsättningsvis inte fördelas utifrån hastighet vid urspårningstillfället. Enligt ovan förväntas att 58,25 % av urspårningarna sker i hög hastighet (> 40 km/h). Utifrån detta beräknas en genomsnittlig sannolikhet att vagn välter vid spridning > 1 m till:

Spridning > 1 m, genomsnitt = $0,0075 \times 0,4175 + 0,075 \times 0,5825 = 0,0468$

Kollision med plattform/tunnelvägg

Om spridningen är <1 m så sker ingen kollision med plattform eller tunnelvägg.

I de fall urspårningen sker mot motsatt spår är risken för att tåget kolliderar med plattform eller tunnelvägg nästan noll medan åt andra hållet mot närmaste plattform/tunnelvägg så är sannolikheten stor, nästan 100 % förutsatt att tåget inte välter. Vid spridning > 1 m så bedöms att kollision sker med plattform/tunnelvägg i totalt 50 % av fallen om vagnen inte välter, d.v.s. 100 % vid urspårning som inte sker mot motsatt spår.

Om vagnen välter så bedöms kollision ske med plattform eller tunnelvägg i 90 % av fallen.

Kollision med annat tåg

Kollision med annat tåg på angränsande spår är endast möjligt vid spridning >1 m.

Sannolikhet att det urspårade tåget blockerar mötande spår

Om det urspårade tåget avviker mot intilliggande spår så antas tåget lägga sig på det intilliggande spåret i 90 % av fallen.

Om kollision med plattform eller tunnelvägg inte har inträffat så innebär det, enligt ovan att tåget i nästan samtliga fall har avvikit mot intilliggande spår. Det ger att sannolikheten för att tåget lägger sig på intilliggande spår om kollision inte skett med plattform/tunnelvägg är:

$$1,0 \times 0,9 = 0,9$$

Om det urspårade tåget kolliderar med plattform eller tunnelvägg så antas sannolikheten för att det studsar tillbaka vara 50 % och därefter antas tåget lägga sig på intilliggande spår i 90 % av fallen motsvarande ovan. Med hänsyn till hastighetsbegränsningarna på sträckan bedöms detta vara ett konservativt antagande. Det ger att sannolikheten för att tåget lägger sig på intilliggande spår är följande om kollision sker med plattform eller tunnelvägg:

$$1,0 \times 0,5 \times 0,9 = 0,45$$

Om vagnen avviker mot intilliggande spår och välter bedöms sannolikheten att tåget lägger sig på intilliggande spår till 1,00.

Om tåget kolliderar med plattform eller tunnelvägg och vagnen välter bedöms sannolikheten för att tåget lägger sig på intilliggande spår vara 0,95.

Sannolikhet för att mötande persontåg inte hinner stanna

Då ett annat tåg närmar sig tunneln finns risk att ett godståg har spårat ur med spridning > 1 m och hamnat på angränsande spår. Sannolikheten för kollision är kopplad till turtätheten vid urspårningstillfället.

Under ett **vardagsmedeldygn** sker enligt prognos för år 2045 sammanlagt 425 persontågrörelser (avgångar och ankomster) utmed den södra delen av sträckan respektive 971 persontågrörelser utmed den norra delen. I genomsnitt sker 23 godstågpassager (genomgående) per vardagsdygn.

Utifrån trafikprognos beräknas större delen av persontågen trafikera tunneln mellan klockslagen 05:00-24:00. Några enstaka persontåg (0 tågrörelser utmed södra respektive 12 tågrörelser utmed norra sträckan) trafikerar sträckan under perioden 00:00-05:00.

Under vardagsmedeldygn sker i genomsnitt ca 64 % av godstågen under drifttiden för persontrafiken (se avsnitt 2.2.2). Om man exkluderar godståg där det går att utesluta farligt gods så förväntas i genomsnitt ca 76 % av godstågen under drifttiden för persontrafiken (se avsnitt 2.2.3).

Under persontågens huvudsakliga drifttid sker i genomsnitt 2,3 tågrörelser per timme och spår utmed södra delen (10 spår) respektive 2,8 tågrörelser per timme och spår utmed norra delen (18 spår). Detta motsvarar ett tåg per spår var 26:e minut utmed södra delen (60 minuter / 2,3 tåg per timme och spår) respektive ett tåg per spår var 21:e minut utmed norra delen (60 minuter / 2,8 tåg per timme och spår). Konservativt används ett tåg per spår var 20:e minut vid vidare beräkningar.

Under ett **helgmedeldygn** sker ca 70 % så många persontågrörelser som under ett vardagsdygn. Även under helgmedeldygn sker en klar majoritet av persontågstrafiken under perioden 05:00 – 24:00.

Under helgdygn sker i genomsnitt ca 81 % av godstågen under drifttiden för persontrafiken (se avsnitt 2.2.2). Om man exkluderar godståg där det går att utesluta farligt gods så förväntas i genomsnitt ca 75 % av godstågen under drifttiden för persontrafiken (se avsnitt 2.2.3).

Under helgdygn sker under persontågens huvudsakliga drifttid i genomsnitt 1,5 tågrörelser per timme och spår utmed södra delen (10 spår) respektive 2,4 tågrörelser per timme och spår utmed den norra delen (18 spår). Detta motsvarar ett tåg var 40:e minut utmed södra delen och ett tåg var 25:e minut utmed den norra delen. För helgmedeldygn används konservativt ett tåg per spår var 25:e minut vid vidare beräkningar.

Tid för att stoppa mötande tåg: I Säkerhetsanalys av projekt Överdäckning av Stockholm Centralstation /1/ uppskattas att det tar i genomsnitt ca 5,5 minuter innan driftledningen har hunnit stoppa inkommande tåg från att en olycka inträffat (se Säkerhetsanalys – Bilaga 1 – Bedömning av olyckskonsekvenser). Tiden utgår från maxhastigheten på den aktuella sträckan samt indata från säkerhetsvärderingar för bl.a. Citybanan /29/.

För att beräkna sannolikheten för att ett persontåg på intilliggande spår inte hinner stoppas av trafikledningscentralen och kör på olyckståget vid en urspårningsolycka används en poissonfördelning med intensiteten $\lambda = (1/20)$, där 20 minuter är tiden mellan tåg i en riktning för vardagsmedeldygn. Vidare ansätts tiden $t = 5,5$ minuter som är tiden för inkommande tåg att stanna enligt ovan.

$$P = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - e^{-(1/20 \cdot 5,5)} = 0,24$$

Med ett tåg per spår var 20:e minut blir sannolikheten för ett tåg på intilliggande spår inom 5,5 minuter därmed 0,24.

För helgmedeldygn ansätts samma $t = 5,5$ minuter, men intensiteten $\lambda = (1/25)$, där 25 minuter är tiden mellan tåg i en riktning.

$$P = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - e^{-(1/25 \cdot 5,5)} = 0,20$$

Med 25 minuter per tåg under helgmedeldygn så blir sannolikheten för ett tåg på intilliggande spår inom 5 minuter och 29 sekunder 0,20.

Turtätheten på de olika spåren varierar relativt mycket under den studerade drifttiden. Tiderna på dygnet med högst frekvens av godståg respektive persontåg är dessutom inte nödvändigtvis fördelade på samma sätt över den tid då persontågstrafik huvudsakligen sker. Enligt trafikprognoserna som erhållits från Trafikverket varierar persontågtätheten (exklusive Arlanda Express på spår 1 och 2) under perioden 05:00-00:00 mellan ett persontåg per spår var 15-16:e minut och ett persontåg per spår var 50:e minut. Enligt ovan är det dessutom ca 36 % av godstågen under vardagsdygn respektive ca 19 % under helgdygn som sker när det i stort sett inte går några persontåg. Samtidigt är det en mycket begränsad andel av godstrafiken som sker under högtrafik när turtätheten kan vara mindre än 20 minuter.

Sett till variationen i turtäthet så är det endast ca 10 % av godstågen som trafikerar sträckan under de timmar när turtätheten innebär mindre än 20 minuter per tåg och spår. Vid glesare turtäthet antas sannolikheten för kollision vara mycket låg med hänsyn till ovanstående parametrar.

För att inte underskatta frekvensen för att en urspårning med godståg inträffar under perioder med höga resandemängder så görs inget avdrag i de vidare beräkningarna avseende sannolikheten för mötande persontåg inom mer än 20 minuter. Att en betydande andel av godstågen går under lågtrafik hanteras istället separat i händelseträdet.

I de fall som mötande tåg anländer inom 5,5 minuter och trafikledningen inte har hunnit kontakta tågföraren så finns det dock en god chans att mötande tågförare visuellt kan upptäcka olyckan och hinna bromsa tåget för att undvika kollision. Detta då hastigheten är låg och tunnelsträckningen är relativt rak. Att tågen ankommer till plattformar gör sannolikt föraren ytterligare uppmärksam för att identifiera avvikelser. Det antas att mötande tåg har minst en 75 % sannolikhet att hinna stanna även om de anländer inom 5,5 minuter efter att olyckan inträffar.

Med 20 minuter per tåg under vardagsmedeldygn så blir sannolikheten för att ett tåg kör på det urspårade godståget $0,240 \times (1-0,75) = 0,06$.

Med 25 minuter per tåg under helgmedeldygn så blir sannolikheten för att ett tåg kör på det urspårade godståget $0,197 \times (1-0,75) = 0,0492$.

Vardagsmedeldygn:

Givet att ingen kollision skett med vägg: $0,9 \times 0,24 \times (1-0,75) = 0,054$

Givet att kollision har skett med vägg: $0,45 \times 0,24 \times (1-0,75) = 0,027$

Givet att vagn har välvt men ingen kollision skett med vägg: $1,00 \times 0,24 \times (1-0,75) = 0,060$

Givet att vagnen har välvt och kollision skett med vägg: $0,95 \times 0,24 \times (1-0,75) = 0,057$

Helgmedeldygn:

Givet att ingen kollision skett med vägg: $0,9 \times 0,20 \times (1-0,75) = 0,044$

Givet att kollision har skett med vägg: $0,45 \times 0,20 \times (1-0,75) = 0,022$

Givet att vagn har välvt men ingen kollision skett med vägg: $1,00 \times 0,20 \times (1-0,75) = 0,049$

Givet att vagnen har välvt och kollision skett med vägg: $0,95 \times 0,20 \times (1-0,75) = 0,047$

Sannolikhet för utsläpp, tunnväggiga godstankar

Enligt /25/ är den sammanvägda sannolikheten för utsläpp av farligt gods vid transport i tunnväggiga vagnar (t.ex. brandfarliga vätskor) 30 % (litet 25 % + mellan 4 % + stort 1 %) givet urspårad farligt godsvagn. Med hänsyn till gällande hastighetsbegränsning på aktuell sträcka bedöms detta vara ett mycket konservativt värde.

Urspårning med spridning < 1 m samt urspårning med spridning > 1 m utan att vagn välter eller kollision med annat tåg eller tunnelvägg antas innebära mycket låg sannolikhet för följdscenarier med farligt gods, sannolikheten antas till högst 1 %. Enligt Figur A.3 är den sammanlagda sannolikheten för dessa följdscenarier 88,42% (78,90%+1,01%+8,51%). .

Om det skulle antas att samtliga övriga följdscenarier leder till utsläpp skulle sannolikheten för utsläpp av farligt gods vid transport i tunnväggiga vagnar vara $1,00 \times (1-0,8842) + 0,01 \times 0,8842 = 0,1247$. Dock uppskattas att hastighetsbegränsningen innebär att inte samtliga följdscenarier med kollision med plattform/tunnelvägg eller annat tåg leder till utsläpp.

Om vagn inte välter men kolliderar med plattform/tunnelvägg eller annat tåg antas 30 % leda till utsläpp.

Om vagn välter antas konservativt 100 % leda till utsläpp.

Givet fördelning enligt figur A.3 ger detta följande sannolikhet för utsläpp med farligt gods givet urspårning med tunnväggig vagn:

$$P(\text{Utsläpp}) = (78,90\% + 1,01\% + 8,51\%) \times 0,01 + (0,54\% + 5,53\% + 4,25\% + 0,27\%) \times 0,30 + (0,001\% + 0,092\% + 0,006\% + 0,044\% + 0,794\% + 0,051\%) \times 1,00 = 0,0505$$

Sannolikhet för utsläpp, tjockväggiga godstankar

Gaser (brännbara och giftiga) transporteras vanligtvis kondenserade, d.v.s. flytande (antingen genom tryck eller nedkylning) i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfastighet. Sannolikheten för utsläpp är därför mycket låg.

Generellt gäller att tjockväggiga tankar har en sannolikhet för läckage som är 1/30 av den för tunnväggiga tankar /25/. Detta ger följande sannolikhet för utsläpp med farligt gods givet urspårning med tjockväggig vagn på den aktuella sträckan:

$$P(\text{Utsläpp}) = 0,0505 \times 1/30 = 0,0017$$

3.2.5 Tidpunkt för olyckan

I avsnitt 2.2.2 redovisas en sannolikhetsfördelning för olika resandemängder/trafikscenarier, d.v.s. tidpunkter kopplat till den övergripande godstrafiken över dygnet. I avsnitt 2.2.3 redovisas fördelningen om man exkluderar godstågen där det går att utesluta farligt gods (ca 51,75 %, exkl. tjänstetåg och ensamma diesellok).

Exklusive godstågen där det går att utesluta farligt gods så förväntas att trafikeringen av godståg över ett vardagsmedeldygn fördelas med 24 % sannolikhet för lågtrafik, 61 % för normaltrafik (varav 21 % morgon 05-06 och dag 09-15 samt 40 % kväll 18-24) och 14 % för högtrafik. Motsvarande för helgmedeldygn är 25 % sannolikhet för lågtrafik, 42 % normaltrafik (varav 17 % morgon 05-06 och dag 09-15 samt 25 % kväll 18-24) och 33 % för högtrafik (observera att detta avser definitionen av högtrafik för vardagsdygn).

I konsekvensberäkningarna delas Normaltrafik upp i två delscenarier kopplade till tid på dygnet med anledning av förväntad personbelastning inom planområdet och dess omgivning: Normaltrafik – Dag (05-06, 09-15) respektive Normaltrafik – Kväll (18-24).

Med hänsyn till trafikarbetet med godståg under vardagsdygn (ca 81,7 % av det totala trafikarbetet under året) respektive helgdygn (ca 18,3 %) så antas följande genomsnittliga fördelning mellan respektive tidpunkt:

$$P_{\text{(lågtrafik)}} = 0,817 \times 0,24 + 0,183 \times 0,25 = 0,240$$

$$P_{\text{(normaltrafik – dag)}} = 0,817 \times 0,21 + 0,183 \times 0,17 = 0,206$$

$$P_{\text{(normaltrafik – kväll)}} = 0,817 \times 0,40 + 0,183 \times 0,25 = 0,377$$

$$P_{\text{(högtrafik)}} = 0,817 \times 0,14 + 0,183 \times 0,33 = 0,177$$

3.3 Olycka med RID-klass 1. Explosiva ämnen – delhändelseträdd

Explosiva ämnen och föremål är uppdelad i flera olika undergrupper (riskgrupper) utifrån risk för bl.a. brand, massexplosion, splitter och kaststycken. Enligt RID-S /30/ är det enbart ämnen ur klass 1.1 som innebär risk för massexplosion som påverkar så gott som hela lasten praktiskt taget samtidigt.

Med avseende på olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom plattformsrummet bedöms det huvudsakligen vara en explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 som är aktuell att studera. I de fortsatta beräkningarna antas det konservativt att riskgrupp 1.1 utgör 100 % av alla järnvägsvagnar med explosiva ämnen.

Konsekvenserna av en massexplosion är 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. Enligt Trafikverket är största tillåtna axelvikt (STAX) förbi Stockholms Centralstation 22,5 ton per axel, d.v.s. totalt 45 ton för en tvåaxlad vagn och 90 ton för en fyraxlig vagn.

Det transporteras generellt mycket begränsade mängder explosiva ämnen på järnvägar i Sverige. Enligt den nationella statistiken från Trafikanalys /31/ för den senaste 5 årsperioden redovisas sammanlagda mängder på 0-25 ton per år för hela Sverige.

I bilaga E redovisas Trafikverkets prognos för antalet vagnar med klass 1 genom planområdet 2045.

När det gäller fördelning och förekomst av lastvikter för klass 1 finns det ingen standardlösning. Frågan hanteras olika i olika riskanalyser. Statistiken 2000-2005 visar en fördelning och statistiken från 2009-2017 visar en annan. Skillnaden är markant. Ett antagande har därför varit nödvändigt avseende fördelning av lastvikter. Nedanstående antagande grundar sig i en övergripande jämförelse av ett flertal tidigare riskanalyser som har utförts i Stockholmsområdet.

Antagandet som beräkningarna för Centralstationen baseras på är följande, vilket motsvarar det som utförts i den riskutredning som utförts som underlagsrapport till MKB för järnvägsplanen Mälarbanan sträckan Huvudsta – Duvbo /32/:

- < 150 kg ekvivalent TNT (trotyl): 98 %
- 25 000 kg ekvivalent TNT (trotyl): 2 %

Den antagna fördelningen mellan transportmängder enligt ovan innefattar relativt omfattande osäkerheter, vilket har identifierats både i tidigare arbete med *Riskbedömning tekniska olycksrisker* (samt *Säkerhetsanalys /1/*. Ovanstående antagna fördelning som endast omfattar två extremvärden av potentiella transportmängder (liten mängd respektive en mycket stor mängd per vagn) vilket bedömdes tillräckligt att studera i den aktuella riskutredningen för Mälarbanan där det i första hand är riskpåverkan mot trafikanter och de planerade överdäckningarna utmed den aktuella sträckan som studeras. I arbetet med Säkerhetsanalys Stockholm Central har motsvarande fördelning använts med hänsyn till ett likvärdigt syfte.

Med avseende på påverkan på tredje person som beaktas i *Riskbedömning tekniska olycksrisker* har det dock identifierats en osäkerhet kopplad till att ovanstående fördelning kan ge en otillräckligt nyanserad bild av riskbidraget från olyckor med explosivämnen. Detta påverkar bedömningen av olika åtgärders riskreducerande effekt där alltför grova fördelningar gör det svårt att se hur åtgärderna påverkar risknivån. För att inte underskatta riskbidraget från aktuella olycksrisker och samtidigt ge möjlighet att få en nyanserad bild av riskbidraget från olycka med explosivämnen kommer en känslighetsanalys att utföras med ett antagande om justerad fördelning som dessutom inkluderar flera värden på transportmängd, se vidare bilaga C.

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.

I bilaga E redovisas underlag till frekvensberäkningar för olycka med klass 1 utifrån prognostiserat antal farligt godsvagnar och andel med explosivämnen på den aktuella sträckan. Givet järnvägsolycka med vagn innehållande RID-klass 1 är sannolikheten för en stor massexplosion 0,06 %.

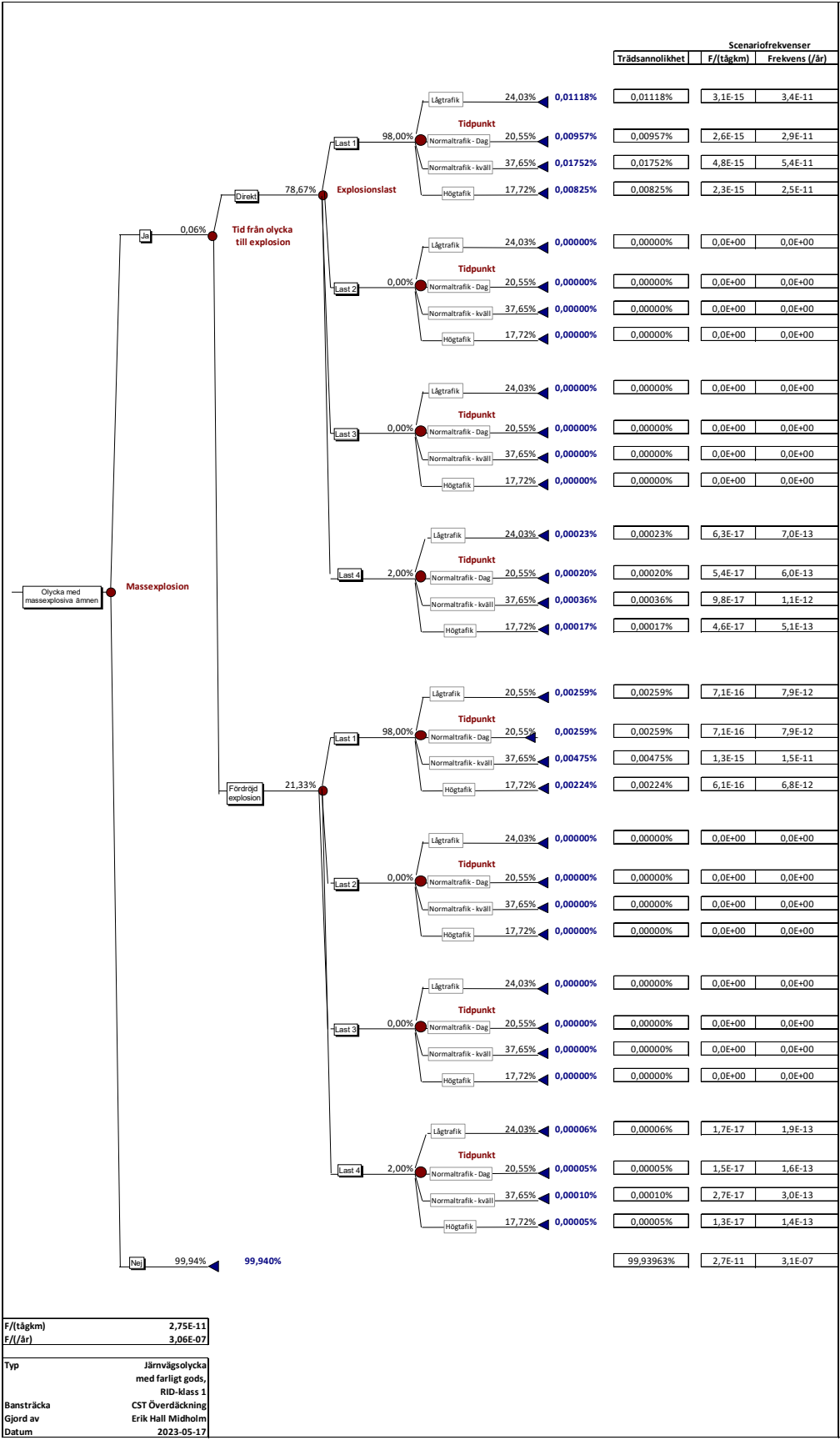
Det antas att sannolikheten för stor massexplosion är jämnt fördelad över de två starthändelserna stora påkänningar vid urspårning eller kollision respektive tågbrand som sprids till lasten. Det som skiljer dessa händelseförlopp är tidsintervallet. En massexplosion p.g.a. starka påkänningar uppskattas ske momentant eller mycket kort efter själva starthändelsen. En massexplosion p.g.a. tågbrand antas däremot vara fördröjd eftersom det kommer att krävas en omfattande brand för att påverka lasten så den exploderar. Tidsintervallet innebär att konsekvenserna av olycksscenarioet kan variera.

Enligt avsnitt 3.2.3 så utgör brand farligt godsvagn starthändelse till ca 21,33 % av samtliga järnvägsolyckor med farligt gods på den studerade sträckan.

Sammanlagt beräknas 59,29 % av järnvägsolyckor på den studerade sträckan (1,5 km) innebära sluthändelser vid station/under överdäckning, se avsnitt 3.2.3.

Med hänsyn till den låga sannolikheten för att en brand i godståg innebär sluthändelse vid station/under överdäckningen (3,03 % enligt avsnitt 3.2.1) så beräknas i avsnitt 3.2.3 att av alla järnvägsolyckor med sluthändelse vid station/under överdäckning så utgör brand i godståg endast grundorsak till 1,09 %.

Figur A.5 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. Fördelningarna mellan tid till detonation utgår i händelseträdets från fördelningen mellan urspårning och brand för hela den studerade sträckan.



Figur A.5. Delhändelse-träd urspårning med farligt godsvagn – RID-klass 1.

3.4 Olycka med RID-klass 2.1. Brännbara gaser – delhändelsesträd

Följdscenarier med brännbara gaser vid järnvägsolycka förknippas med utsläpp till följd av urspårning där utsläppet antänds eller en brand som påverkar en eller flera godsvagnar med brännbar gas. Följdscenariernas omfattning och konsekvenser är dels beroende av utsläppets storlek samt typen av antändning (omedelbar, fördröjd eller utvärdig brandpåverkan på en oskadad godsvagn).

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

- Omedelbar antändning av läckande gas under tryck som ger upphov till jetbrand.
- Fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck, vilket ger upphov till en gasmolnsbrand/gasmolnsexplosion.
- Långvarig brandpåverkan av tank eller tankhaveri vid tågbrand vilket hettar upp gasen så att den kokar och expanderar tills tanken exploderar och innehållet antänds momentant, s.k. BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion).

Sannolikhet för utsläpp

Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Den sammanvägda sannolikheten för utsläpp av gas på den aktuella sträckan givet en urspårning är 0,17 %, se avsnitt 3.2.4.

Enligt /25/ antas följande fördelning mellan olika utsläppstorlekar:

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

Sannolikhet för antändning av utsläpp

Enligt /25/ är sannolikheten för att ett utsläpp av brännbar gas ska antändas i genomsnitt 25 %. Sannolikheten för att ett utsläpp av brännbar gas ska antändas och hur fördelningen ser ut mellan omedelbar och fördröjd antändning är dock beroende av utsläppstorleken. Enligt /33/ kan följande fördelning antas (med ovanstående fördelning mellan utsläppstorlekar så innebär nedanstående en genomsnittlig sannolikhet på ca 25 %):

	Litet	Medelstort	Stort
• omedelbar antändning: (jetflamma)	10 %	15 %	20 %
• fördröjd antändning: (gasmolnsexplosion/gasmolnsbrand)	0 %	25 %	50 %
• ingen antändning:	90 %	60 %	30 %

Enligt VROM – *Guideline for Quantitative Risk Assessment*, "Purple book" /34/ kan vidare fördelningen mellan gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion givet en fördröjd antändning ansättas till 60 respektive 40 %.

Sannolikhet för BLEVE

BLEVE är förkortning för skadescenariot *Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion*. En BLEVE är en explosion där en brännbar gas eller ånga uppnår så högt tryck att godsvagnen kollapsar och det finns en tändkälla som antänder hela vagnens innehåll momentant. Skadescenariot innebär ett mycket omfattande skadeområde.

Sannolikheten för en BLEVE är mycket låg då den förutsätter en kraftig och långvarig brandpåverkan av en oskadad tankvagn som dessutom saknar fungerande säkerhetsventil. Branden hettar då upp tanken så mycket att trycket byggs upp till över tankens dimensioneringsstryck så den till slut rämnar. Detta bedöms t.ex. kunna vara följdscenarier orsakade av en tågbrand som är så omfattande att stora delar av den oskadade tankvagnen påverkas under en längre tid.

I Bilaga 102 till "TRVINFRA-00233 – Krav med Råd tunnelbyggnad" /35/ redovisas ingångsvärden som kan användas för frekvensberäkning av bl.a. BLEVE i järnvägstransport med RID-klass 2. Den sammanlagda olyckskvoten för en stor gasmolnexplosion eller BLEVE i samband med järnvägstransport av RID-klass 2 anges till 2×10^{-11} per tonkm.

Olyckskvoten utgår från de mängder gaser som transporteras på järnväg inom EU under perioden 2004-2009 då det inträffade en större olycka med gasmolnexplosion. Under dessa sex år har det inom EU, inkl. EES, Schweiz, Kroatien och Turkiet, transporterats ca 43,3 miljarder tonkm gaser (i genomsnitt ca 7,22 miljarder tonkm/år) och det har inträffat en stor olycka med antändning av gas (Viareggio i Italien 2009). Den aktuella olyckan omfattade ett händelseförlopp där en järnvägsolycka innebar skador på en tank som ledde till ett tankhaveri med ett i princip momentant utsläpp av hela tanken som därefter antändes. Ovanstående uppgifter innebär en olyckskvot på $1 / 43,3 \times 10^9 = 2,3 \times 10^{-11}$ per tonkm. I /35/ poängteras att det sedan 2009 åtminstone gått ytterligare fyra år utan olycka vilket med oförändrade transportvolymerna skulle innebära en olyckskvot på $1 / (10 \times 7,22 \times 10^9) = 1,4 \times 10^{-11}$ per tonkm. Med hänsyn till detta så avrundas olyckskvoten i /35/ till 2×10^{-11} per tonkm.

Fram till 2020 har det gått ytterligare sju år utan någon motsvarande olycka, vilket borde innebära att olyckskvoten kan förväntas vara ännu lägre. Olyckskvoten som redovisas i /35/ borde med andra ord vara mycket konservativt antagen.

I Trafikverkets "Tunnelsäkerhet – Dimensionerande brandeffekter i godståg" /22/ anges att en tankvagn med gas rymmer i genomsnitt ca 29 ton gas (se Tabell A2 i /22/). Prognostiserat antal farligt godsvagnar och andel med gaser på den aktuella sträckan år 2045 samt ovanstående fördelning mellan mängder per vagn skulle då innebära följande mängd RID-klass 2:

$$1\,250 \times 12,2\% \times 29,0 = 4\,422 \text{ ton per år}$$

För en studerad sträcka på 1,5 km ger detta följande transportarbete RID-klass 2:

$$4\,422 \text{ ton per år} \times 1,5 \text{ km} = 6\,633 \text{ tonkm per år}$$

Den sammanlagda olycksfrekvensen för en stor gasmolnexplosion eller BLEVE skulle baserat på ovanstående olyckskvot enligt /35/ då bli:

$$6\,633 \text{ tonkm/år} \times 2 \times 10^{-11} \text{ olyckor/tonkm} = 1,33 \times 10^{-7} \text{ per år}$$

Enligt figur A.2 i avsnitt 3.2.3 är den totala frekvensen för järnvägsolycka där en vagn med RID-klass 2.1 är inblandad på den studerade sträckan $8,95 \times 10^{-6}$ per år.

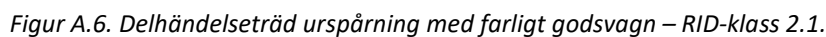
Givet järnvägsolycka med vagn med RID-klass 2.1 skulle sannolikheten för en stor gasmolnexplosion eller BLEVE då vara:

$$\frac{1,33 \times 10^{-7}}{8,95 \times 10^{-6}} = 0,0148 = 1,48 \%$$

Med hänsyn till det begränsade statistiska underlaget som olyckskvoten enligt /35/ utgår från så går det inte att utläsa hur fördelningen mellan stor gasmolnsexplosion och BLEVE kan förväntas se ut givet en olycka med RID-klass 2.1. För de fortsatta beräkningarna kommer det göras ett grovt antagande om att sannolikheten för stor gasmolnsexplosion respektive BLEVE följer fördelningen mellan olycka med RID-klass 2.1 till följd av urspårning (ca 79 %) respektive till följd av tågbrand (ca 21 %). Detta innebär att givet tågbrand med vagn RID-klass 2.1 så är sannolikheten för BLEVE 1,48 %. Ovanstående beräkning kan jämföras med olycksstatistik över bränder i godståg. I Trafikverkets rapport "PM Statistik Godståg" /36/ anges att sannolikheten för en stor eller mycket stor brand (> 1 MW) givet brand i godståg är 36,4 % (32,7 % stor brand + 3,7 % mycket stor brand). Ca 10,2 % av alla stora bränder omfattar en mycket stor brand, vilket definieras som att 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.

Utifrån beskrivningen ovan och med hänsyn till de grundläggande förutsättningarna som krävs för att en järnvägsolycka ska leda till en BLEVE (se början av avsnitt 3.4) antas högst 3,7 % av alla godstågsbränder där vagn med RID-klass 2 är inblandad kunna leda till BLEVE (d.v.s. mycket stor brand). Med ovanstående antagande kring sannolikheten för BLEVE givet tågbrand med RID-klass 2.1 (1,48 %) skulle det innebära att i genomsnitt ca 40 % ($1,48\% / 3,7\%$) av alla mycket stora bränder leder till BLEVE.

Om olyckan inträffar under mark kan släckinsatsen försvåras samtidigt som brandpåverkan på stora delar av godståget ökar. Sannolikheten för BLEVE givet mycket stor brand bedöms därför vara högre vid olycka under överdäckningen än om motsvarande olycka inträffar i det fria. P.g.a. att skadescenariot förutsätter en icke fungerande säkerhetsventil antas sannolikheten för BLEVE vara högst 50 % givet mycket stor brand. I de fortsatta beräkningarna görs ett konservativt antagande att sannolikheten för BLEVE är 50 % oavsett var på sträckan som olyckan inträffar. Detta ger att sannolikheten för BLEVE givet brand i vagn med RID-klass 2.1 beräknas till $3,7\% \times 0,5 = 1,8\%$. Figur A.6 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brännbara gaser som redovisar de förutsättningar som krävs för olika skadescenarier. Fördelningarna mellan tid till detonation utgår i händelsetrådet från fördelningen mellan urspårning och brand för hela den studerade sträckan.



3.5 Olycka med RID-klass 2.3. Giftiga gaser

Följdscenarier med giftiga gaser vid järnvägsolycka förknippas med utsläpp till följd av urspärning/kollision, se avsnitt 3.2.4. För giftiga gaser är följdscenariernas omfattning och konsekvenser främst beroende av utsläppets storlek.

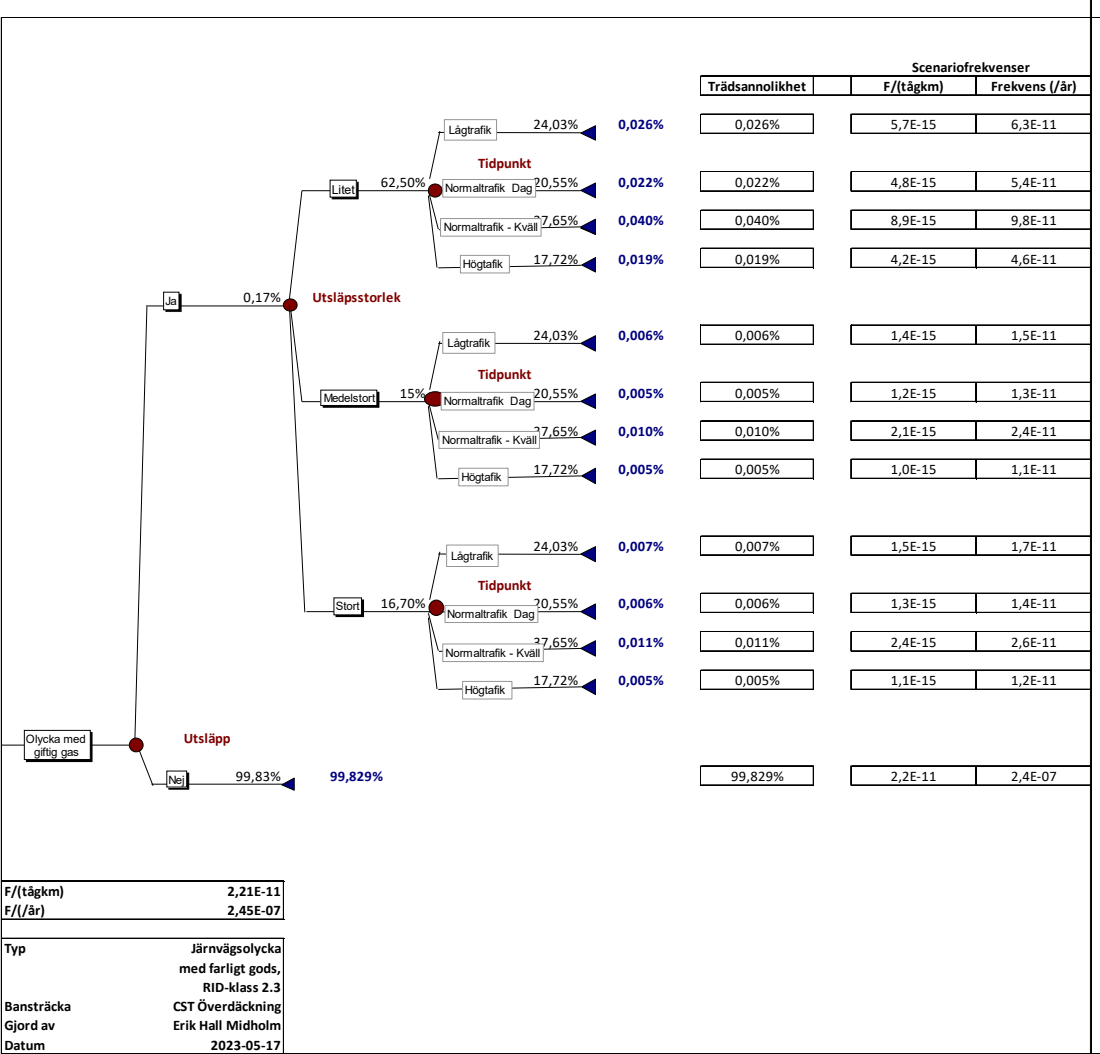
Sannolikhet för utsläpp

Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Den sammanvägda sannolikheten för utsläpp av gas på den aktuella sträckan givet en urspärning är 0,17 %, se avsnitt 3.2.4.

Enligt /25/ antas följande fördelning mellan olika utsläppstorlekar:

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

Figur A.7 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av giftiga gaser som redovisar de förutsättningar som krävs för olika skadescenarier.



Figur A.7. Delhändelsetråd urspärning med farligt godsvagn – RID-klass 2.3.

3.6 Olycka med RID-klass 3. Brandfarliga vätskor

Följdscenarier med brandfarliga vätskor vid järnvägsolycka förknippas med utsläpp till följd av urspårning där utsläppet antänds eller en brand som påverkar en eller flera godsvagnar med brandfarliga vätskor. Följdscenariernas omfattning och konsekvenser är huvudsakligen beroende av utsläppets storlek.

Sannolikhet för utsläpp

Brandfarliga vätskor transporteras normalt i tunnväggiga tankar. Den sammanvägda sannolikheten för utsläpp av brandfarlig vätska på den aktuella sträckan givet en urspårning är 5,05 %, se avsnitt 3.2.4.

Enligt /25/ antas följande fördelning mellan olika utsläppstorlekar:

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

Sannolikhet för antändning av utsläpp

Enligt /25/ är sannolikheten för att ett utsläpp av brandfarlig vätska ska antändas i genomsnitt 12 % (bensin). Sannolikheten för att ett utsläpp av brandfarlig vätska ska antändas är dock beroende av utsläppsstorleken. Enligt /33/ kan följande fördelning antas (med ovanstående fördelning mellan utsläppsstorlekar så innebär nedanstående en genomsnittlig sannolikhet för antändning av utsläpp på ca 15 %):

- Litet läckage: 10 %
- Medelstort läckage: 20 %
- Stort läckage: 30 %

Sannolikhet för tågbrand med brandfarlig vätska

Omfattande brand kan även uppstå om en tågbrand sprider sig till en godsvagn med brandfarliga vätskor. Branden hettar upp tanken så den rämnar. Detta bedöms t.ex. kunna vara följdscenarier orsakade av en tågbrand som är så omfattande att stora delar av den oskadade tankvagnen påverkas under en längre tid.

Sannolikheten för brand i brandfarlig vätska givet en brand i godståg antas på motsvarande sätt som sannolikheten för BLEVE i avsnitt 3.4. Hänsyn tas till att brandfarlig vätska transporteras i tunnväggig tankvagn som antas kunna rämna vid mindre brandpåverkan än en tjockväggig tank.

Utifrån beräkningarna i avsnitt 3.4 bedöms brand i godståg utgöra starthändelse till ca 21,3 % av samtliga järnvägsolyckor med farligt gods på den studerade sträckan.

Med hänsyn till den låga sannolikheten för att en brand i godståg innebär sluthändelse vid station/under överdäckningen (3,03 % enligt avsnitt 3.2.1) så beräknas i avsnitt 3.2.3 att av alla järnvägsolyckor med sluthändelse vid station/under överdäckning så utgör brand i godståg endast grundorsak till 1,09 %.

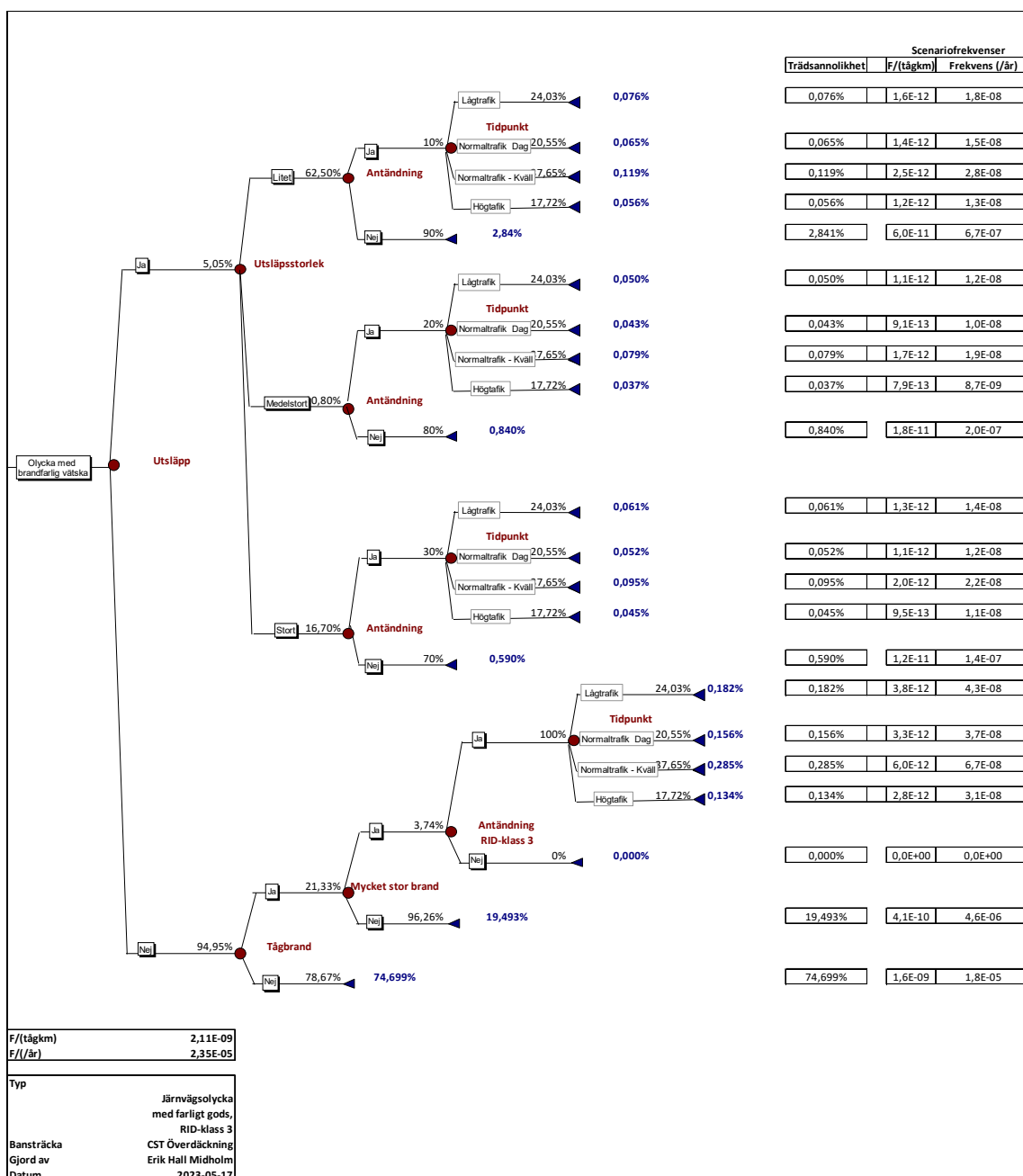
Enligt avsnitt 3.4 är sannolikheten för stor eller mycket stor brand givet brand i godståg ca 37 % (32,7 % stor brand + 3,7 % mycket stor brand). Mycket stor brand (3,7 %) definieras som att branden är så stor att motsvarande en hel vagn blivit utbränd eller att beskrivningen i insatsrapporten visar på en brand som varit svårt att släcka p.g.a. intensitet eller omfattning.

Med hänsyn till gällande transport- och förpackningsregler 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.

Utifrån beskrivningen ovan antas 3,7 % av alla godstågsbränder där vagn med RID-klass 3 är inblandad leder till en brand där den brandfarliga vätskan antänds och förvärrar brandförloppet. Vid olycka i det fria bedöms sannolikheten för antändning av brandfarlig vätska givet mycket stor brand vara högst 30 %.

Om olyckan inträffar under mark kan släckinsatsen försvåras samtidigt som brandpåverkan på stora delar av godståget kan öka. Sannolikheten för antändning av brandfarlig vätska antas därför vara högre än om motsvarande olycka inträffar i det fria. Det antas konservativt att sannolikheten för antändning av brandfarlig vätska är 100 % givet mycket stor brand där vagn med RID-klass 3 är inblandad. I de fortsatta beräkningarna görs ett konservativt antagande att sannolikheten för antändning av brandfarlig vätska är 100 % oavsett var på sträckan som olyckan inträffar.

Figur A.8 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brandfarliga vätskor som redovisar de förutsättningar som krävs för olika skadescenarier.



Figur A.8. Delhändelse-träd urspårning med farligt godsvagn – RID-klass 3.

3.7 Olycka med RID-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 allvarliga personskador. Om det blir involverat i en brand kommer dock brandens intensitet att öka. En brand kan då motsvara ett kraftigt och snabbt brandförlopp vid olycka med brandfarlig vätska (se avsnitt 3.6). 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 bränsle utgörs enligt /37/ av ammoniumdikromat, ammoniumnitrat, ammoniumperchlorat 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 omfattande brand. Ett explosionsscenario med dessa ämnen utan blandning av bränsle har en explosionslast som är ca 20-30 % av massexplosion med motsvarande mängd trotyl.

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

Enligt regelverket RID-S /30/ 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 /31/ 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).

Enligt regelverket RID-S /30/ är det dock inte tillåtet att transportera ammoniumnitrat med mer än 0,2 % av brännbara ämnen (inklusive alla organiska ämnen som kolekvivalent) utom när det utgör beståndsdel i ett ämne eller föremål i klass 1 (explosiva ämnen).

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

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

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

Sannolikhet för explosion p.g.a. urspårning

Oxiderande ämnen och organiska peroxider transporteras normalt i tunnväggiga tankar eller motsvarande förvaring. Den sammanvägda sannolikheten för utsläpp på den aktuella sträckan givet en urspårning är 5,05 %, se avsnitt 3.2.4.

Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska förorenas med tillräckligt mycket brännbart material att det bildas en omfattande blandning antas 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 antas 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.

Sannolikhet för explosion vid tågbrand

Det finns detaljerade regler för hur oxiderande ämnen och organiska peroxider skall förpackas och hanteras vid transport /30/, vilket innebär en begränsad sannolikhet för att en tågbrand ska påverka godset i sådan omfattning att det detonerar.

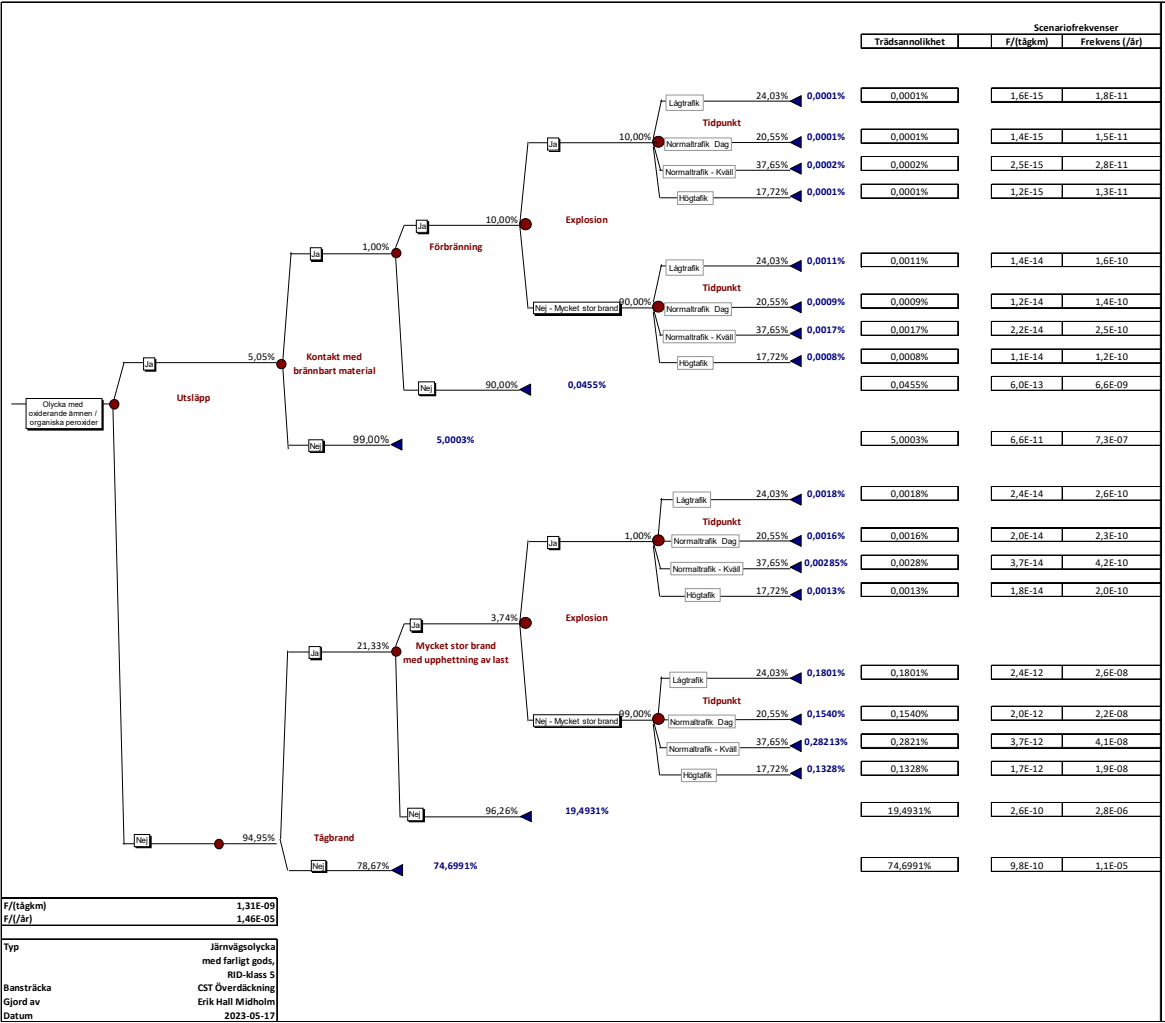
Sannolikheten för att en brand i godståg leder till upphettning av oxiderande ämne och i sin tur risk för ett explosionsartat brandförlopp antas på motsvarande sätt som sannolikheten för brandspridning till en vagn med brandfarlig vätska i avsnitt 3.6. Oxiderande ämnen förutsätts också transporteras i tunnväggig tankvagn.

Utifrån beräkningarna i avsnitt 3.4 bedöms brand i godståg utgöra starthändelse till ca 21,3 % av samtliga järnvägsolyckor med farligt gods på den studerade sträckan. Med hänsyn till den låga sannolikheten för att en brand i godståg innebär sluthändelse vid station/under överdäckningen (3,03 % enligt avsnitt 3.2.1) så beräknas i avsnitt 3.2.3 att av alla järnvägsolyckor med sluthändelse vid station/under överdäckning så utgör brand i godståg endast grundorsak till 1,09 %.

Med hänsyn till gällande transport- och förpackningsregler 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 innebära extern upphettning av det oxiderande ämnet.

Utifrån beskrivningen ovan antas att 3,7 % av alla godstågsbränder där vagn med RID-klass 5 är inblandad leder till en så omfattande brand att lasten hettas upp, vilket kan leda till ett förvärrat brandförlopp. En olycka som inträffar under mark kan försvåra släckinsatsen samt öka brandpåverkan på stora delar av godståget, sannolikheten för upphettning av det oxiderande ämnet antas därför vara högre än om motsvarande olycka inträffar i det fria. Det antas konservativt att sannolikheten för upphettning av det oxiderande ämnet är 100 % givet mycket stor brand där vagn med RID-klass 5 är inblandad. I de fortsatta beräkningarna görs ett konservativt antagande att sannolikheten för upphettning av lasten är 100 % oavsett var på sträckan som olyckan inträffar. Med hänsyn till gällande regler så antas dock sannolikheten för att tågbranden och efterföljande upphettning av lasten leder till ett explosionsartat brandförlopp vara mycket låg, uppskattningsvis högst 1 %. I övriga fall där branden hettar upp lasten antas det utläckta godset fungera brandunderstödande så att brandförloppet motsvarar en mycket stor brand.

Figur A.9 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brandfarliga vätskor som redovisar de förutsättningar som krävs för olika skadescenarier.



Figur A.9. Delhändelse-träd urspårning med farligt godsvagn – RID-klass 5.

4. Referenser, Bilaga A

- /1/ Säkerhetsanalys Överdäckning av Stockholms Centralstation – Centralstaden, Stockholm, Brandskyddslaget, Samrådsversion 2024-11-26
- /2/ Bäckman. J, Bäckmans verkstäder, BOR, 2002.
- /3/ Järnvägsinspektionen, HÄR-databasen.
- /4/ Erik Sparre, Banverket, Ursparning, kollision och bränder på svenska järnvägar mellan åren 1985-1995, 1995.
- /5/ SJ stab och trafiksäkerhet, Trafiksäkerhet 1994.
- /6/ Banverket, Statistik över olyckor på statens spåranläggningar, 1997.
- 7/ SJ stab och trafiksäkerhet, Trafiksäkerhet 1991.
- /8/ Banverket, Statistik över olyckor på statens spåranläggningar, 2006.
- /9/ Trafikverket, Statistik för brand i persontåg, publ.nr 2013:183. 2012-12-21.
- /10/ Trafikanalys, Bantrafik 2019, Statistik Rapport 2020:19
- /11/ Trafikanalys, Bantrafikskador 2019, Statistik Rapport 2020:18
- /12/ Olov Holmstedt Jönsson, Frekvensbedömning och konsekvensbedömning, Mälarbanan, Huvudsta-Duvbo, 9921-00-025_R25, 2018-06-07
- /13/ Trafikverket, Tunnelsäkerhet Dimensionerande brandeffektkrivor i godståg - Beslutsunderlag och modell för att skapa dimensionerande brandeffektkurvor i tunnelprojekt med spårbunden trafik, publ.nr 2016:117.
- /14/ Trafikverket, INDATA TILL BSL_Antal tåg Cst nuläge_210329 (excel-dokument), erhållna via Anders Silfver, Trafikverket (e-mail 2021-03-29)
- /15/ Trafikverket, INDATA TILL BSL_Antal tåg Cst nuläge HELG_210623 (excel-dokument), erhållna via Anders Silfver, Trafikverket (e-mail 2021-06-24)
- /16/ Trafikverket, INDATA TILL BSL_Antal tåg Cst 2045_210329 (excel-dokument), erhållna via Anders Silfver, Trafikverket (e-mail 2021-03-29)
- /17/ Trafikverket, INDATA TILL BSL_Antal tåg Cst 2045 HELG_210623 (excel-dokument), erhållna via Anders Silfver, Trafikverket (e-mail 2021-06-24)
- /18/ Antal godståg Cst-Sst och Cst-Tmö M-F, L, S, Trainplan v2147 och 2045 (excel-dokument), Källa: Trafikverket, erhållna via Anders Silfver, Trafikverket (e-mail 2021-09-24)
- /19/ Uppgifter om genomsnittligt antal godsvagnar per tåg, Källa: Trafikverket, Statistikcenter, erhållna via Ludvig Elgström, Trafikverket (e-mail: 2018-12-17)
- /20/ Besluts-PM: Förutsättningar för godstrafik och transporter av farligt gods förbi Stockholms centralstation, Trafikverket, 2018-10-17
- /21/ Fördelning farligt gods förbi Centralstationen, erhållet av Ludvig Elgström, Trafikverket, 218-12-04
- /22/ Tunnelsäkerhet Dimensionerande brandeffektkurvor i godståg (Trafikverket publ.nr. 2016:117), Brandskyddslaget AB på uppdrag av Trafikverket, 2016
- /23/ Olsson. A, Authén. S, Relcon AB, Analys av olycksstatistik i HÄR 1994-1999, Brand, sammanstötning och ursparning, 2000-02-24.

-
- /24/ Olov Holmstedt Jönsson, Frekvensbedömning och konsekvensbedömning, Mälarbanan, Huvudsta-Duvbo, 9921-00-025_R25, 2018-06-07
 - /25/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996
 - /26/ J. Bäckman, "BOR," Bäckmans verkstäder, 2002.
 - /27/ Railway safety – Risks and Economics, Johan Bäckman, Department of Infrastructure and planning, Kungliga Tekniska Högskolan, 2002
 - /28/ Säkerhetsanalys Varbergstunneln, Brandskyddslaget AB, 2019-11-27.
 - /29/ Säkerhetsvärderingen för Citybanans tunnlar, Rapport 9552-2007-025-082, Brandskyddslaget AB, 2012-12-11
 - /30/ RID-S 2023 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2022:4, 2022
 - /31/ Bantrafik 2022 (Rapportnr 2023:23), Statistikrapport från Trafikanalys
 - /32/ Mälarbanan Huvudsta – Duvbo, Underlagsrapport Risk och säkerhet, Rapportnr TRV 2015/87751, Trafikverket 2018-11-30
 - /33/ Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993
 - /34/ Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book". Ministerie van Verkeer en Waterstaat (VROM), Nederländerna, 2005
 - /35/ TRVINFRA-00233 Krav med rådtext Tunnelbyggande version 1.0, Trafikverket 2021-01-11
 - /36/ PM Statistik godståg (Trafikverket rapport 101107-22-025-121), Brandskyddslaget på uppdrag av Trafikverket, 2015
 - /37/ FOI Memo 2774 – Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5, FOI, 2009-04-20

Riskbedömning tekniska olycksrisker – Bilaga B. Konsekvensberäkningar

Centralstaden, Stockholm

Underlag till detaljplan

2024-11-26

Dokumenttyp: Riskbedömning tekniska olycksrisker – Bilaga B. Konsekvensberäkningar

Uppdragsnamn: Centralstaden, Stockholm
Del av fastigheten Norrmalm 5:3 m.fl., Stockholms stad
Underlagshandling till detaljplan

Uppdragsnummer: 503257

Datum: 2024-11-26

Status: Underlag till detaljplan

Uppdragsledare: Rosie Kvål

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

Uppdragsgivare: Jernhusen AB, kontaktperson: Sonya Stark

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2024-11-26	Erik Hall Midholm	Lisa Smas Pierre Wahlqvist	Samrådshandling

Innehållsförteckning, Bilaga B

1.	INLEDNING	4
1.1	Bakgrund och syfte.....	4
1.2	Metodbeskrivning	4
2.	FÖRUTSÄTTNINGAR	4
2.1	Planområdet.....	7
2.2	Omkringliggande bebyggelse	9
2.3	Områden utomhus.....	10
3.	FARLIGT GODSOLYCKA	11
3.1	Olycka med RID-klass 1. Explosiva ämnen	11
3.2	Olycka med RID-klass 2.1. Brännbara Gaser	14
3.3	Olycka med RID-klass 2.3. Giftiga Gaser	20
3.4	Olycka med RID-klass 3. Brandfarliga vätskor.....	25
3.5	Olycka med RID-klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider	29
4.	REFERENSER, BILAGA B	32

1. Inledning

Denna handling utgör del av Riskbedömning tekniska olycksrisker för projektet Centralstaden (del av fastigheten Norrmalm 5:3 m.fl.), Stockholms stad.

1.1 Bakgrund och syfte

I denna bilaga utförs en konsekvensanalys av olyckor i driftskedet som valts ut utifrån den inledande kvalitativa riskanalysen i huvudrapporten. Konsekvensberäkningarna avgränsas till att beakta olycksrisker som bedömts kunna påverka risknivån för tredje man inom planområdet.

Följande händelser ingår i konsekvensberäkningarna:

- Järnvägsolycka med farligt gods
 - Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)
 - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
 - Utsläpp och antändning av brännbar vätska (klass 3)
 - Olycka med klass 5 som leder till explosionsartat händelseförlopp

1.2 Metodbeskrivning

Konsekvenserna för skadescenarierna beräknas alternativt bedöms med simuleringsprogram, handberäkningar samt litteraturstudier. Val av metodik redovisas löpande för respektive olycksrisk.

I riskanalysen används riskmåten **individrisk** och **samhällsrisk**. Med hänsyn till detta består konsekvensberäkningarna av beräkning av skadeavstånd/skadeområde respektive beräkning/bedömning av antal omkomna till följd av respektive olycksrisk.

2. Förutsättningar

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 nuläget, planförslaget samt för nollalternativet (dvs. utan planerad ny bebyggelse). Se utförligare beskrivning av dessa i huvudrapporten.
- Frekvensberäkningarna i bilaga A omfattar en 1,5 km lång sträcka, men konsekvensberäkningarna avgränsas till att studera respektive olycksscenarios maximala skadeområde.
- Figur B.1 utgör en översiktsbild som visar det studerade området.
- Det område som beaktas i konsekvensberäkningarna motsvarar det maximala skadeområdet för aktuella skadescenarier (cirka 300 meters radie kring valda olycksplatser).



Figur B.1. Översiktsbild över det studerade området och dess närmaste omgivning. Planområdets avgränsning är orangemarkerad. (källa: Jernhusen)

Konsekvensberäkningarna utgår från planerad exploatering i enlighet med beskrivning i huvudrapporten.

För att kunna bedöma hur stort antal personer som befinner sig inom respektive skadeområde så görs grova uppskattningar av antal personer inom planområdet och omgivningen. Uppskattningarna utgår från en kartläggning av omgivande verksamheter inom ca 300 meter från planområdet, information kring planerad ny bebyggelse inom planområdet samt antaganden kring persontätheter beroende av verksamhet.

Vid uppskattningen av antalet personer som vistas inom planområdet och omgivningen kommer nedanstående persontätheter att användas, se tabell B.1.

Tabell B.1. Uppskattade personantal och persontätheter som underlag till konsekvensberäkningar.

Typ av verksamhet	Persontäthet/personantal
Bostäder (i omgivningen)	0,033 personer per m ² BOA, d.v.s. 1 boende per 30 m ² bostadsarea.
Hotell	0,033 personer per m ² LOA, d.v.s. 1 person per 30 m ² LOA, Persontätheten utgår från antagandet att det är lika många personer som antal rum samt antal personer som ryms i konferensdelar etc.
Kontor	0,07 personer per m ² LOA (enligt uppgift från projektet)
Butikslokaler	0,25 personer per m ² *
Restauranger	0,5 person per m ² *
Personal, lager	ca 0,07 personer per m ² LOA (antas grovt motsvara kontor)
Utomhus	Dagtid antas ca 10 % av personer i området vistas utomhus. Nattetid antas högst 5 % vistas utomhus.
Cityterminalen	600 personer vid en och samma tidpunkt**
Centralstationen	Nuläge: ca 7 875 personer vid en och samma tidpunkt Nollalternativ år 2045: Se ovan. Planförslag år 2045: ca 7 875 personer vid en och samma tidpunkt.

* Värdena baseras på de allmänna råden för dimensionerande persontäthet som redovisas i BBR (värdena avser nettoarea) [1]: kontor: 0,1 pers/m²; restaurang: 1,0 pers/m²; butik: 0,5 pers/m².
Eftersom kartläggningen avseende olika verksamheter avser bruttoarea så reduceras persontätheterna med hänsyn till förekomst av bl.a. allmänna utrymmen, utrymmen utan stadigvarande vistelse (t.ex. lager, förråd, teknikutrymmen och trapphus m.m.), restaurangkök m.m.

Observera att dessa värden är angivna som underlag för dimensionering av utrymnings säkerhet, vilket innebär maximal personbelastning. Så höga persontätheter bedöms endast uppstå vid relativt begränsade tillfällen och kan ej förväntas utgöra ett genomsnittligt värde för flera verksamheter samtidigt. Det är därför mycket konservativt att förutsätta detta som genomsnittliga persontätheter inom aktuell bebyggelse.

** Antalet personer är uppskattat utifrån antal resande per dygn. Det innebär en persontäthet på 0,12 pers/m².

Persontätheten inom det studerade området varierar stort över dygnet. Det skulle kunna identifieras ett otal olika förutsättningar som i sin tur påverkar antalet personer som kan omkomma vid de studerade olycksriskerna, bl.a. utifrån vardags- eller helgdygn, tid på dygnet m.m.

Konsekvenserna kommer att beräknas för vardagsdygn respektive helgdygn.

Vidare kommer respektive dygn att delas upp utifrån tidsintervall och trafikeringsbegrepp kopplade till trafikering och resandemängder på järnvägen. I Säkerhetsanalys av projekt Överdäckning av Stockholm Centralstation /2/ som studerar risknivån inom plattformsrummet är analysen uppdelad utifrån följande tidsintervall. Denna uppdelning används också i frekvensberäkningarna, se bilaga A:

- Högtrafik:** Tider kl. 06:00-09:00 och 15:00-18:00 när det är som mest persontågstrafik, hög andel personer på plattformar och i stationsutrymmen. Mycket begränsad godstågstrafik.
- Normaltrafik:** Omfattar trafik dagtid utanför rusningstimmarna, d.v.s. kl. 05:00-06:00, 09:00-15:00 och 18:00-24:00 när antalet resenärer inte är så omfattande som i högtrafik. Persontågstrafiken dominerar över godstågstrafiken.
- Lågtrafik:** Omfattar nattetid, kl. 24:00-05:00. Ingen eller mycket gles persontågstrafikering, under merparten av tiden finns inga personer på inom plattformsrummet. Hög frekvens av godståg eftersom kapaciteten på spåren är hög under lågtrafik.

Konsekvensberäkningarna för det studerade planområdet och dess omgivning kommer att utgå från uppskattade genomsnittliga personbelastningar för motsvarande tidsintervall. Med hänsyn till att förhållandena gällande personbelastningar inom både ny och befintlig bebyggelse antas kunna variera relativt mycket under olika delintervall av i synnerhet Normaltrafik kommer detta tidsintervall att delas upp i dagtid (05:00-06:00 samt 09:00-15:00) respektive kvällstid (18:00-24:00).

Det uppskattade personantalet inom planområdet samt dess omgivning kommer att uppskattas utifrån en förväntad belastning inom respektive verksamhetstyp/markanvändning som funktion av ovanstående tidsintervall. Den förväntade belastningen redovisas som andel av uppskattat maxvärde för respektive verksamhetstyp, se tabell B.2.

Tabell B.2. Genomsnittlig fördelning av persontätheter (av maxantalet) över dygnet som underlag till beräkningar.

Verksamheter	Högtrafik 06.00-09.00 15.00-18.00	Normaltrafik – Dagtid 05.00- 06 :00/ 09.00-15.00	Normaltid – kväll 18:00 – 24:00	Lågtrafik 00.00-05.00
Hotell	90 % i rum 50 % i konferensdelar	50 % i rum 100 % i konferensdelar	100 % i rum 0 % i konferensdelar	100 % i rum 0 % i konferensdelar
Kontor	50 %	100 %	0 %	0 %
Butikslokaler och liknande verksamheter	70 %	90 %	50 %	0 %
Restaurang	50 %	90 %	90 %	0 %
Utomhus	100 %	100 %	10 %	5 %
Stationsytor	100 %	50 %	50 %	0 %
Bussterminal	90 %	70 %	70 %	10 %

2.1 Planområdet

2.1.1 Allmänt

Nuläge

Inom planområdet utgörs antalet personer i Nuläget huvudsakligen av resenärer och andra som har ärenden till stationsutrymmena. Det rör sig bland annat om personer som byter mellan olika kommunikationsslag och personer som ska nyttja serviceutbudet i stationen.

Den befintliga stationsbyggnaden har inte dimensionerats med hänsyn till olycka med farligt gods på järnvägen.

Nollalternativ år 2045

Samma förutsättningar gäller för Nollalternativ år 2045 som för Nuläge med undantag för att antalet resenärer förväntas öka i takt med prognostiserade trafikökningar (se avsnitt 2.1.2).

Planförslag år 2045

Planen omfattar överdäckning av de öppna delarna av spårområdet mellan Vattugatan/Centralbron i söder och Kungsbron i norr. Det innebär att det blir två separata överdäckningar, en mellan Vattugatan/Centralbron och Klarabergsviadukten och en mellan Klarabergsviadukten och Kungsbron. Se vidare beskrivning i avsnitt 2.1.3.

2.1.2 Stationsutrymmen

Enligt brandskyddsbeskrivningen för Stockholms Centralstation är Centralhallen dimensionerad för 4 000 personer. Tillsammans med SJ Lounge (150 personer), Övre hallen (500 personer) och kommunikationsytor och butiker i Nedre hallen (2 200 personer) samt kontorsutrymmen (ca 1 025 personer) är det sammanlagda dimensionerande personantalet ca 7 875 personer /3/. Utifrån de antaganden kring fördelning av persontätheter över dygnet för olika verksamheter förväntas personantalet ej uppnå max inom samtliga verksamheter samtidigt.

De dimensionerande personantalen för Centralstationen inkluderar personer som vistas på plattform men tar även höjd för evenemang i Centralhallen. För Nuläge så uppskattas personantalet inom stationsutrymmen inom planområdet konservativt utifrån ovanstående dimensionerande personantal enligt verksamhetens brandskyddsbeskrivning, d.v.s. maximalt 7 875 personer. Personbelastningen under studerade tidsintervall beräknas utifrån uppgifter i tabell B.2.

Enligt trafik- och resandeprognoser för år 2045 så förväntas antalet resenärer att öka med nära en faktor 2 från Nuläge till år 2045. För Nollalternativ 2045 kommer denna ökning sannolikt även att märkas inom befintliga stationsutrymmen med ökad trängsel. Den befintliga stationsbyggnaden är dock överbelastad och det är därför inte rimligt att anta en omfattande ökning av personbelastningen även inom stationsutrymmen eftersom de dimensionerande personantalen för stationsbyggnaden kommer att utgöra en övre gräns (se ovan). Det antas grovt att personantalen inom stationsutrymmen för Nollalternativet år 2045 motsvarar Nuläge.

För Planförslaget år 2045 så planeras en ny stationsutformning där den befintliga stationsbyggnaden kompletteras med nya stationsdelar (uppdelat i två stationsdelar ovanpå södra respektive norra överdäckningen). De nya stationsdelarna planeras med en total BTA om ca 7 000 m² (4 000 m² ovanpå södra respektive 3 000 m² ovanpå norra överdäckningen). Enligt uppgifter från Jernhusen är syftet med de nya stationsdelarna inte att utöka det totala personantalet inom Stockholms Centralstation jämfört med Nuläge/Nollalternativ 2045 utan det handlar om att få en mer normal persontäthet inom stationen. Det antas därför grovt att det totala personantalet inom stationsutrymmen för Planförslaget år 2045 motsvarar Nollalternativ 2045, där dessa fördelas över befintliga och nya stationsutrymmen.

Vidare så antas fördelningen av personantalet mellan nya och befintliga stationsutrymmen utifrån att nya stationsdelar för Planförslaget år 2045 belastas av det sammanlagda personantalet för Centralhallen, SJ Lounge samt Övre hallen (sammanlagt 4 650 personer vid maxbelastning). Övriga personer förväntas vistas inom befintliga stationsutrymmen (sammanlagt 3 225 personer vid maxbelastning).

Utifrån ovanstående beskrivning samt förväntad belastning för olika verksamhetstyper enligt tabell B.2 sammanställs förväntad personbelastning inom stationsutrymmen i tabell B.3.

Tabell B.3. Antal personer i stationsutrymmen som underlag till beräkningar.

	Högtrafik	Normaltrafik – Dag	Normaltrafik – Kväll	Lågtrafik
Nuläge	7 363	4 450	3 425	0
Nollalternativ år 2045	7 363	4 450	3 425	0
Planförslag år 2045				
- Befintliga stationsutrymmen	2 715	2 125	1 100	0
- Nya stationsutrymmen	4 650	2 325	2 325	0

2.1.3 Ny ovanpåliggande bebyggelse (ej station)

Planen omfattar en överdäckning av de öppna delarna av spårområdet mellan Vattugatan i söder och Kungsbron i norr. Det innebär att det blir två separata överdäckningar, en mellan Vattugatan och Klarabergsviadukten och en mellan Klarabergsviadukten och Kungsbron. I den fortsatta analysen kallar vi dem södra respektive norra överdäckningen.

Planerade volymer för respektive markanvändning redovisas i tabell B.4.

Tabell B.4. Planerad markanvändning utifrån aktuellt planförslag.

Markanvändning	Area (LOA)
Station (se avsnitt 2.1.2)	8 711
Kontor	106 616
Handel, service	12 488
Hotell	12 065
Personal, lager	1 085
Totalt	140 965

Respektive överdäckning och dess bärande konstruktioner dimensioneras enligt konstruktionsutredning så att de inte rasar vid t.ex. stötvåg från explosion på spårområdet. Bärande konstruktioner för överdäckningen samt ovanpåliggande bebyggelse ska utformas för att förhindra fortskridande ras vid explosion med karakteristiska tryck och impulstätheter motsvarande en massexplosion. Inga laster från ovanpåliggande konstruktioner förs ner på tunneltaket.

Utifrån ovanstående beskrivning av bebyggelseförslaget samt förväntad belastning för olika verksamhetstyper enligt tabell B.2 sammanställs förväntad personbelastning inom ny ovanpåliggande bebyggelse i tabell B.5. Avdrag görs för uppskattat personantal utomhus enligt avsnitt 2.3.

Tabell B.5. Antal personer inomhus i ny bebyggelse inom planområdet.

	Högtrafik	Normaltrafik – Dag	Normaltrafik – Kväll	Lågtrafik
Nuläge	-	-	-	-
Nollalternativ år 2045	-	-	-	-
Planförslag år 2045	5 680	9 630	1 825	380

2.2 Omkringliggande bebyggelse

En inventering har gjorts av befintlig bebyggelse inom 300 meter från spårområdet vid Stockholms central. Inventeringen omfattar ungefärlig yta och verksamhet i respektive byggnad. Utifrån detta har antaganden kunnat göras om personantalet i närområdet.

Bebyggelsen i området är tät med en relativt hög persontäthet dagtid. Nattetid är persontätheten lägre eftersom det inte finns några bostäder i direkt anslutning till spårområdet och enbart en liten andel hotell. I direkt anslutning till spårområdet planeras ingen ny bebyggelse utöver planförslaget. Det innebär att förändringarna i personantal är försumbar.

Utmed områdets västra sida finns idag Stockholm Waterfront som är ett kongresscenter med plats för ca 3 000 mässdeltagare. Byggnaden är uppförd med hänsyn tagen till risker från trafiken på bangården. Väster om området finns även ett hotell (Radisson Blu Waterfront) med ca 400 rum, en kontorsbyggnad (Waterfront building) med restauranger i bottenvåningen samt Kungsbrohusen med kontor samt ett hotell och restauranger i bottenvåningen.

Gällande detaljplaner för bebyggelse utmed områdets västra sida som vann laga kraft 2007 (Klara hotell och konferens = Stockholm Waterfront, samt Blekholmen 3 och 4 m.m. 2005 = Kungsbrohusen) omfattar planbestämmelser som ställer krav på skydd mot olycka med farligt gods på järnvägen. Bärande konstruktioner ska utformas så att byggnad inte rasar vid t.ex. stötvåg från explosion på spårområdet, fasader mot spårområdet ska utföras utan brännbart material och ha fasta fönster med laminerat glas, samt luftintag och utrymningsvägar får inte placeras direkt mot spårområdet.

Öster om det studerade området finns förutom Centralstationen även World Trade Center (WTC) som huvudsakligen omfattar kontor, men även handel och restaurang samt en busstation.

Gällande detaljplan för bebyggelse utmed områdets östra sida som vann laga kraft 1985 (Centralstationsområdet m.m. = WTC och Cityterminalen) omfattar inga planbestämmelser som skyddar mot olycka med farligt gods på järnvägen.

Norr och söder om området finns huvudsakligen spårområde och annan infrastruktur och i princip ingen bebyggelse.

I tabell B.6 redovisas ett ungefärligt personantal som förväntas vistas inomhus i omkringliggande bebyggelse vid olyckstillfället.

Tabell B.6. Antal personer inom kringliggande bebyggelse i öster respektive väster om planområdet inom ca 300 meter från spårområdet.

	Högtrafik	Normaltrafik – dag	Normaltrafik – kväll	Lågtrafik
Nuläge	34 100	55 850	32 900	9 100
Nollalternativ år 2045	34 100	55 850	32 900	9 100
Planförslag år 2045	34 100	55 850	32 900	9 100

2.3 Områden utomhus

En grov kartläggning av ytor utomhus visar att det inom studerat område är ca 125 000 m² obebyggda ytor som kan påverkas vid en olycka i nuläget och för nollalternativet. Av ytan bedöms ungefär 40 % vara direkt exponerat mot spårområdet. För planförslaget blir andelen yta utomhus som kan påverkas vid en olycka något mindre, ca 105 000 m², varav ca 30 % är direkt exponerat mot spårområdet.

Enligt tabell B.2 antas personantalet utomhus utgöra ca 5-10 % av det totala personantalet inom området som beräknas utifrån mängden bebyggelse.

I tabell B.7 redovisas antalet personer som förväntas vistas utomhus vid olyckstillfället.

Tabell B.7. Antal personer utomhus inom planområdet och omgivningen.

	Högttrafik	Normaltrafik – dag	Normaltrafik – kväll	Lågtrafik
Nuläge	4 375	6 350	3 985	450
Nollalternativ år 2045	4 375	6 350	3 985	450
Planförslag år 2045	5 640	8 625	4 390	490

3. Farligt godsolycka

3.1 Olycka med RID-klass 1. Explosiva ämnen

3.1.1 Metodik

Enligt bilaga A begränsas den detaljerade riskanalysen till att studera explosion med ämnen ur RID-klass 1, riskgrupp 1.1. Konsekvensberäkningarna omfattar tre skadescenarier utifrån den uppdelning som redovisas i bilaga A:

- < 150 kg ekvivalent TNT (trotyl)
- 25 000 kg ekvivalent TNT (trotyl)

Den antagna fördelningen mellan transportmängder enligt ovan innefattar relativt omfattande osäkerheter, vilket har identifierats både i tidigare arbete med *Riskbedömning tekniska olycksrisker* (samt *Säkerhetsanalys* /2/. Ovanstående antagna fördelning som endast omfattar två extremvärden av potentiella transportmängder (liten mängd respektive en mycket stor mängd per vagn) vilket bedömdes tillräckligt att studera i den aktuella riskutredningen för Mälarbanan där det i första hand är riskpåverkan mot trafikanter och de planerade överdäckningarna utmed den aktuella sträckan som studeras. I arbetet med Säkerhetsanalys Stockholm Central har motsvarande fördelning använts med hänsyn till ett likvärdigt syfte.

Med avseende på påverkan på tredje person som beaktas i *Riskbedömning tekniska olycksrisker* har det identifierats en osäkerhet kopplad till att ovanstående fördelning kan ge en otillräckligt nyanserad bild av riskbidraget från olyckor med explosivämnen. Detta påverkar bedömningen av olika åtgärders riskreducerande effekt där alltför grova fördelningar gör det svårt att se hur åtgärderna påverkar risknivån. För att inte underskatta riskbidraget från aktuella olycksrisker och samtidigt ge möjlighet att få en nyanserad bild av riskbidraget från olycka med explosivämnen kommer en känslighetsanalys att utföras med ett antagande om justerad fördelning som dessutom inkluderar flera värden på transportmängd, se vidare bilaga C.

Vid en detonation av en laddning uppkommer ett mycket högt tryck mot ytor i närheten, men varaktigheten är mycket kort. Det infallande trycket minskar kraftigt med avståndet.

Som underlag till PM Risk som upprättades i tidigt plandialog /4/ genomförde Tyréns beräkningar och bedömningar av belastning och respons vid detonation /5/ för ovanstående explosionslaster. Beräkningarna utförs dels för Nuläget/Nollalternativet (d.v.s. utan överdäckning), dels för Planförslaget (d.v.s. med överdäckning). Beräkningarna beaktade kringliggande bebyggelse och dess reducerande effekt på infallande tryck och därmed potentiellt skadeområde för respektive explosionslast.

Konsekvensberäkningarna utgår från beräkningar av maximalt övertryck (P), impulstäthet (I) samt varaktighet (t) för de studerade explosionsscenarierna. 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 karakteristiska statiska tryckkapacitet (P_{Cd}) och impulskapacitet (I_{Cd}). För att byggnadsdelen ej ska rasa så ska följande ekvation uppfyllas:

$$\frac{I_{cd}}{I} + \frac{P_{cd}}{P} \geq 1$$

Som underlag till Riskbedömning tekniska olycksrisker har Thornton Tomasetti, Inc. genomfört beräkningar och bedömning av belastning och respons vid detonation under mark, d.v.s. i den planerade tunneln /6/. Rapporten redovisar känslig information och är sekretessklassificerad. Avseende olycka under mark så ersätter /6/ de beräkningar och bedömningar som genomfördes som underlag till PM Risk i tidig plandialog 2019 /5/.

3.1.2 Bedömningskriterier

Inomhus: Enligt ovan beror konsekvenserna inomhus på explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) i förhållande till byggnadsdelarnas karaktäristiska tryck (P_c) och impuls (I_c), se ekvationen i avsnitt 3.1.1.

I tabell B.8 redovisas exempel på karaktäristiska tryck (P_c) respektive impulstäthet (I_c) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärlighet [7].

Tabell B.8. Karaktäristisk tryckkapacitet (P_{cd}) respektive impulskapacitet (I_{cd}) 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 tvärvägg 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
<i>Icke bärande konstruktioner</i>		
Lätta utfackningsväggar (plåtkassetter) i pelarhus	5	0,5
Medeltunga utfackningsväggar (regelstomme & fasadtegelskal)	5	1,0

Personer som vistas inomhus kan även omkomma till följd av krossade fönster. Motståndsförmågan är beroende av glasrutornas storlek, sidoförhållanden och tjocklek samt hur glasrutorna är inspända. Enligt uppgifter som sammanställs i /7/ krossas 1 % fönsterrutor i bebyggelse vid ett infallande tryck på 1 kPa, 10 % vid ca 3 kPa respektive 50 % vid ca 10 kPa.

För omkringliggande befintlig bebyggelse har Tyréns beräknat de tryckvågsutsatta konstruktionernas dynamiska tryck- och impulskapaciteter enligt Fortifikationsverkets *Konstruktionsregler FKR 2011*. Motsvarande dimensionerings- och beräkningsregler finns inte i de civila motsvarigheterna Eurokoder med tillämpningar enligt Boverkets EKS 11 eller i Transportstyrelsens/Trafikverkets TRVFS 2011:12.

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 100 % av personer som vistas inom totalkollapsade byggnadsdelar omkommer. Inom byggnadsdelar som endast rasar lokalt eller där fönster och glaspartier krossas antas ca 5-15 % omkomma.

Utomhus: En människa tål tryck relativt bra och riskerar i huvudsak att förolyckas p.g.a. kringflygande föremål eller att de trillar omkull av tryckvågen. Med avseende på tryck så går gränsen för dödliga skador vid /7/:

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

3.1.3 Resultat

Den del av avsnittet som berör underliggande resonemang kring konsekvensberäkningarna är flyttat till avsnitt 4.1 i Bilaga E p.g.a. att känslig information finns redovisat i underlaget. Resultatet av beräkningarna redovisas i tabell B.9-B.11.

Nuläge

Tabell B.9. Uppskattat antal omkomna vid olycka med explosiva ämnen.

Scenario	Antal omkomna				
	Stations- utrymmen	Ovanpåliggande bebyggelse	Kringliggande bebyggelse	Utomhus	Totalt
Explosion < 150 kg TNT					
<i>lågtrafik</i>	0	-	1	0	1
<i>normaltrafik - dag</i>	2	-	6	0	8
<i>normaltrafik - kväll</i>	1	-	1	0	2
<i>högtrafik</i>	3	-	4	0	7
Explosion 25 000 kg TNT					
<i>lågtrafik</i>	0	-	1 466	23	1 488
<i>normaltrafik - dag</i>	2 225	-	8 965	317	11 507
<i>normaltrafik - kväll</i>	1 713	-	5 290	199	7 202
<i>högtrafik</i>	3 682	-	5 483	219	9 384

Nollalternativ år 2045

Tabell B.10. Uppskattat antal omkomna vid olycka med explosiva ämnen.

Scenario	Antal omkomna				
	Stations- utrymmen	Ovanpåliggande bebyggelse	Kringliggande bebyggelse	Utomhus	Totalt
Explosion < 150 kg TNT					
<i>lågtrafik</i>	0	-	1	0	1
<i>normaltrafik - dag</i>	2	-	6	0	8
<i>normaltrafik - kväll</i>	1	-	1	0	2
<i>högtrafik</i>	3	-	4	0	7
Explosion 25 000 kg TNT					
<i>lågtrafik</i>	0	-	1 466	23	1 488
<i>normaltrafik - dag</i>	2 225	-	8 965	317	11 507
<i>normaltrafik - kväll</i>	1 713	-	5 290	199	7 202
<i>högtrafik</i>	3 682	-	5 483	219	9 384

Planförslag år 2045

Tabell B.11. Uppskattat antal omkomna vid olycka med explosiva ämnen.

Scenario	Antal omkomna				
	Stations-utrymmen	Ovanpåliggande bebyggelse	Kringliggande bebyggelse	Utomhus	Totalt
Explosion < 150 kg TNT					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - dag</i>	23	0	0	0	23
<i>normaltrafik - kväll</i>	23	0	0	0	23
<i>högtrafik</i>	47	0	0	0	47
Explosion 25 000 kg TNT					
<i>lågtrafik</i>	0	195	1 414	5	1 614
<i>normaltrafik - dag</i>	3 388	4 116	8 503	84	16 090
<i>normaltrafik - kväll</i>	2 875	714	5 092	43	8 724
<i>högtrafik</i>	6 007	2 405	5 218	55	13 684

3.2 Olycka med RID-klass 2.1. Brännbara Gaser

3.2.1 Metodik

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

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck
- *Gasmolnsbrand / Gasmolnsexplosion*: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck. En gasmolnsexplosion kan uppstå om någon form av inneslutning och/eller blockering finns.
- *BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)*: Explosionsartat brandförlopp som kan uppkomma om tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en utbredd brand under en längre tid.

För jetflamma, gasmolnsbrand respektive BLEVE har utsläppssimuleringar gjorts med simuleringsprogrammet **Gasol** för att avgöra storleken på de områden inom vilka personer kan förväntas omkomma. För stor gasmolnsexplosion samt BLEVE har beräkningarna kompletterats med beräkningar och bedömningar av belastning och respons vid detonation motsvarande olycka med explosiva ämnen (se avsnitt 3.1). Enligt en konsekvensbedömning med avseende på explosion som har upprättats som underlag för ny detaljplan för Hornsbergskvarteren på Norra Kungsholmen /8/ uppskattas explosionslasten som kan uppkomma vid en BLEVE motsvara en explosion med mindre än 100 kg ekvivalent TNT. Det antas mycket grovt i denna riskanalys att explosionslasten vid stor gasmolnsexplosion motsvarar samma ekvivalenta mängd explosiva ämnen.

Utsläppssimuleringarna har utförts för järnvägsvagn (ca 40 ton gas). Det antas grovt att samtliga transporter innehåller tryckkondenserad gasol. Nedan redovisas den indata som anges i **Gasol** med avseende på tankutformning, väder etc.

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck vid 15°C
- Tankdiameter: 2,5 m
- Tanklängd: 19 m
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Tankens tomma vikt: 50 000 kg
- Designtryck: 15 bar övertryck

- Bristningstryck: 4 x designtrycket
- Lufttryck: 760 mmHg
- Väder: 15°C, 50 % relativ fuktighet, dag och klart
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

Skadescenarierna jetflamma respektive gasmolnexplosion har simulerats för följande utsläppsstorlekar /9/:

- Litet utsläpp: 0,09 kg/s
- Medelstort utsläpp: 0,9 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.

3.2.2 Bedömningskriterier

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

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

Utomhus: I tabell B.12 redovisas skadeområden där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a-3:e gradens brännskada. Enligt [7] är sannolikheten att omkomma vid 2:a gradens brännskador ca 15 %. Det uppskattas grovt att motsvarande för de som får 2a-3:e gradens brännskada är ca 50 %.

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

Förväntade explosionslaster för gasmolnexplosion och BLEVE bedöms inte hota byggnadens globala bärighet (ingen risk för fortskridande ras eller kollaps), dock kan fönsterrutor och glaspartier förväntas förlora sin integritet. För stor gasmolnexplosion och BLEVE uppskattas sannolikheten att omkomma inomhus vara något högre närmast olycksplatsen med hänsyn till risken för att fönster och glaspartier krossas p.g.a. tryckpåverkan. Enligt avsnitt 3.1.2 antas ca 15 % omkomma inom byggnadsdelar som rasar lokalt eller där fönster och glaspartier krossas. Den genomsnittliga sannolikheten att omkomma uppskattas utifrån detta grovt till 5 % inom det beräknade skadeområdet.

3.2.3 Resultat

I tabell B.12 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat, varför dess bredder även presenteras. Observera att eftersom skadeområdena för respektive skadescenario, förutom för BLEVE, är plymformade och beroende av vindriktningen så bedöms scenarierna endast medföra konsekvenser på en sida av järnvägen. Scenariot BLEVE medför däremot konsekvenser på båda sidor om järnvägen.

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

Vid tät bebyggelsestruktur så reducerar byggnaderna skadeavståndet och påverkan på bakomliggande byggnader relativt mycket. Befintlig bebyggelse enligt avsnitt 2 bedöms reducera skadeavståndet (längden) för respektive scenario med uppemot 50-75 % i förhållande till vad som redovisas i **Gasol**. I tabell B.24 redovisas därför även skadeavstånden vid framförliggande skyddande bebyggelse. För skadescenarier med mindre skadeavstånd än avståndet till planerad bebyggelse görs ingen reduktion.

Avseende tryckpåverkan vid stor gasmolnsexplosion och BLEVE så reducerar de första byggnaderna trycket mot bakomliggande bebyggelse i sådan omfattning att bakomliggande bebyggelse bedöms vara helt skyddad (se avsnitt 3.1.3).

Tabell B.12. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd oskyddad bebyggelse (m)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse	
		Bredd	Längd	Bredd	Längd
Liten jetflamma	1 % inomhus 50 % utomhus	6	5	6	5
Liten gasmolnsbrand / gasmolnsexplosion	1 % inomhus 50 % utomhus	2	5	2	5
Medelstor jetflamma	1 % inomhus 50 % utomhus	15	15	15	15
Medelstor gasmolnsbrand / gasmolnsexplosion	1 % inomhus 50 % utomhus	50	70	50	35
Stor jetflamma	1 % inomhus 50 % utomhus	50	45	50	25
Stor gasmolnsbrand	1 % inomhus 50 % utomhus	165	145	165	75
Stor gasmolnsexplosion	5 % inomhus 50 % utomhus	165	145	165	75
BLEVE	5 % inomhus 50 % utomhus	530	265	530	135

Utifrån tabell B.12 samt ovan redovisade förutsättningar görs en uppskattning av antalet omkomna till följd av olycka med brännbar gas. I tabellerna B.13-B.15 redovisas antalet omkomna vid lågtrafik, normaltrafik och högtrafik för Nuläge, Nollalternativ år 2045 respektive Planförslag år 2045.

Enligt beskrivningen i avsnitt 2 är kringliggande befintlig bebyggelse direkt väster om planområdet (Waterfront och Kungsbrosen) utförda med hänsyn till explosion på järnvägen (dels skydd mot fortskridande ras och dels skydd mot krossade fönster. De förstärkta fönsterrutorna bedöms dessutom skydda mot brandspridning in i byggnaderna vid jetflamma eller gasmolnsexplosion. De studerade scenarierna bedöms utifrån detta inte innebära några konsekvenser inom dessa byggnader. Bedömningen gäller både för Nuläge, Nollalternativ respektive Planförslag.

Kringliggande bebyggelse direkt öster om planområdet (WTC och Stockholms Centralstation) är inte utförda med hänsyn till explosion på järnvägen. Enligt Tyréns utredning innebär en explosion med 100 kg ekvivalent TNT (d.v.s. större explosionslast än stor gasmolnsexplosion eller BLEVE) inte några skador på WTC:s bärande pelare som kommer leda till byggnadsras/-kollaps även om explosionen inträffar i nära anslutning till WTC. Däremot bedöms explosionen kunna leda till krossade fönsterrutor inom upp till 25 meter från explosionen, vilket motsvarar ca 10-15 % av WTC:s fasad som vetter mot spårområdet. Med hänsyn till byggnadens bredd vinkelrätt spåret (ca 60 meter) antas grovt att fönsterkross påverkar högst 10 % av byggnaden. Bedömningen gäller endast för Nuläge och Nollalternativ. För Planförslag skyddar överdäckningen WTC:s fasad mot infallande tryck.

Enligt beskrivningen i avsnitt 2.1.3 ska respektive överdäckning och dess bärande konstruktioner dimensioneras så att de inte rasar vid t.ex. stötvåg från explosion på spårområdet. En stor gasmolnsexplosion eller BLEVE bedöms endast leda till begränsade skador ovanpå överdäckningen (se konsekvensbedömning för liten explosion i avsnitt 3.1).

När det gäller ytor utomhus drabbar de i huvudsak bangårdsområdet och plattformsrummet samt eventuellt kring överdäckningens mynningar.

Nuläge

Tabell B.13. Uppskattat antal omkomna vid olycka med brännbara gaser.

Scenario	Antal omkomna				
	Stations-utrymmen	Ovanpåliggande bebyggelse	Kringliggande bebyggelse	Utomhus	Totalt
Liten jetflamma					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - dag</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - kväll</i>	0	0	0	0	0
<i>högtrafik</i>	0	0	0	0	0
Liten gasmolnsexplosion/ gasmolnsexplosion					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - dag</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - kväll</i>	0	0	0	0	0
<i>högtrafik</i>	0	0	0	0	0
Medelstor jetflamma					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - dag</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - kväll</i>	0	0	0	0	0
<i>högtrafik</i>	0	0	0	0	0
Medelstor gasmolnsexplosion/ gasmolnsexplosion					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - dag</i>	4	0	2	0	6
<i>normaltrafik - kväll</i>	3	0	0	0	3
<i>högtrafik</i>	6	0	2	0	8
Stor jetflamma					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - dag</i>	2	0	1	0	3

Scenario	Antal omkomna				
	Stations-utrymmen	Ovanpåliggande bebyggelse	Kringliggande bebyggelse	Utomhus	Totalt
normaltrafik - kväll	1	0	0	0	2
högtrafik	3	0	1	0	4
Stor gasmolnsbrand					
lågtrafik	0	0	4	0	4
normaltrafik - dag	31	0	20	0	51
normaltrafik - kväll	24	0	4	0	27
högtrafik	51	0	14	0	64
Stor gasmolnsexplosion					
lågtrafik	0	0	18	0	18
normaltrafik - dag	153	0	102	0	255
normaltrafik - kväll	118	0	18	0	135
högtrafik	253	0	69	0	322
BLEVE					
lågtrafik	0	0	37	0	37
normaltrafik - dag	320	0	213	0	533
normaltrafik - kväll	246	0	37	0	283
högtrafik	530	0	144	0	674

Nollalternativ år 2045

Tabell B.14. Uppskattat antal omkomna vid olycka med brännbara gaser.

Scenario	Antal omkomna				
	Stations-utrymmen	Ovanpåliggande bebyggelse	Kringliggande bebyggelse	Utomhus	Totalt
Liten jetflamma					
lågtrafik	0	0	0	0	0
normaltrafik - dag	0	0	0	0	0
normaltrafik - kväll	0	0	0	0	0
högtrafik	0	0	0	0	0
Liten gasmolnsbrand/ gasmolnsexplosion					
lågtrafik	0	0	0	0	0
normaltrafik - dag	0	0	0	0	0
normaltrafik - kväll	0	0	0	0	0
högtrafik	0	0	0	0	0
Medelstor jetflamma					
lågtrafik	0	0	0	0	0
normaltrafik - dag	0	0	0	0	0
normaltrafik - kväll	0	0	0	0	0
högtrafik	0	0	0	0	0
Medelstor gasmolnsbrand/ gasmolnsexplosion					
lågtrafik	0	0	0	0	0
normaltrafik - dag	4	0	2	0	6
normaltrafik - kväll	3	0	0	0	3
högtrafik	6	0	2	0	8
Stor jetflamma					
lågtrafik	0	0	0	0	0
normaltrafik - dag	2	0	1	0	3
normaltrafik - kväll	1	0	0	0	2

Scenario	Antal omkomna				
	Stations-utrymmen	Ovanpåliggande bebyggelse	Kringliggande bebyggelse	Utomhus	Totalt
<i>högtrafik</i>	3	0	1	0	4
Stor gasmolnsbrand					
<i>lågtrafik</i>	0	0	4	0	4
<i>normaltrafik - dag</i>	31	0	20	0	51
<i>normaltrafik - kväll</i>	24	0	4	0	27
<i>högtrafik</i>	51	0	14	0	64
Stor gasmolnsexplosion					
<i>lågtrafik</i>	0	0	18	0	18
<i>normaltrafik - dag</i>	153	0	102	0	255
<i>normaltrafik - kväll</i>	118	0	18	0	135
<i>högtrafik</i>	253	0	69	0	322
BLEVE					
<i>lågtrafik</i>	0	0	37	0	37
<i>normaltrafik - dag</i>	320	0	213	0	533
<i>normaltrafik - kväll</i>	246	0	37	0	283
<i>högtrafik</i>	530	0	144	0	674

Planförslag år 2045

Tabell B.15. Uppskattat antal omkomna vid olycka med brännbara gaser.

Scenario	Antal omkomna				
	Stations-utrymmen	Ovanpåliggande bebyggelse	Kringliggande bebyggelse	Utomhus	Totalt
Liten jetflamma					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - dag</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - kväll</i>	0	0	0	0	0
<i>högtrafik</i>	0	0	0	0	0
Liten gasmolnsbrand/ gasmolnsexplosion					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - dag</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - kväll</i>	0	0	0	0	0
<i>högtrafik</i>	0	0	0	0	0
Medelstor jetflamma					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - dag</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - kväll</i>	0	0	0	0	0
<i>högtrafik</i>	0	0	0	0	0
Medelstor gasmolnsbrand/ gasmolnsexplosion					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - dag</i>	2	0	0	0	2
<i>normaltrafik - kväll</i>	1	0	0	0	1
<i>högtrafik</i>	2	0	0	0	2
Stor jetflamma					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - dag</i>	1	0	0	0	1
<i>normaltrafik - kväll</i>	0	0	0	0	0
<i>högtrafik</i>	1	0	0	0	1

Scenario	Antal omkomna				
	Stations-utrymmen	Ovanpåliggande bebyggelse	Kringliggande bebyggelse	Utomhus	Totalt
Stor gasmolnsbrand					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - dag</i>	15	0	0	0	15
<i>normaltrafik - kväll</i>	8	0	0	0	8
<i>högtrafik</i>	19	0	0	0	19
Stor gasmolnsexplosion					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - dag</i>	23	0	0	0	23
<i>normaltrafik - kväll</i>	23	0	0	0	23
<i>högtrafik</i>	47	0	0	0	47
BLEVE					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - dag</i>	23	0	0	0	23
<i>normaltrafik - kväll</i>	23	0	0	0	23
<i>högtrafik</i>	47	0	0	0	47

3.3 Olycka med RID-klass 2.3. Giftiga Gaser

3.3.1 Metodik

Vid olycka på järnväg studeras ibland utsläpp av klor, vilket är en av de giftigaste gaserna som transporteras i större tankar på järnväg i Sverige. Detta bedöms dock vara ett alltför konservativt antagande för den aktuella järnvägssträckan, varför utsläpp av klor inte studeras i denna riskanalys. Den icke brännbara men giftiga gasen antas bestå av **tryckkondenserad ammoniak**.

Med simuleringsprogrammet **Spridning Luft 2.0.0** beräknas storleken på det område där koncentrationen ammoniak antas vara dödlig (inomhus och utomhus).

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

- Kemikalie: Ammoniak
- Emballage: Järnvägsvagn (45 ton)
- Tryck i tanken: 7,3 bar (ej övertryck)
- Bebyggelse: Tät skog/ stad ($p = 1,0$)
- Lagringstemperatur: 15°C
- Väder: 15°C, vår, dag och klart

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

- Litet utsläpp (packningsläckage, ca 0,2 cm²): 0,31 kg/s
- Medelstort utsläpp (rörbrott, Ø 80 mm): 23 kg/s
- Stort utsläpp (stor punktering, ca 50,2 cm²): 77 kg/s

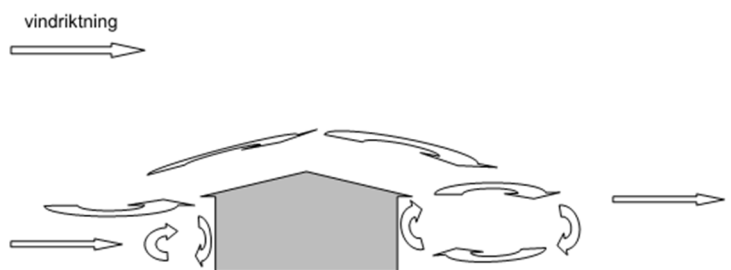
I **Spridning Luft** sker spridningsberäkningar med beräkningsmotorn Dispersion Engine och dess modell *Puff Model of Atmospheric Dispersion (PUMA)*, som utvecklats av Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI). PUMA kan beräkna både spridning av både passiva gaser och av tunggaser. Den meteorologiska modelleringen som används i programmet tar inte hänsyn till varken landskapets topografi eller specifika hinder såsom byggnader, utan landskapets påverkan ges enbart som ytråhet. Däremot modelleras vindriktningens variation med höjden, varför plymerna ofta blir lätt bananformade.

Gasernas spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. **Spridning Luft** 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 och ju stabila skiktning det är i atmosfären. I simuleringarna antas vindstyrkan vara relativt låg, ca 3 m/s. Enligt /7/ är det vid låga vindhastigheter troligast att skiktningen i atmosfären motsvarar stabilitetsklass B-C dagtid (även vid soligt väder) och stabilitetsklass E-F nattetid.

Skadeområdet inomhus är beroende av på vilken nivå som ventilationsintag är placerade. Det antas att ventilationsintagen är placerade minst 10 meter över utsläppsnivå (eftersom spårområdet ligger lägre än kringliggande bebyggelse).

Luftens strömning kring en byggnad

Större byggnader ökar turbulensen i vinden så att luftströmmar kring byggnaden uppstår på läsidan där ett område med lägre tryck bildas, s.k. lävakar /7, 10/. Detta lågtrycksområde medför att vinden och strömningen sugs ner en del bakom hindret. Är hindret tillräckligt stort, t.ex. en byggnad, uppstår ofta en lävirvel som når ända ner till marken. Recirkulationszonen karakteriseras av stor omblandning och utspädning /7/. Effekten av lävaken illustreras i figur B.2. Lävaken kan antas vara i storleksordningen lika stor som hindret och bidrar till en första utspädning av ett gasutsläpp.



Figur B.2. Illustration av luftströmmar kring huskroppar /10/.

Om ett utsläpp sker i direkt anslutning till en byggnad sprids gasen inledningsvis inom lävaken och därifrån vidare i vindens riktning. Turbulensen och lävakarna kring stora byggnader bidrar till att gasutsläppet då späds ut innan de sprids vidare till omgivningen. Även sidorna på byggnader fungerar som liknande turbulenta områden med utblandning av ett läckage. Riskavstånden kan därmed reduceras jämfört med fri spridning.

Genomförda beräkningar som redovisas i /10/ visar att utsläpp i närheten av stora byggnader påverkas mycket av turbulensen som skapas av byggnaden. Beräkningarna är gjorda för ammoniak och för byggnader med höjder i storleksordningen 12 meter. Beräkningarna visar att riskavstånd för utsläpp utomhus i direkt närhet till större byggnader kan reduceras till minst hälften eller ännu mindre jämfört med ett fritt utsläpp utan hinder. Detta på grund av turbulensen som byggnaden skapar och utspädningseffekterna som turbulensen för med sig.

Nivåskillnaden och den täta bebyggelsen utmed spårområdet vid Stockholms Central bedöms medföra att sannolikheten är hög för att de studerade utsläppsscenarierna koncentreras inom spårområdet och därefter sprids vidare. Detta kommer med stor sannolikhet innebära kortare skadeavstånd och därmed mindre skadeutfall än vad som spridningssimuleringarna i **Spridning Luft** visar.

3.3.2 Bedömningskriterier

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

För ammoniak gäller gränsvärden enligt nedan /11/. Spridningskurvor och avstånd till dessa gränsvärden redovisas i spridningsberäkningarna.

Koncentration (ppm)	Effekt
50 (KGV)	Korttidsgränsvärde enligt Arbetsmiljöverket (AFS 2015:7). Hygieniskt gränsvärde för exponering under en referensperiod av 5 minuter. Inga skadliga effekter för normalperson. Lukten känns tydlig av de flesta personer (luktgräns kan variera, 1-50 ppm).
220 (AEGL*-2, 10-30 min)	Irreversibla effekter eller andra allvarliga och långsiktiga hälsoeffekter eller en nedsatt förmåga att fly från exponeringen vid 10-30 minuters exponering.
300 (IDLH)	Exponering som sannolikt leder till dödsfall, eller omedelbara eller fördröjda permanenta negativa hälsoeffekter, eller förhindrar möjligheten att sätta sig själv i säkerhet.
1600 (AEGL-3, 30 min)	Livshotande hälsoeffekter eller död vid 30 minuters exponering.
2700 (AEGL-3, 10 min)	Livshotande hälsoeffekter eller död vid 10 minuters exponering.

* AEGL = *Acute Exposure Guideline Levels for Airborne Chemicals*.

I **Spridning Luft** beräknas värden på skadeutfall utomhus och inomhus i form av hur stor andel av befolkningen som förväntas få lättare skador, allvarliga skador respektive omkomma beroende på avståndet till utsläppskällan. Dessa värden beräknas utifrån en probit-funktion kopplad till produkten av koncentrationen och exponeringstiden (doseringen) samt regressionsfaktorer baserade på data för människa.

De beräkningsparametrar som används för beräkning av skadeutfall i **Spridning Luft** är hämtade ur FOI-rapporten *Skadeutfallsberäkning och konsekvensanalys för allmänheten efter exponering för utvalda industrikemikalier och nervgaser* /12/. Skadeutfallsberäkningarna utgår från gränsvärdena för AEGL-nivåer (se ovan). AEGL-värden är riktvärden för exponering under en kort tid vid enstaka tillfällen. Vid bedömningen av AEGL-värden har hänsyn tagits till den allmänna befolkningen, vilket inkluderar barn, äldre och personer som kan vara extra känsliga (t.ex. astmatiker). AEGL-nivåer används för att erhålla värden på regressionsfaktorer i probitfunktionen (α) för lätt skadade, svårt skadade eller dödligt skadade.

I FOI-rapporten anges parametrar för tre kategorier av områden: Friska individer (t.ex. arbetsplatser), känsliga individer (t.ex. skolor, sjukhus) respektive mycket känsliga individer (t.ex. skolor, sjukhus, ålderdomshem/ vårdhem). Parametrarna påverkar skadeutfallet för lätt skadade, svårt skadade eller dödligt skadade. Beräkningarna i **Spridning Luft** utgår från parametrarna för friska personer. Känsliga individer kan därmed drabbas värre än vad skadeutfallsberäkningarna indikerar.

3.3.3 Resultat

I tabell B.16 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. Enligt avsnitt 3.3.1 utgår beräkningarna i **Spridning Luft** 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 framförliggande objekt och avskärmningar som kan reducera spridningen av gasmoln vilket i sin tur reducerar skadeavstånden (se avsnitt *Luftens strömning kring en byggnad*). Beräkningarna redovisas för två olika stabilitetsklasser (C och F) som med hänsyn till aktuell vindhastighet antas kunna representera dagtid respektive nattetid.

Tabell B.16. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av giftiga gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (m)			
		Inomhus		Utomhus	
		Bredd	Längd	Bredd	Längd
Litet utsläpp (packningsläckage)					
Dagtid (stabilitetsklass C)	100 %	0	0	4	10
	50 %	0	0	6	15
	5 %	0	0	10	25
Nattetid (stabilitetsklass F)	100 %	0	0	30	65
	50 %	0	0	35	100
	5 %	0	0	40	150
Medelstort utsläpp (rörbrott)					
Dagtid (stabilitetsklass C)	100 %	0	0	30	75
	50 %	10	30	40	110
	5 %	30	65	70	160
Nattetid (stabilitetsklass F)	100 %	0	0	100	300
	50 %	0	0	200	500
	5 %	0	0	250	700
Stort utsläpp (stor punktering)					
Dagtid (stabilitetsklass C)	100 %	0	0	100	80
	50 %	10	30	130	140
	5 %	30	65	150	250
Nattetid (stabilitetsklass F)	100 %	0	0	100	500
	50 %	0	0	150	675
	5 %	0	0	200	900

Den aktuella bebyggelsestrukturen i direkt anslutning till riskkällan bedöms ha en avskärmande effekt som reducerar skadeavståndet (längden) för respektive scenario. Med hänsyn till nivåskillnaden, byggnadshöjder samt den täta bebyggelsen närmast järnvägen så uppskattas skadeavstånden reduceras med åtminstone 50-75 % i förhållande till vad som redovisas i **Spridning Luft**.

För planförslag år 2045 bedöms planerad överdäckning reducera skadeavstånden ytterligare med avseende på ytorna ovanpå överdäckningen samt kringliggande bebyggelse och obebyggda ytor. Överdäckningen innebär att sannolikheten att omkomma inomhus inom kringliggande bebyggelse uppskattas till 0 % vid olycka under överdäckningen. Ovanpå överdäckningen bedöms konsekvenserna inomhus kunna uppnå högst 50 % av de konsekvenser som beräknas inom kringliggande bebyggelse i förhållande till Nollalternativ år 2045. Utomhus bedöms överdäckningen reducera konsekvenserna med i genomsnitt 50 % i förhållande till Nollalternativ år 2045.

För planförslag år 2045 bedöms konsekvenserna vid olycka i det fria uppnå de konsekvenser som beräknas inom kringliggande bebyggelse för Nollalternativ år 2045.

Nuläge

Tabell B.17. Uppskattat antal omkomna vid olycka med giftiga gaser.

Scenario	Antal omkomna				
	Stations-utrymmen	Ovanpå-liggande bebyggelse	Kring-liggande bebyggelse	Utomhus	Totalt
Litet utsläpp (packningsläckage)					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	2	2
<i>normaltrafik - dag</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - kväll</i>	0	0	0	0	0
<i>högtrafik</i>	0	0	0	0	0
Medelstort utsläpp (rörbrott)					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	40	40
<i>normaltrafik - dag</i>	17	0	8	28	52
<i>normaltrafik - kväll</i>	13	0	5	18	36
<i>högtrafik</i>	28	0	5	18	51
Stort utsläpp (stor punktering)					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	47	47
<i>normaltrafik - dag</i>	17	0	8	107	131
<i>normaltrafik - kväll</i>	13	0	5	70	88
<i>högtrafik</i>	28	0	5	70	103

Nollalternativ år 2045

Tabell B.18. Uppskattat antal omkomna vid olycka med giftiga gaser.

Scenario	Antal omkomna				
	Stations-utrymmen	Ovanpå-liggande bebyggelse	Kring-liggande bebyggelse	Utomhus	Totalt
Litet utsläpp (packningsläckage)					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	2	2
<i>normaltrafik - dag</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - kväll</i>	0	0	0	0	0
<i>högtrafik</i>	0	0	0	0	0
Medelstort utsläpp (rörbrott)					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	40	40
<i>normaltrafik - dag</i>	17	0	8	28	52
<i>normaltrafik - kväll</i>	13	0	5	18	36
<i>högtrafik</i>	28	0	5	18	51
Stort utsläpp (stor punktering)					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	47	47
<i>normaltrafik - dag</i>	17	0	8	107	131
<i>normaltrafik - kväll</i>	13	0	5	70	88
<i>högtrafik</i>	28	0	5	70	103

Planförslag år 2045

Tabell B.19. Uppskattat antal omkomna vid olycka med giftiga gaser.

Scenario	Antal omkomna				
	Stations- utrymmen	Ovanpå-liggande bebyggelse	Kring-liggande bebyggelse	Utomhus	Totalt
Litet utsläpp (packningsläckage)					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	1	1
<i>normaltrafik - dag</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - kväll</i>	0	0	0	0	0
<i>högtrafik</i>	0	0	0	0	0
Medelstort utsläpp (rörbrott)					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	20	20
<i>normaltrafik - dag</i>	8	4	0	14	26
<i>normaltrafik - kväll</i>	4	3	0	9	16
<i>högtrafik</i>	10	3	0	9	22
Stort utsläpp (stor punktering)					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	23	23
<i>normaltrafik - dag</i>	8	4	0	53	65
<i>normaltrafik - kväll</i>	4	3	0	35	42
<i>högtrafik</i>	10	3	0	35	48

3.4 Olycka med RID-klass 3. Brandfarliga vätskor

3.4.1 Metodik

För denna farligt gods-klass 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.

Som en del av Säkerhetsanalys av projekt Överdäckning av Stockholm Centralstation /2/ har en utredning genomförts av potentiella brandscenarier vid brand i godståg (se *Säkerhetsanalys – Bilaga 4.2 – Dimensionerande brandeffekter godståg /2/*). Utifrån denna utredning identifieras ett worst case scenario vid brand i godståg en brand med tillväxthastighet enligt NFPA Ultrafast med en maximal brandeffekt på 100 MW. Detta scenario utgörs av en brand i godsvagn med farligt gods med utsläpp av brandfarlig vätska.

För olycka i det fria är konsekvenserna inom närområdet runt olyckan huvudsakligen kopplat till att personer utsätts för kritisk värmestrålning eller att branden sprids till bebyggelse. Effekten av brandgaser bedöms ha en begränsad påverkan.

Beräkningarna av den infallande värmestrålningen som personer utsätts för i händelse av en tågbrand genomförs konservativt med handberäkningar enligt beskrivningen nedan:

Brandeffekt (Q): För pölbränder med relativt stora diametrar (> 2 m) kan brandeffekten erhållas genom följande samband /13/:

$$\dot{Q} = \chi \times \dot{m}'' \times \Delta H_c \times A_f \quad \text{där}$$

Q = utvecklad effekt (kW)

χ = förbränningseffektivitet (-), i de flesta används värdet 0,7 /13/

\dot{m}'' = förbränningshastighet per ytenhet (kg/m²s), för bensen 0,055kg/m²s /13/

ΔH_c = förbränningsvärme (MJ/kg), för bensen 43,7 MJ/kg /13/

A_f = brinnande yta (m²)

Ovanstående ekvation innebär att ca 1,68 MW genereras per kvadratmeter pölarea.

Flamhöjd (H_f) – För en cirkulär pölbrand kan flamhöjden (m) beräknas som funktion av brandeffekten och pöldiametern (D) enligt följande ekvation (Heskestad) /13/:

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

Utfallande strålning (I_0) – Den utfallande strålningen (kW/m²) är beroende av brandens diameter. Upp till en viss diameter ökar strålningen från flammen, 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 /14/:

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

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

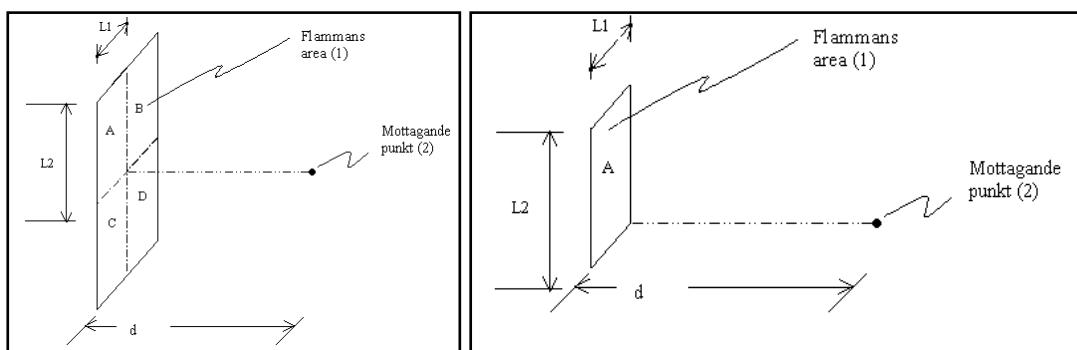
Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flammen och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt /15/:

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

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

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

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



Figur B.3. Synfaktor.

Ovanstående ekvation kan omvandlas till följande ekvation för beräkning av respektive ytas (A, B, C och D) synfaktor /16/:

$$F_{A1,2} = \frac{1}{2 \times \pi} \left(\frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \times \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \times \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right) \quad \text{där}$$

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

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

$$I = F \times I_0$$

3.4.2 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.20 redovisas exempel på strålningsnivåer och vilka skador dessa kan medföra avseende personskada respektive brandspridning.

Tabell B.20. Effekter av olika strålningsnivåer /7/.

Konsekvens	Strålningsintensitet [kW/m ²]
Ingen smärta vid långvarig bestrålning av bar hud	≤ 1
2:a gradens brännskada vid bestrålning under 1 minut	
- 100 % sannolikhet	19
- 50 % sannolikhet	7,5
Ingen smärta vid bestrålning av bar hud under 1 minut	< 2,5
2:a gradens brännskada vid bestrålning under 20	
- 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

En oskyddad person som vistas utomhus och upptäcker en större brand försöker med stor sannolikhet sätta sig i säkerhet. Tiden för varseblivning samt beslut och reaktion innebär dock att personen kan utsättas för värmestrålning under en kortare stund innan hen reagerar. Brandförloppets tillväxthastighet har därför stor påverkan på skadeutfallet både avseende skadeområde och sannolikheten att personer förolyckas.

Sannolikheten för att oskyddade personer utomhus omkommer utgår från tabell B.21. Kopplat till ovanstående beskrivning så bedöms sannolikheten att omkomma minska med tiden till att respektive strålningsnivå uppnås. Sannolikheten att omkomma vid > 40 kW/m² bedöms t.ex. vara 100 % för scenarier där strålningsnivån kan uppnås inom 5 minuter, medan sannolikheten bedöms vara < 25 % för scenarier där strålningsnivån inte uppnås förrän > 15 minuter.

Tabell B.21. Sannolikhet att omkomma beroende på strålningsnivå.

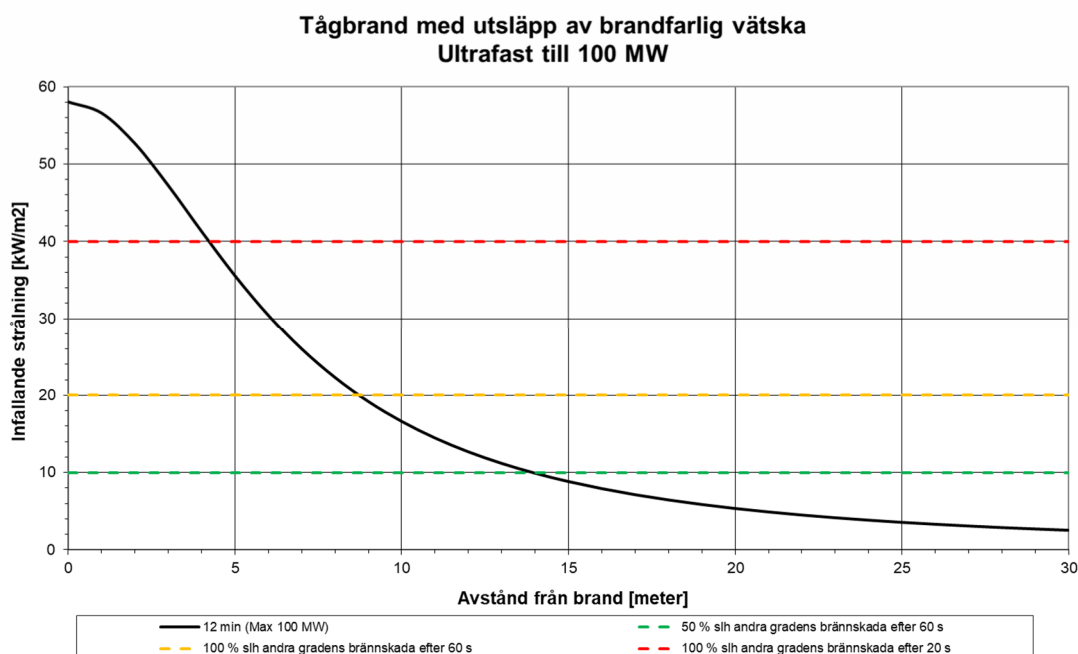
Strålningsnivå	Sannolikhet att omkomma			
	< 5 min till strålningsnivå uppnådd	5-10 min till strålningsnivå uppnådd	10-15 min till strålningsnivå uppnådd	> 15 min till strålningsnivå uppnådd
10 kW/m ²	< 5 %	< 1 %	0 %	0 %
15-20 kW/m ²	50 %	25 %	10 %	0 %
> 40 kW/m ²	100 %	75 %	50 %	25 %

Sannolikheten för att personer som befinner sig **inomhus** omkommer bedöms normalt utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. Den kritiska värmeinstrålningen ansätts till 15 kW/m^2 om inga byggnadstekniska åtgärder beaktas, vilket motsvarar det kriterium som anges i BBRAD 3 /17/ avseende brandspridning mellan byggnader.

3.4.3 Resultat

I figur B.4 redovisas den infallande värmeinstrålningen som funktion av avståndet från branden vid olika tidpunkter för det studerade brandscenariot tågbrand med utsläpp av brandfarlig vätska. I diagrammet redovisas även kritiska strålningsnivåer enligt avsnitt 3.4.2.

Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. Ekvationen för beräkning av den utfallande strålningen innebär att strålningen minskar med brandens storlek. Detta beror på att ekvationen beaktar att sotproduktionen ökar vid större bränder. Soten och röken döljer själva flaman och absorberar en avsevärd del av strålningen, vilket i sin tur minskar den utfallande värmeinstrålningen. För att inte underskatta den infallande värmeinstrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på 58 kW/m^2 för samtliga brandscenarier.



Figur B.4. Infallande strålning som funktion av avståndet från tågbrand med utsläpp av brandfarlig vätska – brandtillväxt NFPA Ultrafast till 100 MW.

Med hänsyn till avståndet och nivåskillnaden mellan spår och kringliggande befintlig bebyggelse samt dimensioneringen av bärande konstruktioner för planerad överdäckning (inkl. ovanpåliggande bebyggelse) samt övrig ny bebyggelse görs bedömningen utifrån strålningskurvan ovan att sannolikheten för brandspridning och påverkan som befinner sig inom kringliggande bebyggelse är mycket låg. Konsekvenserna bedöms därför begränsas till plattformsrummet. Detta antagande gäller för Nuläge, Nollalternativ respektive Planförslag.

3.5 Olycka med RID-klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

3.5.1 Metodik

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

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

- Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarar 30 % av 25 000 kg ekvivalent trotyl)
- Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarar 100 % av 25 000 kg ekvivalent trotyl)
- Brandunderstöjdande brandförlopp (motsvarande mycket stor brand i godståg, NFPA Ultrafast till 100 MW)

De potentiella explosionsartade brandförloppen och dess ekvivalenta explosionslast vid detonation omfattar relativt omfattande osäkerheter. De studerade scenarierna innefattar antaganden kring idealiska förhållanden avseende bl.a. tillgängligt organiskt material. Med avseende på påverkan på tredje person som beaktas i *Riskbedömning tekniska olycksrisker* har det identifierats en osäkerhet kopplad till att ovanstående fördelning dels kan ge ett mycket konservativt bidrag och därmed en otillräckligt nyanserad bild av riskbidraget från olyckor med oxiderande ämnen. Detta påverkar bedömningen av olika åtgärders riskreducerande effekt där alltför grova fördelningar gör det svårt att se hur åtgärderna påverkar risknivån. För att inte underskatta riskbidraget från aktuella olycksrisker och samtidigt ge möjlighet att få en nyanserad bild av riskbidraget från olycka med oxiderande ämnen och organiska peroxider kommer en känslighetsanalys att utföras med ett antagande om justerad fördelning som dessutom inkluderar flera värden på potentiella explosionsscenarier, se vidare bilaga C.

Konsekvensberäkningarna för explosionsartade brandförlopp följer den metodik som beskrivs i avsnitt 3.1.

Konsekvensberäkningarna för brandunderstöjdande brandförlopp följer den metodik som redovisas i avsnitt 3.4. Worst case scenario vid brand i godståg har enligt avsnitt 3.4 identifierats som brand med tillväxthastighet enligt NFPA Ultrafast med en maximal brandeffekt på 100 MW. Detta scenario utgörs av en brand i godsvagn med farligt gods med utsläpp av brandfarlig vätska. Det antas att en brand i godsvagn med RID-klass 5 där ämnet understöder branden kan leda till motsvarande brandscenario.

3.5.2 Bedömningskriterier

Se avsnitt 3.1.2 respektive avsnitt 3.4.2.

3.5.3 Resultat

Den del av avsnittet som berör underliggande resonemang kring konsekvensberäkningarna är flyttat till avsnitt 4.2 i Bilaga E p.g.a. att känslig information finns redovisat i underlaget. Resultatet av beräkningarna redovisas i tabell B.22-B.24.

Nuläge

Tabell B.22. Uppskattat antal omkomna vid olycka med oxiderande ämnen.

Scenario	Antal omkomna				
	Stations- utrymmen	Ovanpåliggande bebyggelse	Kringliggande bebyggelse	Utomhus	Totalt
Explosion 7500 kg					
<i>lågtrafik</i>	0	0	685	9	694
<i>normaltrafik - dag</i>	2 225	0	4 185	128	6 538
<i>normaltrafik - kväll</i>	1 713	0	2 472	80	4 264
<i>högtrafik</i>	3 682	0	2 562	88	6 331
Explosion 25 000 kg					
<i>lågtrafik</i>	0	0	1 466	23	1 488
<i>normaltrafik - dag</i>	2 225	0	8 955	320	11 501
<i>normaltrafik - kväll</i>	1 713	0	5 290	199	7 202
<i>högtrafik</i>	3 682	0	5 483	219	9 384
Tågbrand med understöd av oxiderande ämnen (NFPA Ultrafast till 100 MW)					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - dag</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - kväll</i>	0	0	0	0	0
<i>högtrafik</i>	0	0	0	0	0

Nollalternativ år 2045

Tabell B.23. Uppskattat antal omkomna vid olycka med oxiderande ämnen.

Scenario	Antal omkomna				
	Stations- utrymmen	Ovanpåliggande bebyggelse	Kringliggande bebyggelse	Utomhus	Totalt
Explosion 7500 kg					
<i>lågtrafik</i>	0	0	685	9	694
<i>normaltrafik - dag</i>	2 225	0	4 179	130	6 534
<i>normaltrafik - kväll</i>	1 713	0	2 472	80	4 264
<i>högtrafik</i>	3 682	0	2 562	88	6 331
Explosion 25 000 kg					
<i>lågtrafik</i>	0	0	1 466	23	1 488
<i>normaltrafik - dag</i>	2 225	0	8 943	324	11 492
<i>normaltrafik - kväll</i>	1 713	0	5 290	199	7 202
<i>högtrafik</i>	3 682	0	5 483	219	9 384
Tågbrand med understöd av oxiderande ämnen (NFPA Ultrafast till 100 MW)					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - dag</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - kväll</i>	0	0	0	0	0
<i>högtrafik</i>	0	0	0	0	0

Planförslag år 2045

Tabell B.24. Uppskattat antal omkomna vid olycka med oxiderande ämnen.

Scenario	Antal omkomna				
	Stations- utrymmen	Ovanpåliggande bebyggelse	Kringliggande bebyggelse	Utomhus	Totalt
Explosion 7500 kg					
<i>lågtrafik</i>	0	131	545	4	680
<i>normaltrafik - dag</i>	2 923	2 770	3 160	67	8 920
<i>normaltrafik - kväll</i>	1 860	481	545	34	2 920
<i>högtrafik</i>	5 077	1 619	2 140	44	8 879
Explosion 25 000 kg					
<i>lågtrafik</i>	0	195	1 414	5	1 614
<i>normaltrafik - dag</i>	3 388	4 116	8 503	84	16 090
<i>normaltrafik - kväll</i>	2 875	714	5 092	43	8 724
<i>högtrafik</i>	6 007	2 405	5 218	55	13 684
Tågbrand med understöd av oxiderande ämnen (NFPA Ultrafast till 100 MW)					
<i>lågtrafik</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - dag</i>	0	0	0	0	0
<i>normaltrafik - kväll</i>	0	0		0	0
<i>högtrafik</i>	0	0	0	0	0

4. Referenser, Bilaga B

- /1/ Boverkets byggregler BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. BFS 2020:4 (BBR 29).
- /2/ Säkerhetsanalys Överdäckning av Stockholms Centralstation – Centralstaden, Stockholm, Brandskyddslaget, Samrådsversion 2024-11-26
- /3/ Stockholms Centralstation (Norrmalm 5:3 m fl) – Utvecklingsprojektet, etapp 1-7 ombyggnad och modernisering av stationsbyggnad, Brandkonsulten, 2014-12-12
- /4/ PM Risk – Centralstationsområdet, Brandskyddslaget AB, 2019-03-21
- /5/ CST Överdäckning – Explosionsutredning, kvalitativ konsekvensbedömning, Tyréns, 2018-10-05 (intern projektrapport)
- /6/ Stockholm Central Station – Substructure Accidental Explosion Analysis Narrative – Phase 2 Submission, Thornton Tomasetti, Inc., 2022-10-14
- /7/ Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – metoder för bedömning av risker, FOA, september 1997
- /8/ Nordvästra Kungsholmen – Konsekvensbedömning med avseende på explosion, ÅF, 2016-11-18
- /9/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996
- /10/ Hur farlig är en ishall med ammoniak? FOA, 1998
- /11/ MSB RIB – Farliga ämnen, beslutsstöd (<https://rib.msb.se/>)
- /12/ Skadeutfallsberäkning och konsekvensanalys för allmänheten efter exponering för utvalda industrikemikalier och nervgaser, FOI 2015
- /13/ Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000
- /14/ Radiation from large pool fires, Journal of Fire Protection Engineering, 1 (4), pp 141-150, Shokri & Beyler, 1989
- /15/ An Introduction to Fire Dynamics – second edition, Drysdale, University of Edinburgh, UK 1999
- /16/ Thermal Radiation Heat Transfer, 3rd ed., Seigel & Howell, USA 1992
- /17/ BBRAD 3 – Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BFS 2013:12; Boverket 2013

Riskbedömning tekniska olycksrisker – Bilaga C. Riskberäkningar

Centralstaden, Stockholm

Underlag till detaljplan

2024-11-26

Dokumenttyp: Riskbedömning tekniska olycksrisker – Bilaga C. Riskberäkningar

Uppdragsnamn: Centralstaden, Stockholm
Del av fastigheten Norrmalm 5:3 m.fl., Stockholms stad
Underlagshandling till detaljplan

Uppdragsnummer: 503257

Datum: 2024-11-26

Status: Underlag till detaljplan

Uppdragsledare: Rosie Kvål

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

Uppdragsgivare: Jernhusen AB, Kontaktperson: Sonya Stark

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2024-11-26	Rosie Kvål Erik Hall Midholm	Lisa Smas Pierre Wahlqvist	Samrådshandling

Innehållsförteckning, Bilaga C

1.	INLEDNING	4
1.1	Bakgrund och syfte.....	4
2.	BERÄKNING AV SAMHÄLLSRISK	4
2.1	Metodik.....	4
2.2	Resultat	5
3.	BERÄKNING AV INDIVIDRISK	7
3.1	Metodik.....	7
3.2	Resultat	8
4.	KÄNSLIGHETSANALYS.....	9
4.1	Tabell.....	10
4.2	F/N-diagram	17
4.3	Slutsats känslighetsanalys.....	26
5.	BERÄKNING AV RISKNIVÅ MED SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER.....	27
5.1	Överdäckningens dimensionerande explosionslast.....	27
5.2	Begränsa exploatering ovan överdäckningen.....	28
5.3	Markanvändning ovan överdäckning.....	29
5.4	Rutiner för utrymning av bebyggelse m.m. ovanpå överdäckningen.....	30
5.5	Beredskapsfunktion	31
5.6	Fast släcksystem i plattformsrummet.....	32
6.	ÖVERGRIPANDE KOSTNAD-/NYTTOANALYS	33
6.1	Allmänt.....	33
6.2	Metodik.....	34
6.3	Underlag för nyttoanalys	34
6.4	Beräkning av nytta – kvantifiering och värdering av riskreducerande effekt.....	36
6.5	Underlag kostnader.....	42
6.6	Resultat kostnads-/nyttoanalys	43
6.7	Kompletterande känslighetsanalyser för kostnads-/nyttoanalys.....	44
7.	RISKNIVÅ MED FÖRESLAGNA ALTERNATIV AV SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER OCH BARRIÄRER	53
8.	REFERENSER, BILAGA C.....	55

1. Inledning

Denna handling utgör del av Riskbedömning tekniska olycksrisker för projektet Centralstaden (del av fastigheten Norrmalm 5:3 m.fl.), Stockholms stad.

1.1 Bakgrund och syfte

I denna bilaga beräknas den sammanvägda risken (frekvens x konsekvens) för de olycksrisker (skadescenarier) som bedömts kunna påverka risknivån för ny bebyggelse inom planområdet. Den sammanvägda risken kommer att redovisas med riskmåttan samhällsrisk respektive individrisk.

2. Beräkning av samhällsrisk

2.1 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 inom ca 300 meter från järnvägen.

Samhällsrisken har beräknats för Nuläge, Nollalternativ 2045 samt Planförslag 2045.

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

- Respektive skadescenario antas bl.a. inträffa där det medför så stora konsekvenser som möjligt för det aktuella planområdet.
- För vissa skadescenarier förknippade med gaser blir skadeområdet inte cirkulärt. Konsekvensberäkningarna för dessa scenarier har genomförts med förutsättningar som medför så stora konsekvenser som möjligt. Vid sammanställningen av samhällsrisken antas dessa konsekvenser uppstå oavsett riktningen på utsläppet, vilket innebär en konservativ skattning av samhällsrisken med avseende på bidraget från planområdet.
- Olycksfrekvenserna i riskbedömningen har beräknats som enheten per år för respektive startscenario på motsvarande sätt som i *Säkerhetsanalys av projekt Överdäckning av Stockholm Centralstation /1/* vilket innebär att frekvenserna är beräknade för en sträcka om 1,5 km (1 km i det fria + 0,5 km i tunnel). Acceptanskriterierna för värdering av risk avser däremot 1 km järnvägssträcka /2/. De beräknade frekvenserna har därför omvandlats till 1 km för att anpassas till acceptanskriterierna.
- Med hänsyn till bebyggelsestrukturen inom kringliggande områden utmed den studerade järnvägssträckan bedöms sannolikheten för att de beräknade konsekvenserna uppstår (oavsett var på sträckan som olyckan inträffar) vara låg. Detta gäller framför allt för Planförslag 2045 där överdäckningen har en avskärmande effekt som reducerar konsekvenserna inom kringliggande områden. På motsvarande sätt bedöms sannolikheten vara mycket låg för att de beräknade konsekvenserna skulle inträffa inom det studerade området om t.ex. en olycka med mycket stort skadeavstånd skulle inträffa bortanför den studerade järnvägssträckan (1 km). Därför görs inte någon justering av frekvensen beroende på skadeområdets utbredning motsvarande den som görs vid beräkning av individrisken, se avsnitt 3.1.
- För Nuläge och Nollalternativ 2045 antas det konservativt att de beräknade konsekvenserna kan inträffa oavsett var på den studerade sträckan som olyckan inträffar.

- För Planförslag 2045 antas att det för 50 % av olyckorna (olycka i höjd med överdäckning) uppstår konsekvenser motsvarande de som beräknats för Planförslag 2045 i bilaga B. För övriga olyckor (d.v.s. olycka i det fria) antas konsekvenserna motsvara Nollalternativ 2045 med ett tillägg på ca 25 % för konsekvenser ovan överdäckningen med hänsyn till planerad ny bebyggelse inom planområdet.
- Den planerade bebyggelsen innebär att persontätheten inom planområdet och kringliggande bebyggelse kommer att variera kraftigt under dygnet. Konsekvensberäkningarna i bilaga B utförs för fyra tidsintervall med varierande genomsnittlig persontäthet som en funktion av tid på dygnet.

2.2 Resultat

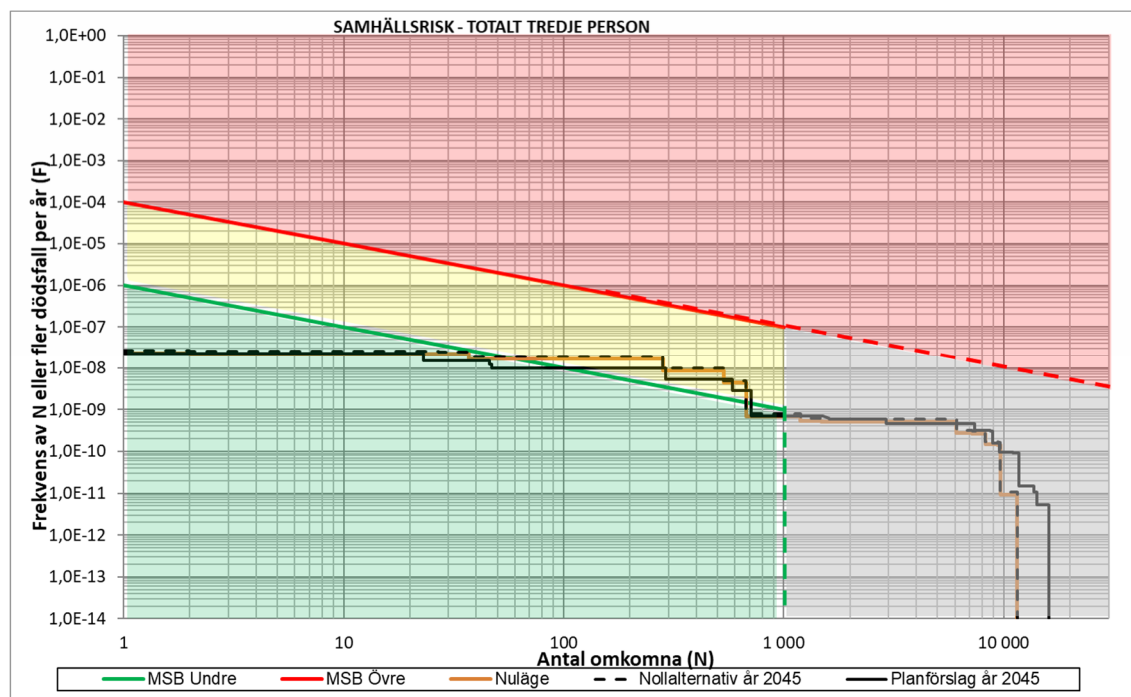
I figur C.1-C.4 redovisas den beräknade samhällsrisk för planområdet och dess omgivning. Beräkningarna omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse inom ca 300 meter från spårområdet vid Stockholms Centralstation.

I diagrammen redovisas samhällsrisk för Nuläge, Nollalternativ 2045 och Planförslag 2045.

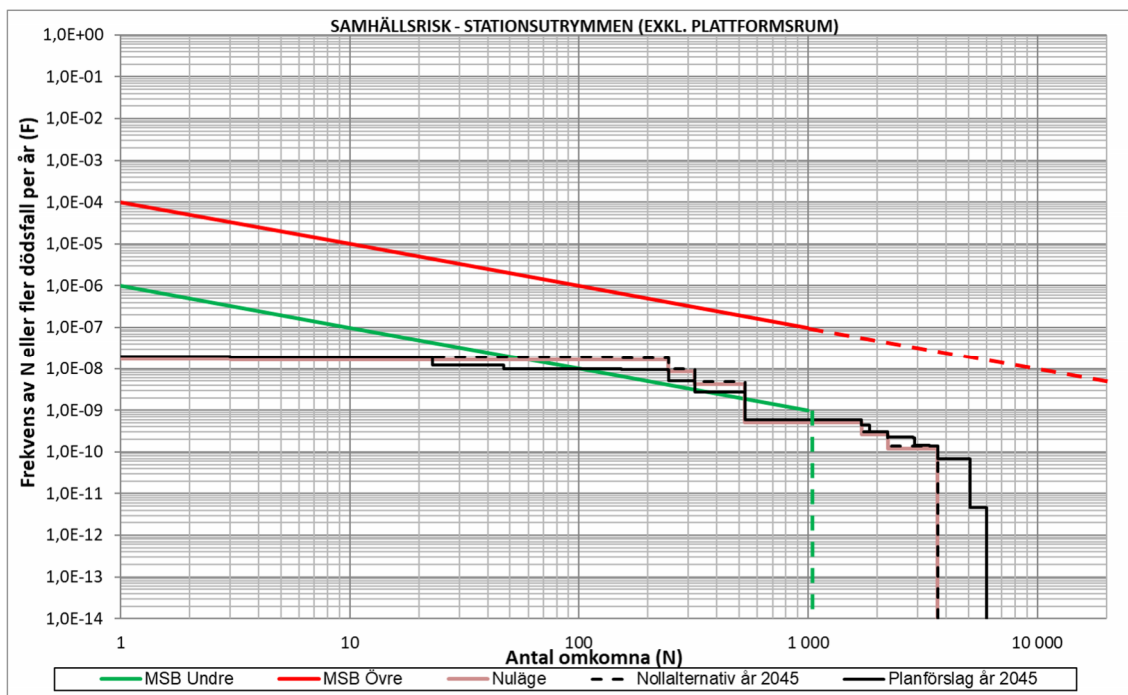
Samhällsrisk redovisas dels sammanlagt för tredje man, dels för respektive typ av bebyggelse och markanvändning utifrån den uppdelning som studeras i konsekvensberäkningarna i bilaga B (stationsutrymmen, ny bebyggelse respektive kringliggande bebyggelse). Detta åskådliggör hur olika typer av bebyggelse och markanvändning påverkar den totala samhällsrisk, vilket kan användas i den fortsatta diskussionen kring potentiella säkerhetshöjande åtgärder.

Samhällsrisk redovisas som frekvensen per år för N, eller fler än N, antal omkomna.

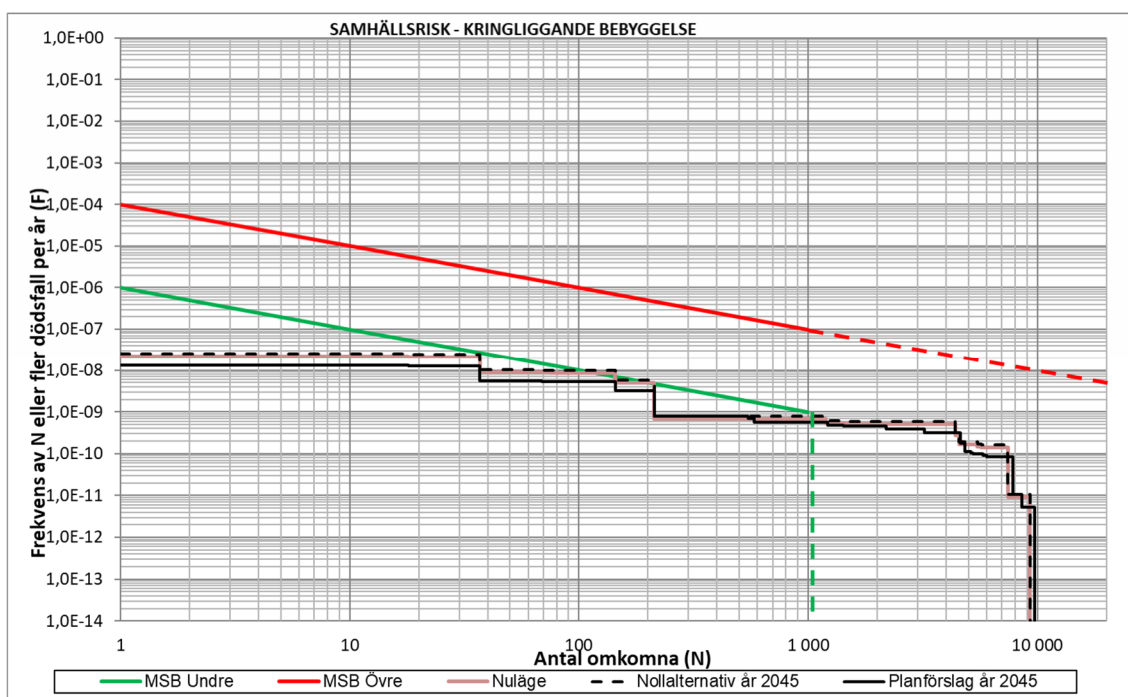
I diagrammen åskådliggörs också gällande acceptanskriterier enligt gällande bedömningsgrund /3/ (se avsnitt 2.6.3 i huvudrapporten).



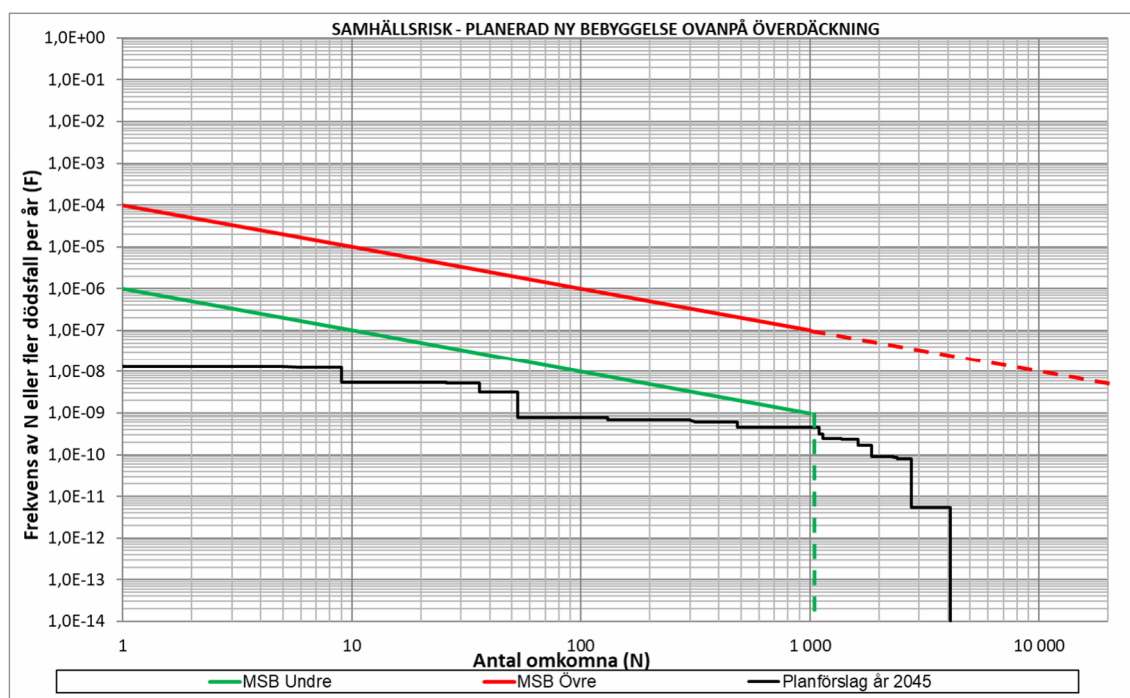
Figur C.1. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivå för tredje man (*stationsutrymmen exkl. plattformsrum, bebyggelse (planerad och befintlig) samt obebyggda ytor*) med avseende på olycksrisker förknippade med järnvägen.



Figur C.2. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån inom **stationsutrymmen (exkl. plattformsrums)** med avseende på olycksrisker förknippade med järnvägen.



Figur C.3. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån inom **kringliggande befintlig bebyggelse** med avseende på olycksrisker förknippade med järnvägen.



Figur C.4. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån inom **planerad ny bebyggelse** med avseende på olycksrisker förknippade med järnvägen.

3. Beräkning av individrisk

3.1 Metodik

Den platsspecifika individrisken redovisas normalt i form av individriskprofiler som anger den avståndsberoende frekvensen för att en fiktiv person ska omkomma till följd av en negativ exponering från den studerade riskkällan. Individrisken beräknas som den kumulativa frekvensen för att omkomma på ett specifikt avstånd från riskkällan. 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.

För Nuläge och Nollalternativ 2045 kommer individrisken att redovisas enligt ovanstående beskrivning. För Planförslag 2045 kommer redovisningen av individrisken dock att skilja sig något eftersom den planerade överdäckningen innebär att risknivån är mer platsspecifik för hela ytan ovanpå överdäckningen och inte avståndsberoende som funktion av avståndet från järnvägen likt individrisknivån för Nuläge och Nollalternativ 2045.

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

1. De konsekvensberäkningar som redovisas i bilaga B visar att andelen personer inom skadeområdet som bedöms omkomna minskar med avståndet från riskkällan. Detta innebär även att sannolikheten för att den fiktiva personen som studeras vid beräkning av individrisk omkommer också minskar med avståndet för respektive skadescenario. Med avseende på respektive skadescenario reduceras därför individrisken för olika avståndsnivåer enligt konsekvensberäkningarna.
2. De beräknade skadeområdena för olycksscenarierna skiljer sig i förhållande till den järnvägssträcka som studeras (1,5 km enligt avsnitt 2.1). 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 150 meter att frekvensen multipliceras med 0,2 för en 1,5 km lång järnvägssträcka (300 / 1500).

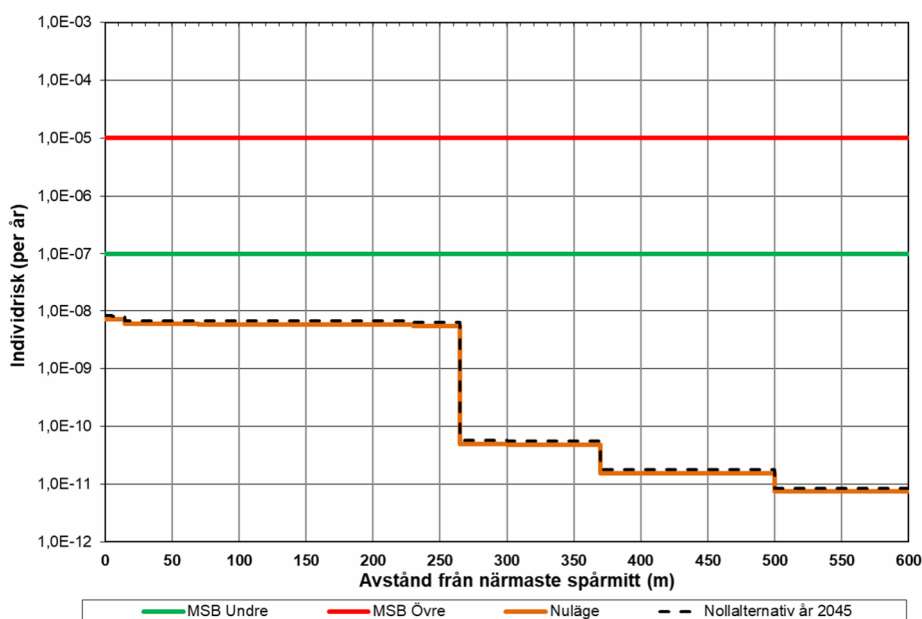
3. För vissa olycksscenarier förknippade med gaser (både brännbara och giftiga) blir skadeområdet inte cirkulärt. Detta innebär i sin tur att det inte är givet att en person som befinner sig inom det kritiska området omkommer. För dessa scenarier reduceras frekvensen ytterligare med avseende på gasplymens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

3.2 Resultat

3.2.1 Individrisk kringliggande bebyggelse

I figur C.5 redovisas individrisken utmed järnvägen som en funktion av avståndet från närmaste spårmitt. Observera att individriskprofilen endast avser olyckor förknippade med farligt gods. Urspråring med persontåg och godståg samt tågbrand är inte inkluderade i den beräknade individrisken.

Individriskprofilen gäller för befintlig utformning av järnvägen, där skadeområdet innebär fri spridning och har beräknats för Nuläge respektive Nollalternativ år 2045.



Figur C.5. Individriskprofiler inom kringliggande bebyggelse som funktion av avstånd från järnvägen. **Nuläge** och **Nollalternativ år 2045**. Ny bebyggelse ovanpå överdäckning

3.2.2 Individrisk ovanpå överdäckning

För planförslaget kommer beräkningen av individrisken att skilja sig något eftersom den planerade överdäckningen innebär att individrisken är beroende av nivå i förhållande till riskkällan snarare än avståndsberoende enligt ovanstående beskrivning. För personer som vistas ovanpå överdäckningen så beräknas den platsspecifika individrisken utifrån en summering av samtliga skadescenarier som förväntas kunna leda till att personer omkommer ovanpå överdäckningen. Detta är en överslagsräkning av individrisken eftersom det är flera scenarier som inte kommer att påverka hela överdäckningen, vilket innebär att motsvarande reducering av bidraget till individrisken egentligen kan göras som beskrivs i avsnitt 3.1.

Genom att summera samtliga skadescenarier som beräknats i bilaga A och bilaga B och som sammanvägs till samhällsrisk ovanpå överdäckningen, se avsnitt 2.2, beräknas den totala frekvensen för olyckor som inträffar inom överdäckningen och kan leda till konsekvenser ovanpå locket till $1,33 \times 10^{-8}$ per år. Detta bidrag antas grovt gälla ovanpå hela överdäckningen.

Dessutom finns det skadescenarier som också bidrar till individrisken ovanpå överdäckningen när de inträffar i det fria, i huvudsak i anslutning till tunnelmynningarna. Bidraget till individrisken ovanpå överdäckningen från olyckor som inträffar i det fria antas utifrån individriskprofilen för Nollalternativ enligt figur C.5. I direkt anslutning till tunnelmynningarna blir då individrisken $8,19 \times 10^{-9} + 1,33 \times 10^{-8} = 2,15 \times 10^{-8}$ per år.

4. Känslighetsanalys

I avsnitt 8 i huvudrapporten redovisas en sammanställning av olika parametrar som är förknippade med antaganden och osäkerheter, vilket i sin tur bedöms påverka resultatet av den fördjupade riskanalysen.

I detta avsnitt redovisas genomförd känslighetsanalys. Fjorton olika parametrar har valts utifrån erfarenheter från tidigare kvantitativa riskbedömningar samt erhållet resultat av riskberäkningarna där det går att utläsa vilka ingående olycksrisker och parametrar som har störst riskbidrag (sammanlagt görs 18 olika känslighetsanalyser).

Känslighetsanalysen omfattar sammanvägning av samhällsrisk för de förändrade förutsättningarna och utförs endast för Planförslag 2045. Resultatet av känslighetsanalysen sammanställs i tabell C.1. Resultatet redovisas även i figur C.6-C.23.

Den sista känslighetsanalysen omfattar en kombination av de fyra parametrar som var för sig beräknas ha störst påverkan på samhällsrisk.

4.1 Tabell

Tabell C.1. Sammanställning resultat av känslighetsanalyser.

Nr	Parameter	Basvärde	Känslighetsanalys	Kommentar
01	Olycksfrekvens brand i godståg	$1,60 \times 10^{-7}$	$3,20 \times 10^{-7}$	<p>En dubbling ger relativt stor påverkan på den totala risknivån. Se figur C.6. Dock innebär det inte att risknivån hamnar på en oacceptabel nivå.</p> <p>Olyckskvoten för brand i godståg är något lägre än Sundbybergstunneln ($1,95 \times 10^{-7}$) men högt antagen jämfört med Varbergstunneln ($4,54 \times 10^{-8}$).</p>
02	Olycksfrekvens för urspårning med godståg	Statistik 1994-1999 / 2008-2015: $1,74 \times 10^{-7}$	UIC: $2,5 \times 10^{-7} / 4/$	<p>Olycksfrekvens för urspårning med godståg ger nästan ingen påverkan på den totala risknivån vilket dels beror på en relativt begränsad ökning av olyckskvoten, dels på det stora bidraget från olycka till följd av brand i godståg. Se figur C.7.</p> <p>Den ursprungliga olyckskvoten för urspårning godståg är i nivå med Sundbybergstunneln ($1,59 \times 10^{-7}$) men högt antagen jämfört med Varbergstunneln ($1,20 \times 10^{-7}$ per godstågskm)</p>
03	Olycksfrekvensen för urspårning med godståg	Statistik 1994-1999 / 2008-2015: $1,74 \times 10^{-7}$	VTI: $3,5 \times 10^{-6} / 5/$	<p>Olycksfrekvens för urspårning med godståg enligt VTI ger stor påverkan på den totala risknivån eftersom olyckskvoten enligt VTI är mycket högre än studerad indata. Den kraftigt ökade olyckskvoten ger huvudsakligen stor påverkan på samhällsrisker för > 1 000 omkomna. Se "svansen" i figur C.8. Risknivån hamnar dock inte på en oacceptabel nivå.</p> <p>Den ursprungliga olyckskvoten för urspårning godståg är i nivå med Sundbybergstunneln ($1,59 \times 10^{-7}$) men högt antagen jämfört med Varbergstunneln ($1,20 \times 10^{-7}$ per godstågskm).</p>

Nr	Parameter	Basvärde	Känslighetsanalys	Kommentar
04	Fördelning mellan trafikeringsscenario för samtliga olyckshändelser med godståg (inkl. farligt gods)	Låg: 0,2402 Normal - dag: 0,2055 Normal – Kväll: 0,3765 Hög: 0,1772	Låg: 0,601 Normal - dag: 0,4368 Normal – Kväll: 0,9,41 Hög: 0,4084	En fjärdedel av andelen fall med olycka i lågtrafik respektive normaltrafik – kväll och samtidigt en ökning av andelen fall med olycka vid normaltrafik – dag respektive högtrafik ger marginell påverkan på risknivån. Se figur C.9.
05.1	Farligt godstransporter: - Antal fago-vagnar/år: - Fördelning fago-klasser: - Genomsnittligt antal godsvagnar per godståg	1 250 /6/ Se bilaga E /6/ 14 st /7/	2 500 /6/ Se bilaga E /6/ 25 st /7/	<p>En dubbling av antalet farligt gods tillsammans med fördelning mellan farligt gods-klasser som motsvarar rikssnittet samt ett genomsnittligt antal godsvagnar per godståg som motsvarar rikssnittet ger framförallt en ökning av risknivån i konsekvensintervallet < 1 000 omkomna. Se figur C.10. Dock innebär det inte att risknivån hamnar på en oacceptabel nivå.</p> <p>Den relativt begränsade ökningen beror på att känslighetsanalysen inte påverkar den totala frekvensen för olycka med godståg samt att justeringarna medför en marginell förändring av hur stor andel av godsvagnar som utgör farligt gods (en dubbling av antalet farligt gods men samtidigt nära en dubbling av antal godsvagnar per godståg).</p>
05.2	Farligt godstransporter: - Antal fago-vagnar/år: - Fördelning fago-klasser: - Genomsnittligt antal godsvagnar per godståg:	1 250 /6/ Se bilaga E /6/ 14 st /7/	12 500 Se bilaga E /6/, lika som grundfall 14 st /7/, lika som grundfall	<p>Kompletterande känslighetsanalys för att pröva hur stor påverkan denna parameter har på resultatet. En ökning av antalet farligt godsvagnar med faktor 10 tillsammans med fördelning mellan farligt gods-klasser utifrån lokala förhållanden har stor påverkan på risknivån generellt. Se figur C.10.</p> <p>Även vid en orimligt kraftig ökning av antalet farligt godsvagnar på den aktuella sträckan innebär det inte att risknivån hamnar på en oacceptabel nivå.</p>

Nr	Parameter	Basvärde	Känslighetsanalys	Kommentar
06	<p>Sannolikhet för explosionsartat brandförlopp vid olycka med klass 5</p> <p>Utan blandning med bränsle, givet brandspridning till last:</p> <p>Med blandning med bränsle, givet förbränning:</p>	<p>1 %</p> <p>10 %</p>	<p>5 %</p> <p>50 %</p>	<p>Denna parameter har stor påverkan på risknivån för > 100 omkomna. Se figur C.11.</p> <p>Även vid en mycket kraftig ökning av sannolikhet för explosion innebär det inte att risknivån hamnar på en oacceptabel nivå.</p>
07	Sannolikhet för utsläpp av farligt gods givet järnvägsolycka med farligt godsvagn.	<p>Tunnväggig vagn: 8 %</p> <p>Tjockväggig vagn: 0,27 %</p>	<p>Tunnväggig vagn: 30 % /8/</p> <p>Tjockväggig vagn: 1 % /8/</p>	<p>Denna parameter har begränsad påverkan på risknivån vid < 1 000 omkomna, men stor påverkan vid > 1 000 omkomna. Se figur C.12. Orsaken till ökningen är främst kopplad till olycka med klass 5. Observera att varken olycka med klass 1 eller BLEVE med klass 2.1 är kopplade till sannolikheten för utsläpp.</p> <p>Även vid en kraftig ökning av sannolikhet för utsläpp innebär det inte att risknivån hamnar på en oacceptabel nivå.</p>
08	Bebyggelse ovanpå överdäckning	<p>Station: 5 %</p> <p>Kontor: 80 %</p> <p>Handel: 10 %</p> <p>Hotell: 4 %</p> <p>Övrigt: 1 %</p>	<p>Station: 5 %</p> <p>Kontor: 0 %</p> <p>Handel: 10 %</p> <p>Hotell: 84 %</p> <p>Övrigt: 1 %</p>	<p>En ökad andel hotell har en marginell påverkan på risknivån vid < 5 000 omkomna.</p> <p>Risknivån för >5 000 omkomna minskar eftersom en ökad andel hotell medför ett lägre maximalt antal personantal samt lägre personantal under normaltrafik och högtrafik då övrig bebyggelse är högt belastad. Detta innebär också att den största konsekvensen minskar. Se figur C.13.</p>

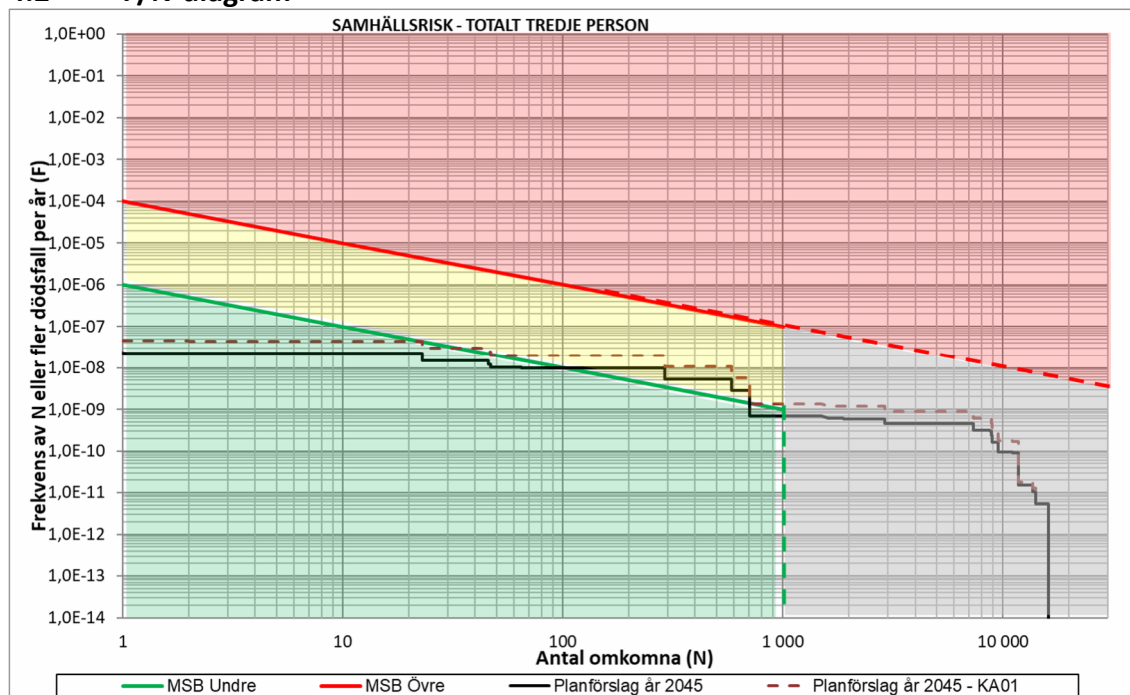
Nr	Parameter	Basvärde	Känslighetsanalys	Kommentar
09	Beläggning inom planerad ny bebyggelse (exkl. stationsutrymmen)	Se tabell B.2 i bilaga B.	0,75 av angiven beläggning enligt bilaga B.2.	<p>En lägre beläggning inom ny bebyggelse ovanpå överdäckningen har en marginell påverkan på risknivån vid < 10 000 omkomna.</p> <p>Riskenivån för >10 000 omkomna minskar eftersom konsekvenserna av de värsta olycksscenarierna är beroende av totalt personantal. Detta innebär också att den största konsekvensen minskar. Se figur C.14.</p>
10.1	Andel av alla farligt godsolyckor som inträffar under överdäckningen	50%, se bilaga C, avsnitt 2.1	25 %	<p>En lägre andel av alla farligt godsolyckor som inträffar under överdäckningen har en marginell påverkan på risknivån vid < 100 omkomna. För 100-1 000 omkomna innebär ändringen en något högre samhällsrisk (det dominerande riskbidraget beror på skadescenarier som sker i det fria). För > 1 000 omkomna innebär ändringen en lägre samhällsrisk eftersom det dominerande riskbidraget beror på skadescenarier som sker under överdäckningen. Se figur C.15.</p>
10.2	Andel av alla farligt godsolyckor som inträffar under överdäckningen	50%, se bilaga C, avsnitt 2.1	75 %	<p>En lägre andel av alla farligt godsolyckor som inträffar under överdäckningen har en marginell påverkan på risknivån vid < 100 omkomna. För 100-1 000 omkomna innebär ändringen en mindre samhällsrisk och för > 1 000 omkomna innebär ändringen en högre samhällsrisk. Se figur C.15.</p> <p>Även vid en mycket stor ökning av sannolikhet för olycka under överdäckningen innebär det inte att risknivån hamnar på en oacceptabel nivå.</p>

Nr	Parameter	Basvärde	Känslighetsanalys	Kommentar
11	Sannolikhet för massexplosion	0,06 %	5 %	<p>Denna parameter har begränsad påverkan på risknivån. Det krävs en mycket stor ökning av sannolikheten för massexplosion till följd av järnvägsolycka eller godstågsbrand för att samhällsriskerna ska påverkas och då främst vid > 1 000 omkomna. Se figur C.16.</p> <p>Även vid en mycket stor ökning av sannolikhet för explosion innebär det inte att risknivån hamnar på en oacceptabel nivå.</p>
12	Sannolikhet för stor gasmolnsexplosion och BLEVE Gasmolnsexplosion: BLEVE:	$0,17\% \times 16,7\% \times 50\% = 0,014\%$ 1,8% givet tågbrand	1 % 10 % givet tågbrand	<p>Denna parameter har påverkan på risknivån vid < 1 000 omkomna. Det krävs dock en mycket stor ökning av sannolikheten för stor gasmolnsexplosion respektive BLEVE för att samhällsriskerna ska påverkas i någon större omfattning. Se figur C.17.</p> <p>Även vid en mycket stor ökning av sannolikhet för stor gasmolnsexplosion respektive BLEVE innebär det inte att samhällsriskerna för tredje person hamnar på en oacceptabel nivå.</p>
13	Skadeverkan överdäckning stor gasmolnsexplosion och BLEVE	100 kg TNT	500 kg TNT	<p>Denna parameter har begränsad påverkan på samhällsriskerna. Det krävs en mycket omfattande skadeverkan för stor gasmolnsexplosion respektive BLEVE för att samhällsriskerna ska påverkas i större omfattning. Se figur 18.</p>

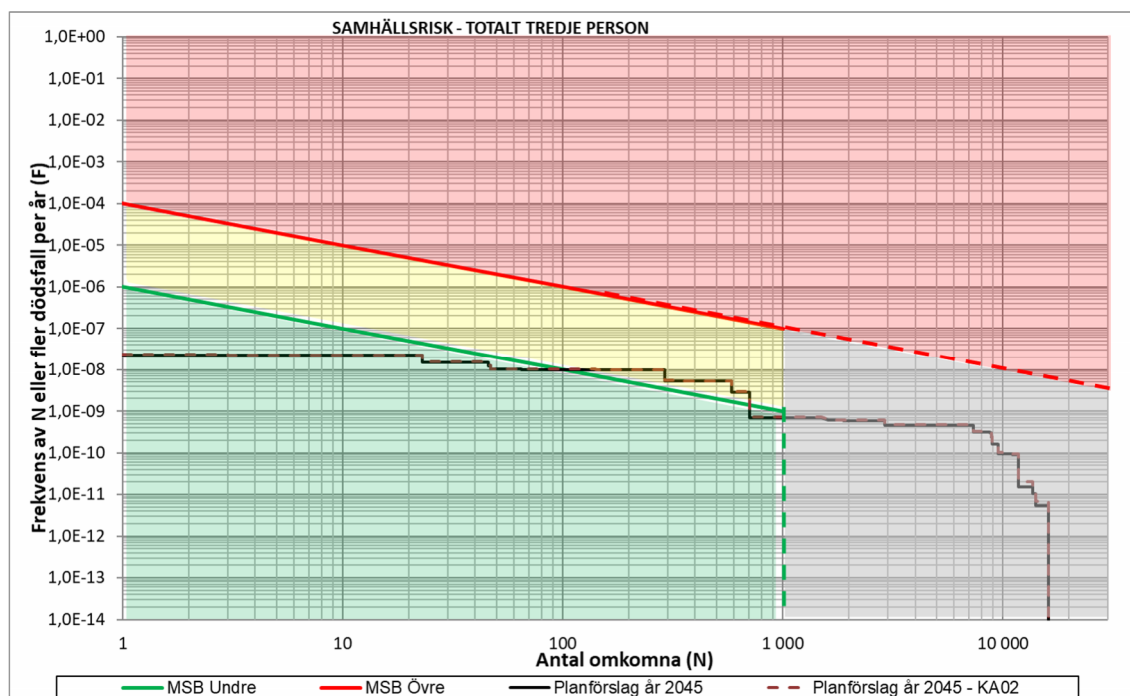
Nr	Parameter	Basvärde	Känslighetsanalys	Kommentar
14	Beläggning inom planerad ny och kringliggande bebyggelse (exkl. stationsutrymmen)	Se tabell B.5, B.6 och B.7 i bilaga B.	0,75 av angiven beläggning enligt bilaga B.	<p>En lägre beläggning inom det studerade området har marginell påverkan på risknivån vid < 1 000 omkomna. Orsaken till den begränsade påverkan är främst ett dominerande bidrag till konsekvenserna från stationsutrymmen som ej varierar i känslighetsanalysen.</p> <p>Risknivån för >1 000 omkomna minskar eftersom konsekvenserna av de värsta olycksscenarierna är kraftigt beroende av totalt personantal. Detta innebär också att den största konsekvensen minskar. Se figur C.19.</p>
15	Beläggning inom stationsutrymmen (befintliga och nya)	Se tabell B.3 i bilaga B.	500 % av angiven beläggning enligt bilaga B.	<p>Känslighetsanalys för att pröva hur stor påverkan denna parameter har på resultatet. En ökning av antalet personer inom stationsutrymmen med faktor 5 har stor påverkan på risknivån, i synnerhet för > 1 000 omkomna. Se figur 20.</p> <p>Även vid en orimligt kraftig ökning av beläggningen inom stationsutrymmen (personantalet i känslighetsanalysen ger en icke tillåten trängsel inom stationsutrymmen) innebär det inte att risknivån hamnar på en oacceptabel nivå.</p>
16	Skadescenarier vid olycka med klass 5	Skadescenarier och intern fördelning: Explosion 7,5 ton: 0,1 % Explosion 25 ton: 1,0 % Mycket stor brand: 98,9 %	Skadescenarier och intern fördelning: Explosion 2,0 ton: 0,1+1,0 % = 1,1% Mycket stor brand: 98,9 %	<p>Mindre laddningsvikter för explosionsscenarier med klass 5 innebär stor påverkan på risknivån för 3 000 – 20 000 omkomna. Frekvensen för den största konsekvensen minskar kraftigt med hänsyn till det stora bidraget från aktuella skadescenarier. Se figur C.21.</p>

Uppdragsnamn: Centralstaden, Stockholm Datum: 2024-11-26 Uppdragsnummer 503257 Sida: 16 av 55

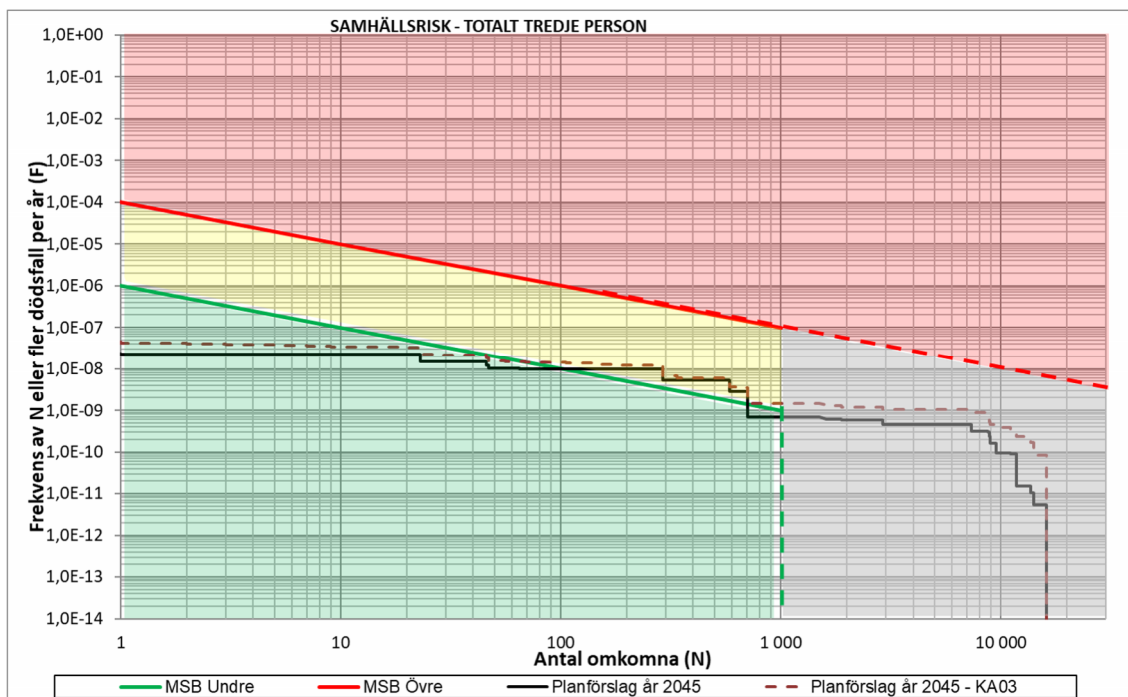
4.2 F/N-diagram



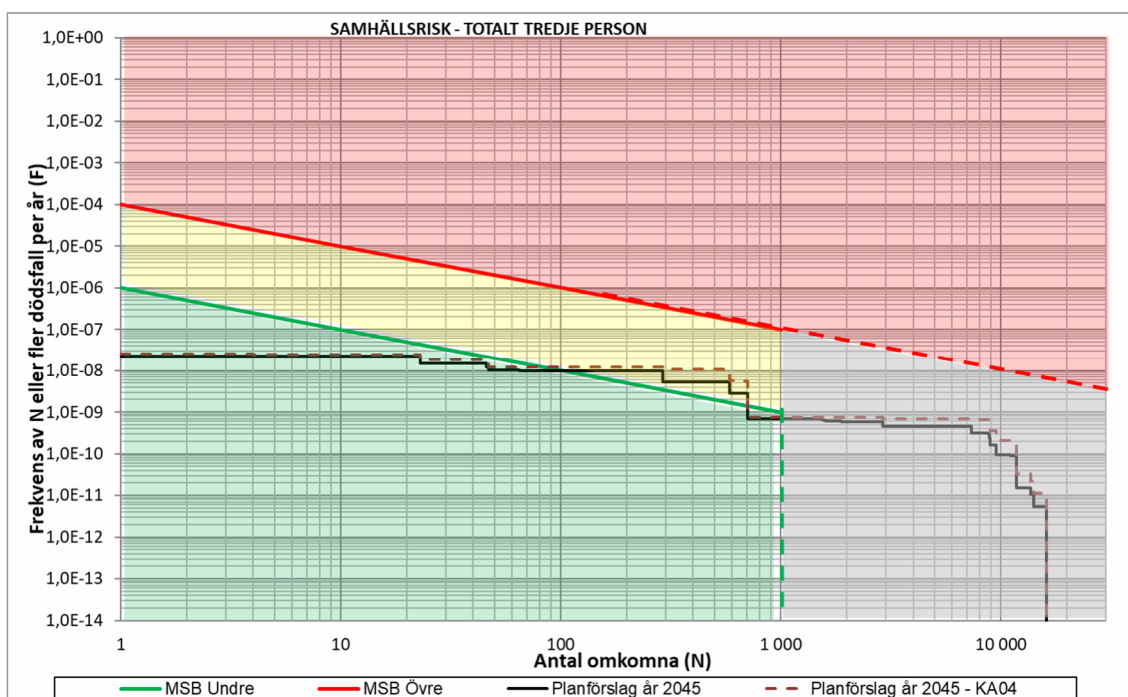
Figur C.6. KA01 – Dubblerad olycksfrekvens brand i godståg.



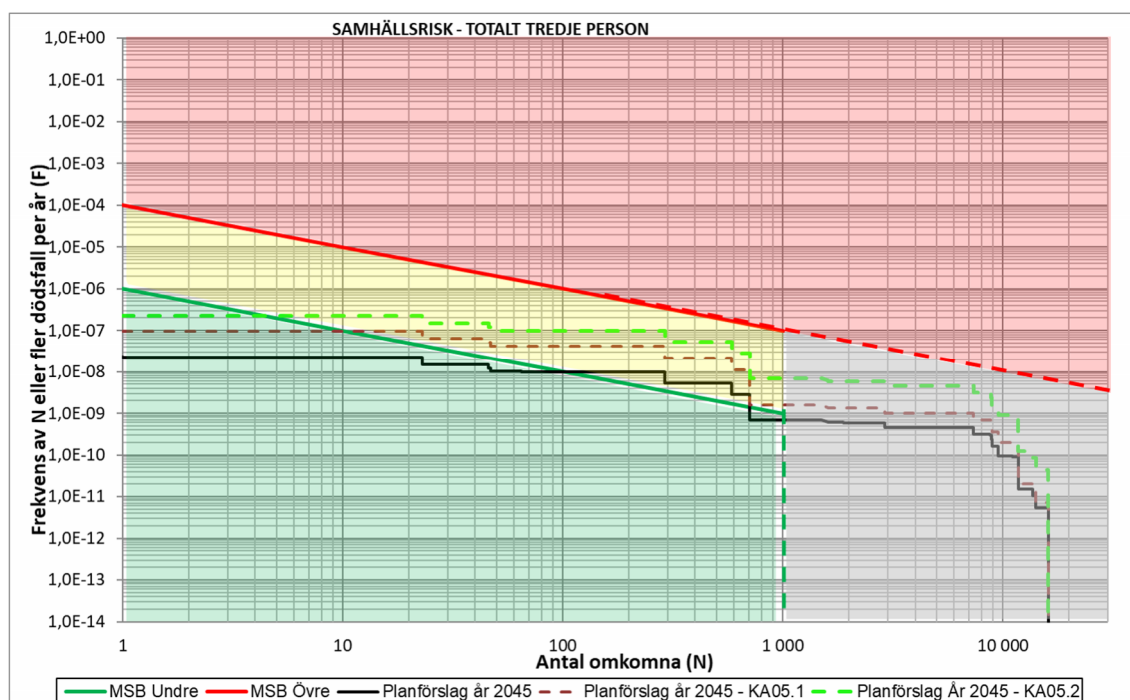
Figur C.7. KA02 – Olycksfrekvens urspärning godståg baserad på UIC 777-2 R.



Figur C.8. KA03 – Olycksfrekvens urspårning godståg baserad på VT1.



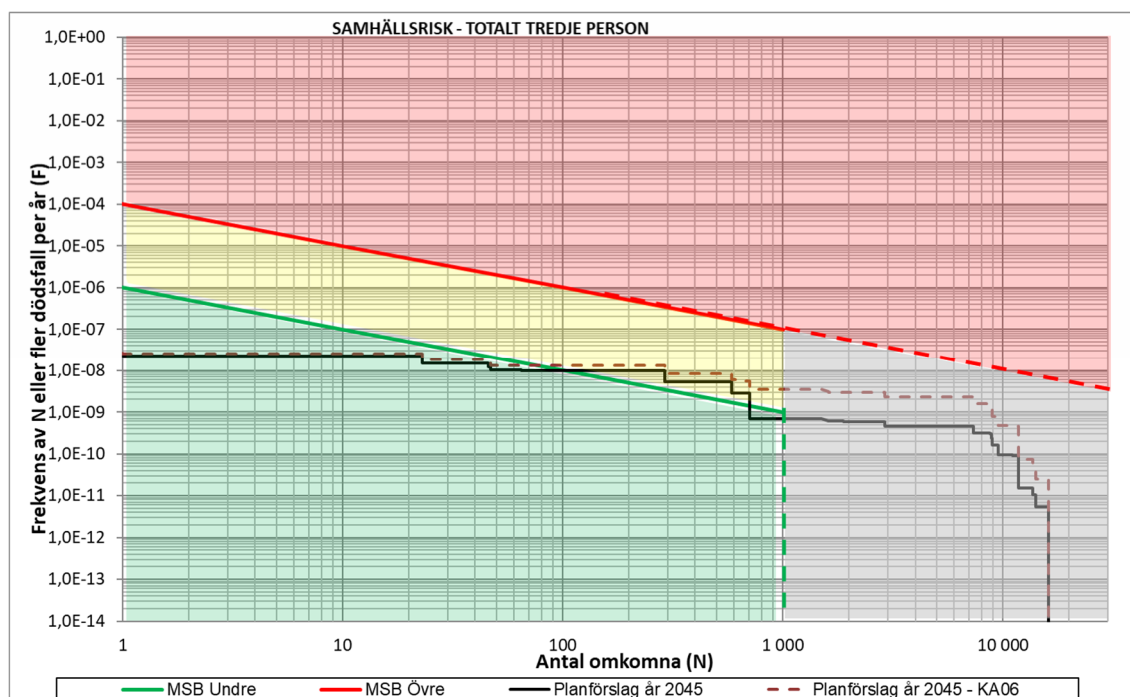
Figur C.9. KA04 – Ökad sannolikhet för olycka med godståg under normaltrafik – dag och högtrafik samt minskning för olycka under lågtrafik.



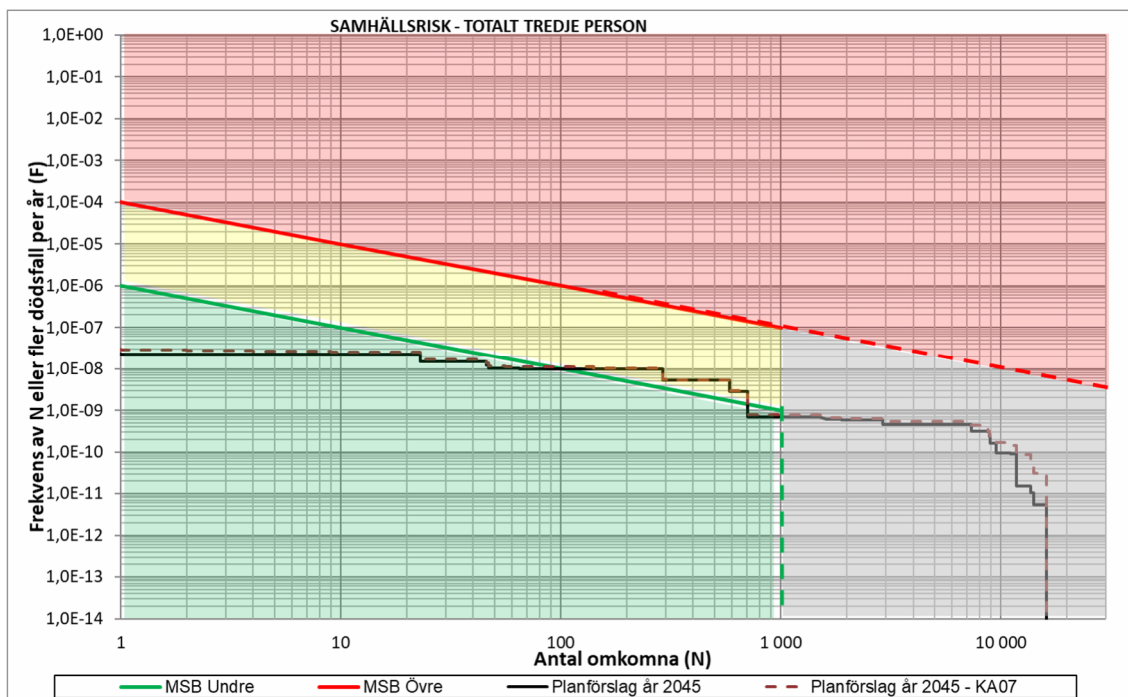
Figur C.10. KA05 – Ökat antal farligt godsvagnar:

KA05.1 – Antal farligt godsvagnar x faktor 2 och fördelning i enlighet med nationellt genomsnitt.

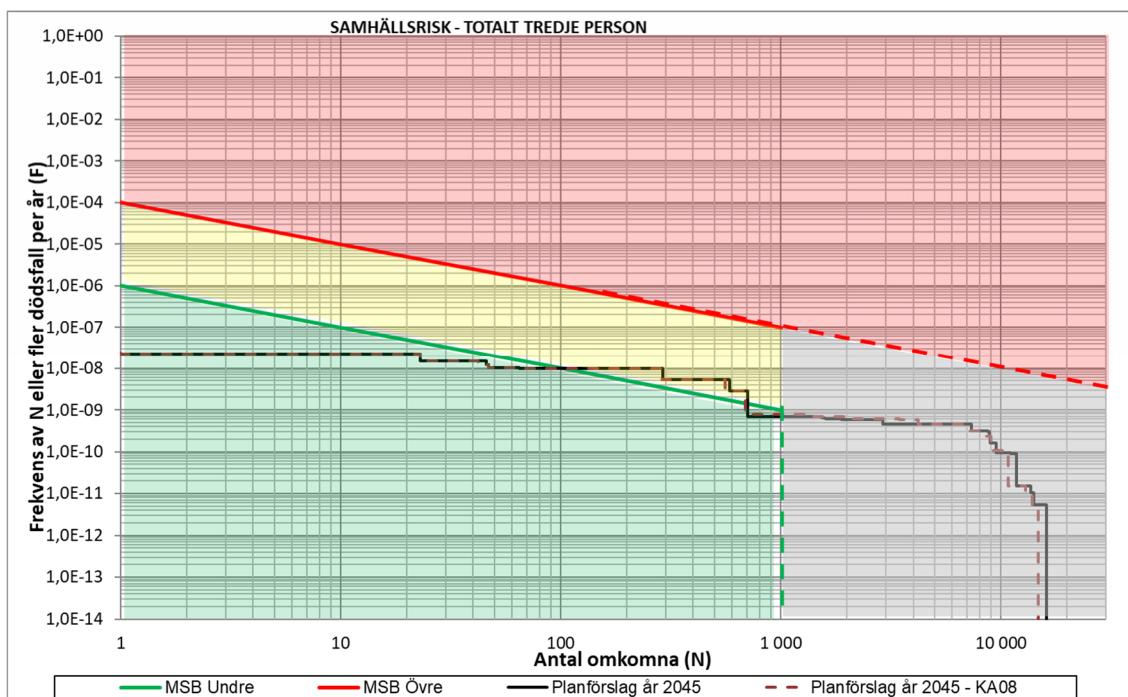
KA05.2 – Antal farligt godsvagnar x faktor 10 och fördelning enligt lokala förutsättningar.



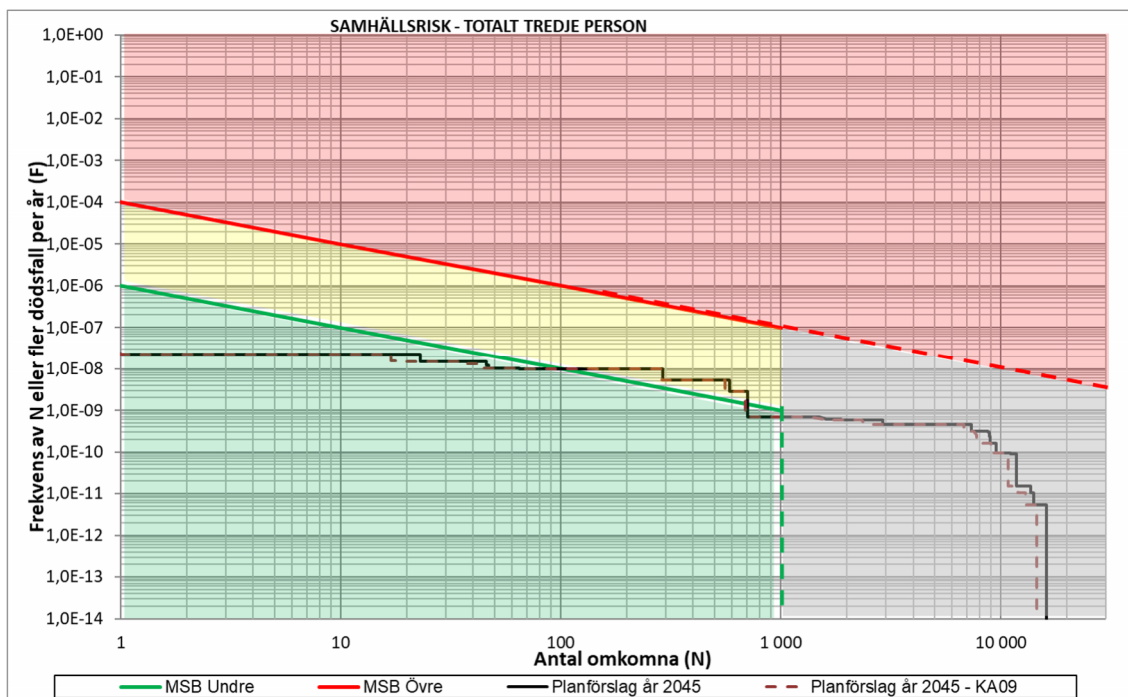
Figur C.11. KA06 – Ökad sannolikhet för explosionsartat brandförlopp vid olycka med klass 5.



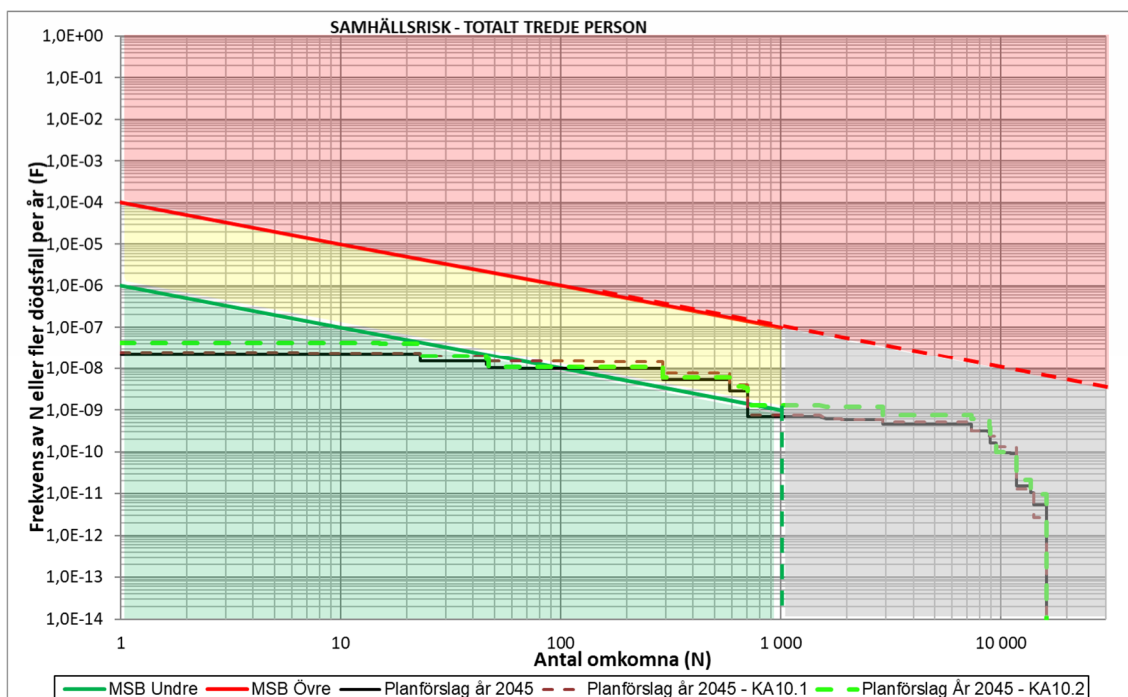
Figur C.12. KA07 – Ökad sannolikhet för utsläpp av farligt gods givet urspårning.



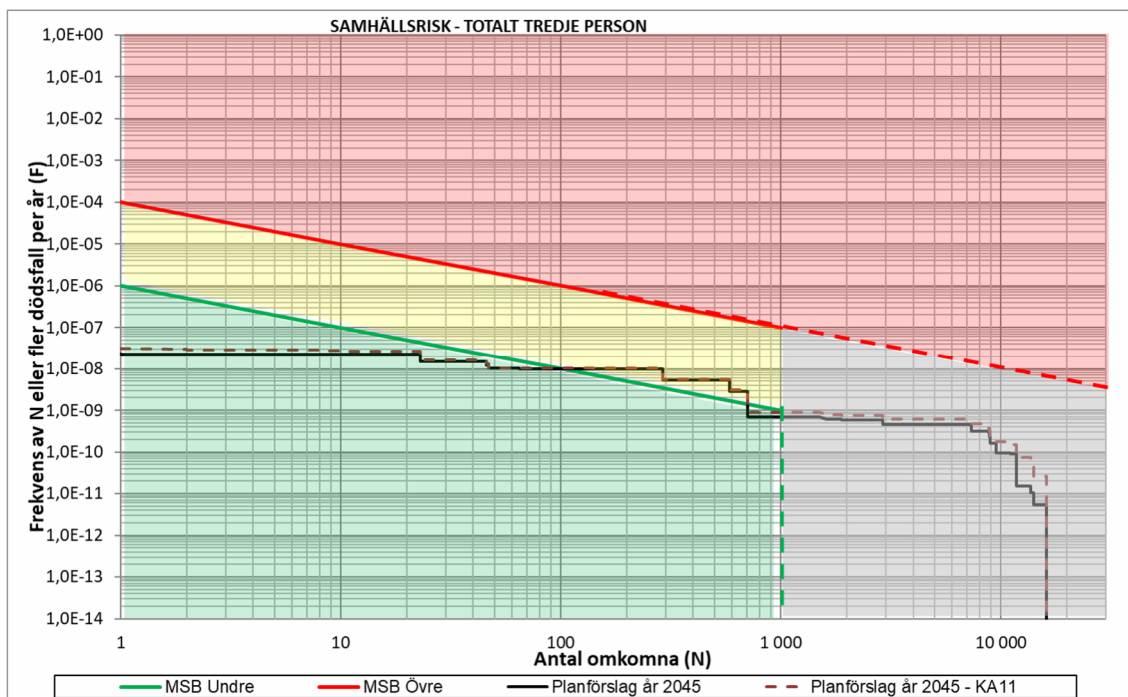
Figur C.13. KA08 – Hotell istället för kontor.



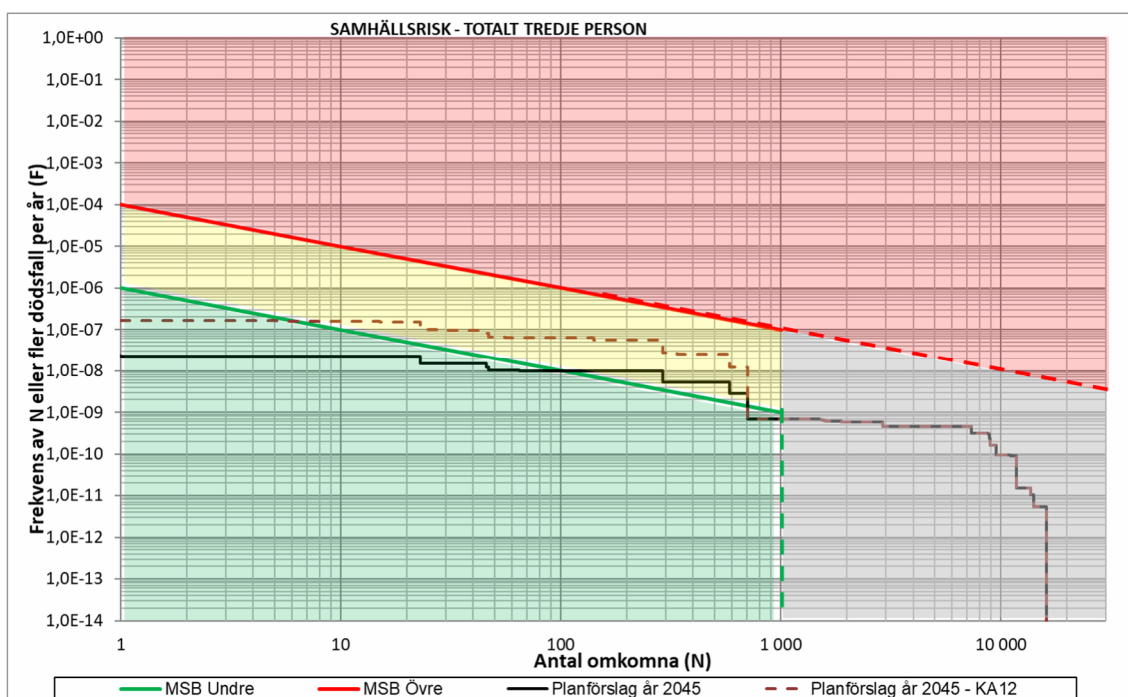
Figur C.14. KA09 – Lägre beläggning inom ny bebyggelse.



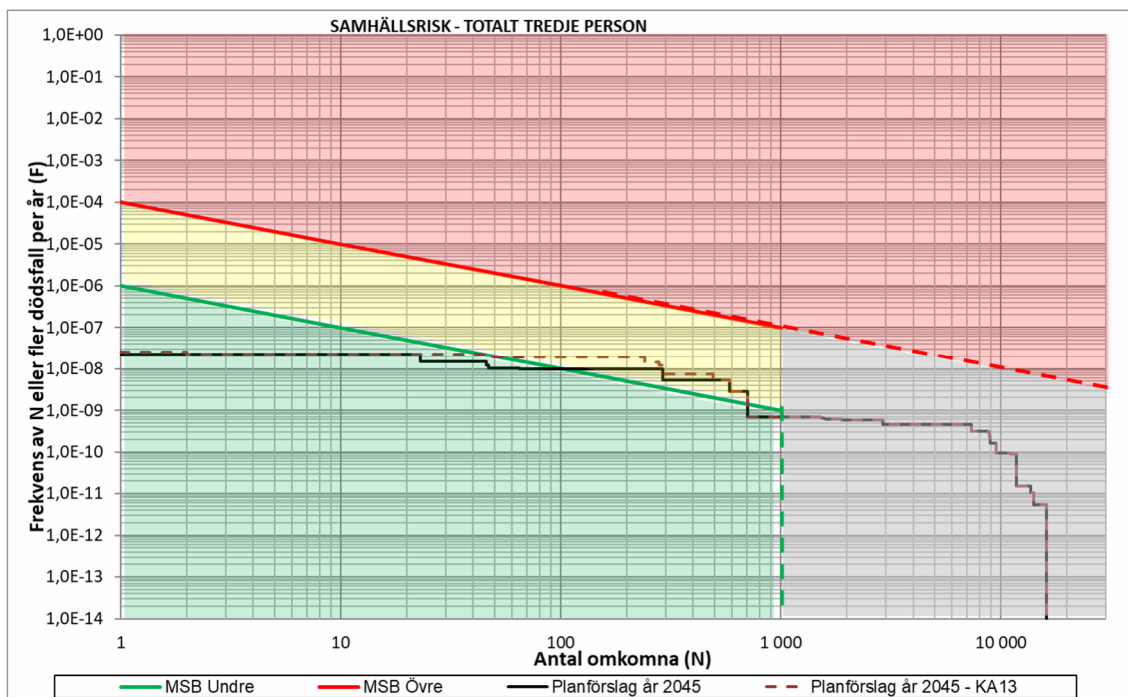
Figur C.15. KA10 – Ändrad sannolikhet för att olycka med farligt gods inträffar under överdäckningen.



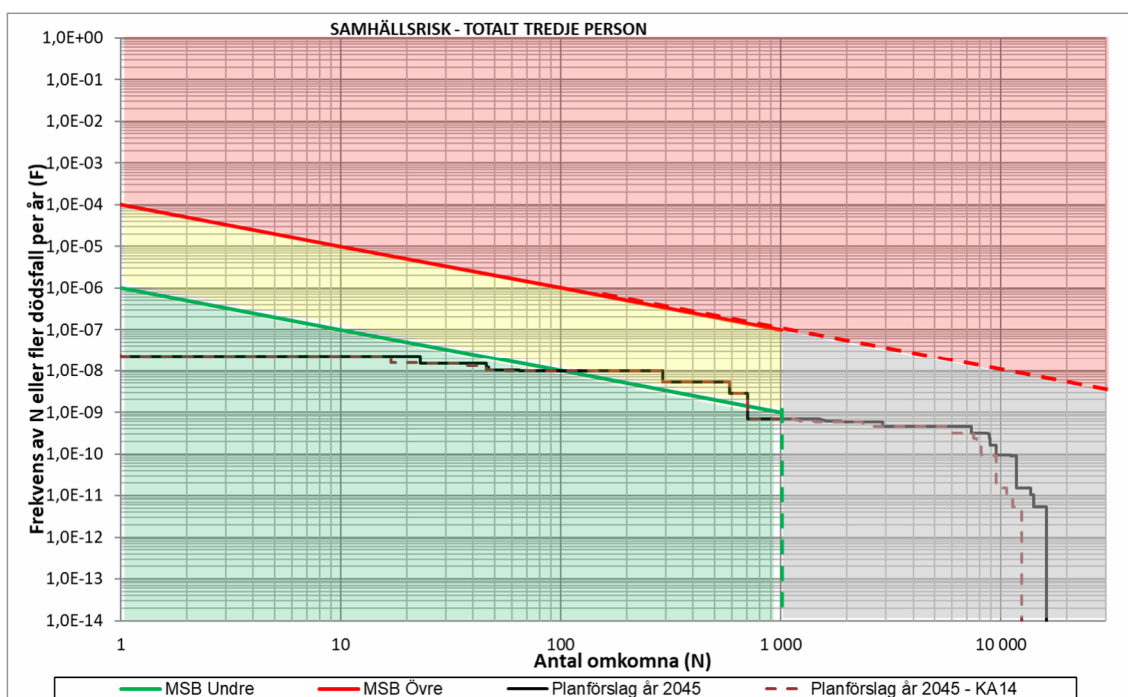
Figur C.16. KA11 – Ökad sannolikhet för massexplosion vid olycka med klass 1.



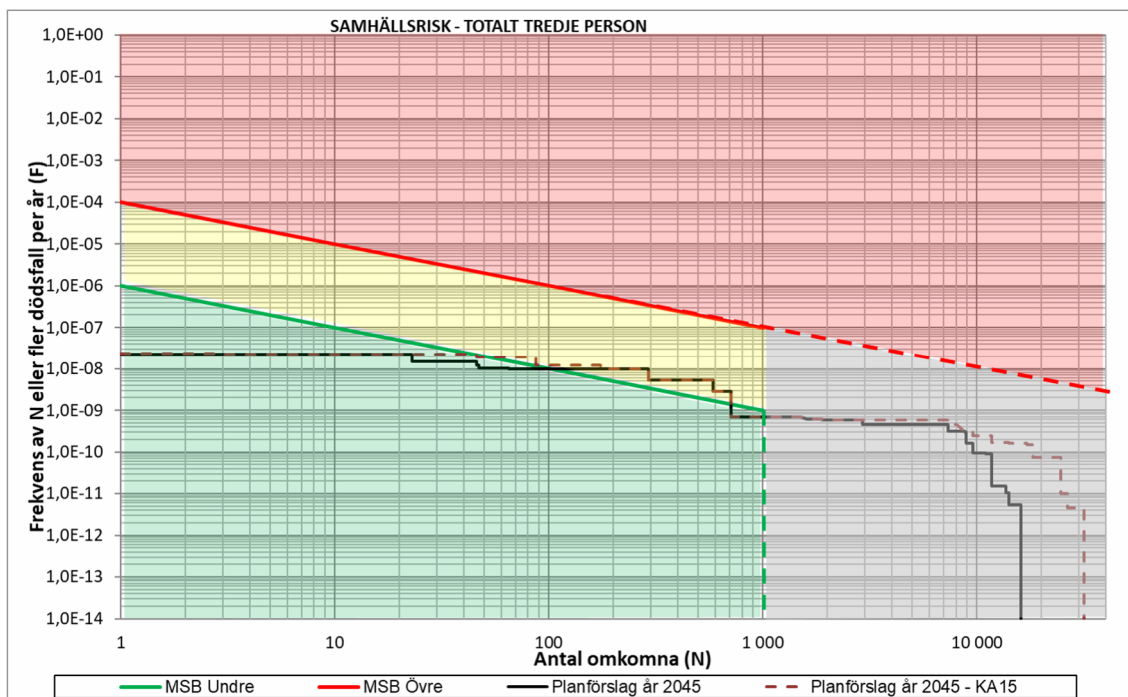
Figur C.17. KA12 – Ökad sannolikhet för stor gasmolnsexplosion respektive BLEVE vid olycka med klass 2.1.



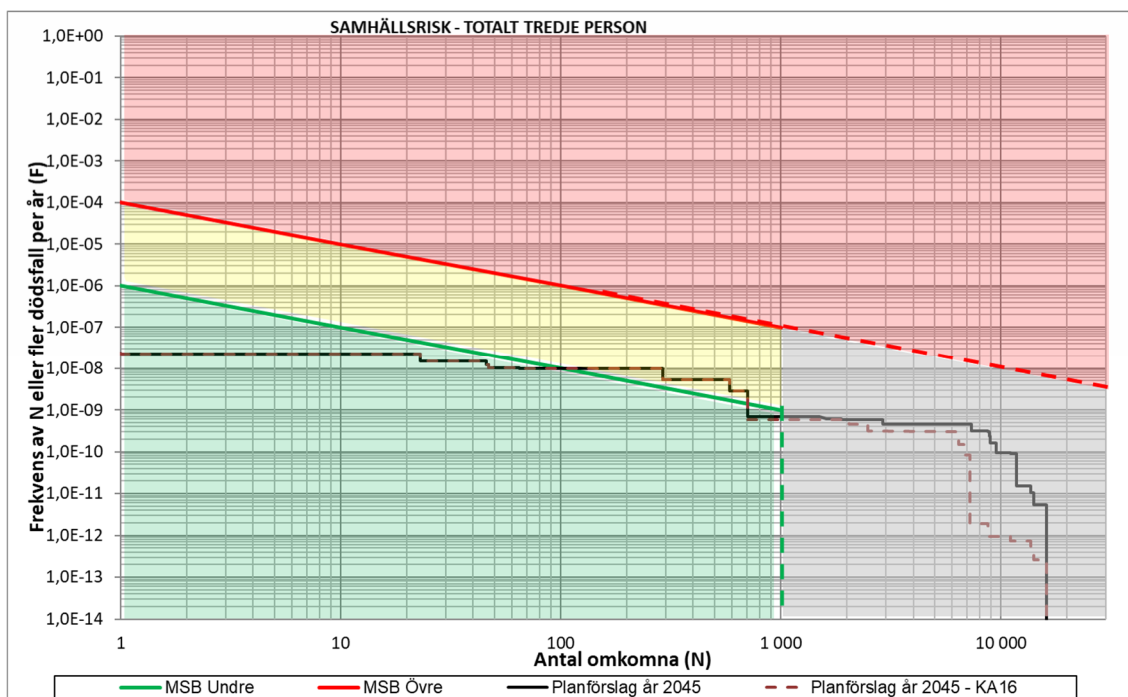
Figur C.18. KA13 – Ökad skadeverkan på ny bebyggelse vid stor gasmolnsexplosion respektive BLEVE.



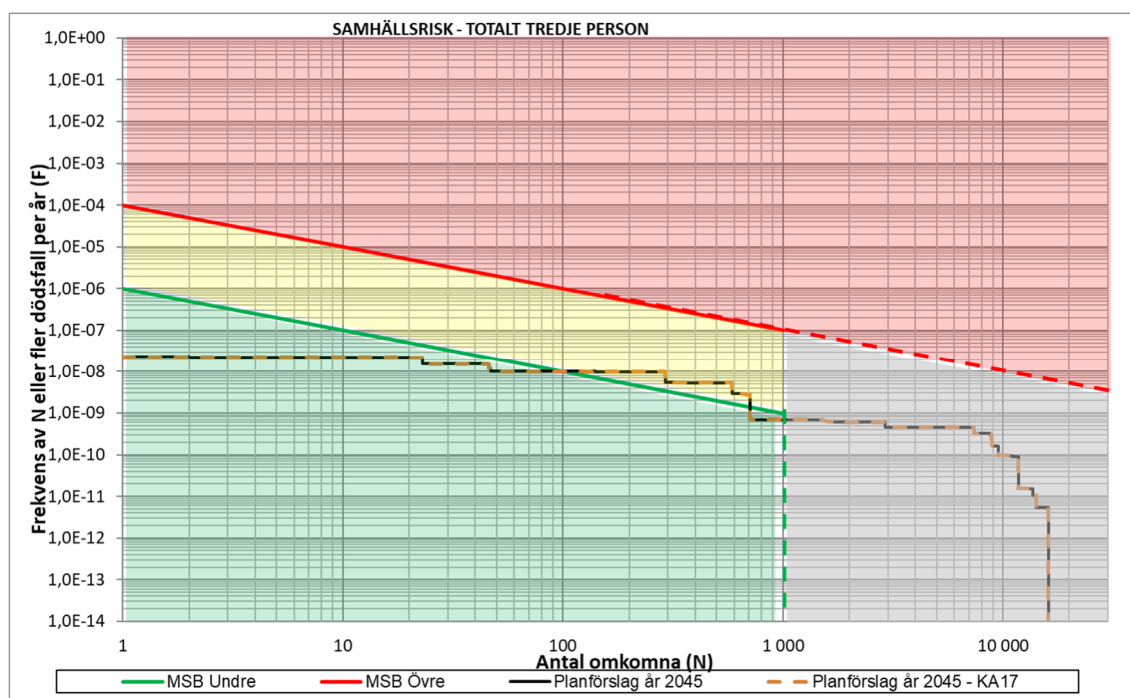
Figur C.19. KA14 –Lägre beläggning inom ny och befintlig bebyggelse, inkl. utomhus.



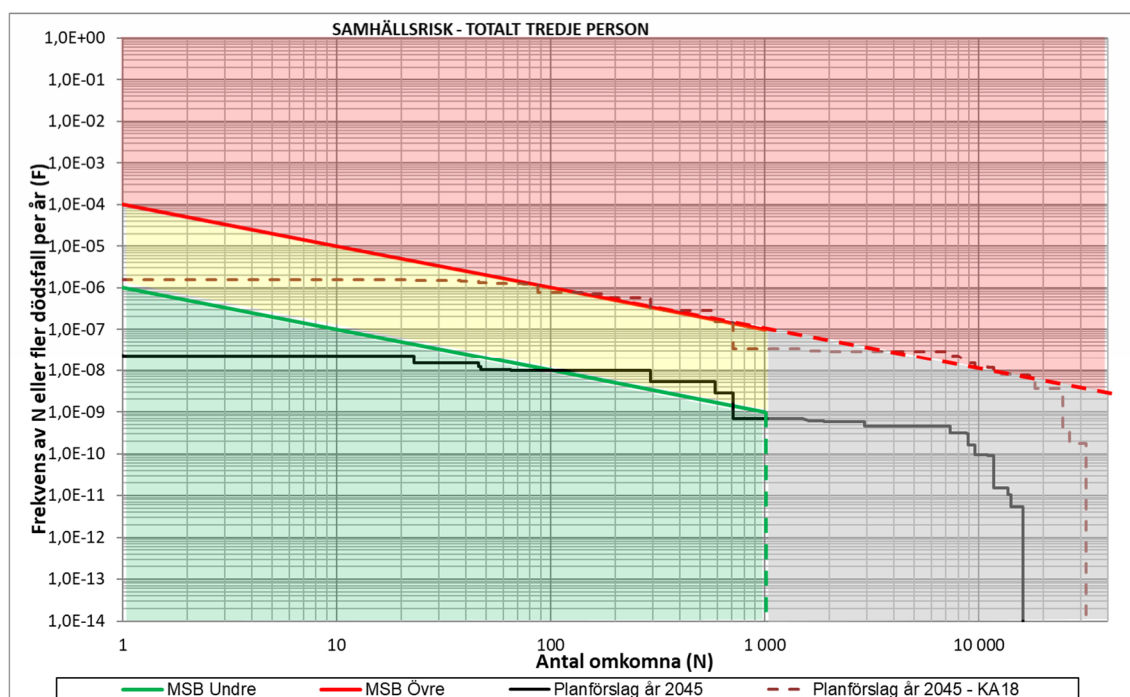
Figur C.20. KA15 – Högre beläggning inom stationsutrymmen (befintliga och nya).



Figur C.21. KA16 – Mindre explosionsscenarier vid olycka med klass 5.



Figur C.22. KA17 – Justerad fördelning av explosionsscenarier.



Figur C.23. KA18 – Kombination av känslighetsanalyser med stor påverkan på samhällsrisk: KA05.2 + KA06 + KA12 + KA15.

4.3 Slutsats känslighetsanalys

Känslighetsanalysen visar att det är mycket få parametrar som vid en ändring skulle få den totala samhällsriskerna att hamna på en oacceptabel risknivå.

Den enda parameter som ensam skulle kunna få risken att betraktas som oacceptabel är en mycket stor ökning av sannolikheten för att en järnvägsolycka med klass 5 leder till ett explosionsartat brandförlopp där explosionslasten motsvarar en extremt omfattande massexplosion.

Det är många felfaktorer som ska inträffa samtidigt för att en olycka med klass 5 ska leda till detta katastrofscenario. I Bilaga A redovisas bl.a. gällande förutsättningar kring regelverk för transporter av dessa ämnen där särskilda åtgärder ska vidtas för att minimera sannolikheten för en olycka. Det ska observeras att de antaganden kring sannolikheten för explosionsartat brandförlopp som görs i Bilaga A bedöms vara konservativa med hänsyn till stora osäkerheter kring dessa parametrar. Att sannolikheten för dessa faktorer skulle vara väsentligt mycket högre än de antaganden som redovisas i bilaga A bedöms inte vara rimligt då det med hänsyn till mängden transporter av klass 5 som sker skulle visa sig tydligare i olycksstatistiken. Samtidigt bör det beaktas att detta är kopplat till mycket konservativa antaganden där studerade skadescenarier vid olycka med klass 5 antas motsvara extremt omfattande explosionslast. De antaganden som görs både avseende sannolikheten för explosionsartat brandförlopp samt potentiella explosionslaster innebär att olycksrisker med klass 5 har stor effekt på resultatet. Med hänsyn till de konservativa angreppssätt som görs avseende både frekvenserna för och konsekvenserna av olycksrisker med klass 5 så bedöms det vara låg sannolikhet att risknivån skulle vara högre de studerade grundförutsättningarna.

Merparten av de känslighetsanalyser som genomförts påvisar att studerade parametrar har begränsad påverkan på risknivån. Med hänsyn till den begränsade påverkan så är bedömningen att kombinationer av dessa känslighetsanalyser inte kommer påvisa någon omfattande påverkan på risknivån som innebär att samhällsriskerna hamnar på en oacceptabel risknivå. En kombination av flera känslighetsanalyser där det antas extremvärden av olika parametrar skulle kunna få samhällsriskerna att tangera det övre acceptanskriteriet. Detta inkluderar bl.a. en mycket stor ökning av sannolikheten för att järnvägsolycka med klass 5 leder till ett explosionsartat brandförlopp. Dessutom skulle det krävas en extremt stor ökning av farligt godstransporter (totalt eller åtminstone klass 2.1 och/eller klass 5) samt mycket höga personantal inom de mest utsatta delarna av planerad bebyggelse (stationsutrymmen). Att sannolikheten för dessa faktorer samt att förutsättningar för antal farligt godstransporter och personantal skulle vara så väsentligt mycket högre bedöms inte vara rimligt.

5. Beräkning av risknivå med säkerhetshöjande åtgärder

Utifrån resultatet från den kvantitativa analysen finns indikationer på att samhällsrisknivån för tredje person för konsekvensspannet > 100 omkomna ligger på en nivå där ytterligare åtgärder ska vidtas om kostnaden för åtgärden inte är orimligt stor i förhållande till den riskreducerande effekten (ALARP).

Utifrån att studera F/N-kurvorna i figur C.1-C.4 (se avsnitt 2.2) går det att konstatera att den ökade samhällsrisk för Planförslag år 2045 huvudsakligen beror på den nya bebyggelsen ovanpå överdäckningen som vid de mest omfattande skadescenarierna med massexplosiva ämnen samt oxiderande ämnen och organiska peroxider kan innebära större konsekvenser än om motsvarande skadescenario inträffar i det fria. Frekvenserna för dessa skadescenarier är extremt låga, vilket till stor del beror på gällande regelverk för transport av farligt gods som syftar till att begränsa sannolikhet för utsläpp, brand eller annan följdhändelse vid en olycka.

Sett till olycksfrekvensen så är det främst olyckor med ämnen ur klass 5 som har störst påverkan på samhällsrisknivån för tredje person.

Det har identifierats ett flertal riskreducerande åtgärder och barriärer som syftar till att reducera samhällsriskerna ytterligare inom anläggningen. Åtgärderna syftar till att minska sannolikheten och/eller konsekvenserna av en tågbrand.

Följande åtgärder har identifierats som intressanta att studera vidare utifrån en inledande bedömning av dess riskreducerande effekt samt att de bedöms vara praktiskt genomförbara:

- Överdäckningens dimensionerande last
- Begränsa exploateringen ovan överdäckningen med utgångspunkt i studerat planförslag
- Typ av markanvändning ovan överdäckning
- Rutiner för utrymning från bebyggelse och allmän platsmark ovanpå överdäckningen, stationsutrymmen och intilliggande bebyggelse
- Beredskapsfunktion
- Fast släcksystem i plattformsrummet

Nedan redovisas övergripande bedömningar av åtgärdernas riskreducerande effekter och påverkan på risknivån för tredje person.

5.1 Överdäckningens dimensionerande explosionslast

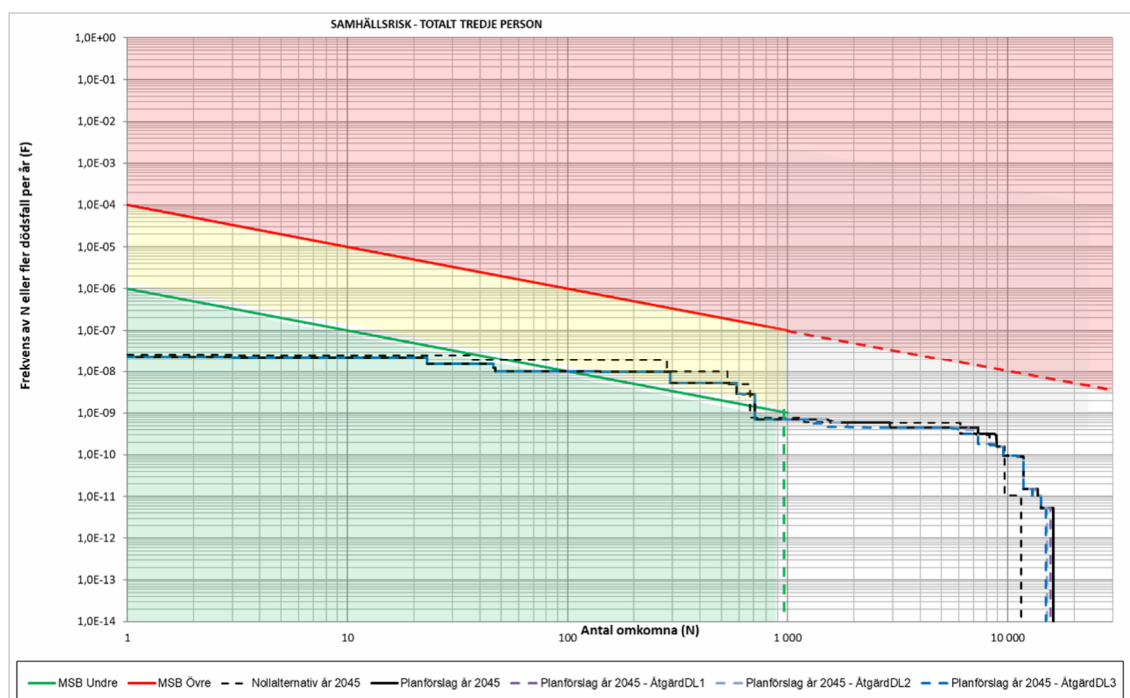
Överdäckningens dimensionerande explosionslast har stor påverkan på samhällsriskkurvan ovanpå överdäckningen (inkl. nya stationsdelar) eftersom det påverkar konsekvenserna av de olycksrisker som enligt avsnitt 5 konstateras ha störst bidrag till samhällsriskerna inom dessa delar.

I figur C.24 redovisas samhällsriskerna givet olika dimensionerande laster (grundförutsättning samt tre olika varierande dimensionerande explosionslaster DL1, DL2 respektive DL3). P.g.a. att känslig information finns redovisat i underlag så är beskrivningen av åtgärdernas omfattning flyttad till Bilaga E.

Reducerande faktorer:

- Minskade konsekvenser ovanpå överdäckning vid olycka med klass 1, klass 2.1 och klass 5.

Den del av avsnittet som berör underliggande resonemang kring konsekvensberäkningarna för de olycksrisker som påverkas av åtgärden är flyttat till avsnitt 4 i Bilaga E p.g.a. att känslig information finns redovisat i underlaget.



Figur C.24. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för tredje man (stationsutrymmen exkl. plattformsrums, bebyggelse (planerad och befintlig) samt obebyggda ytor) med avseende på olycksrisker förknippade med järnvägen – Överdäckningens dimensionerande last.

5.2 Begränsa exploatering ovan överdäckningen

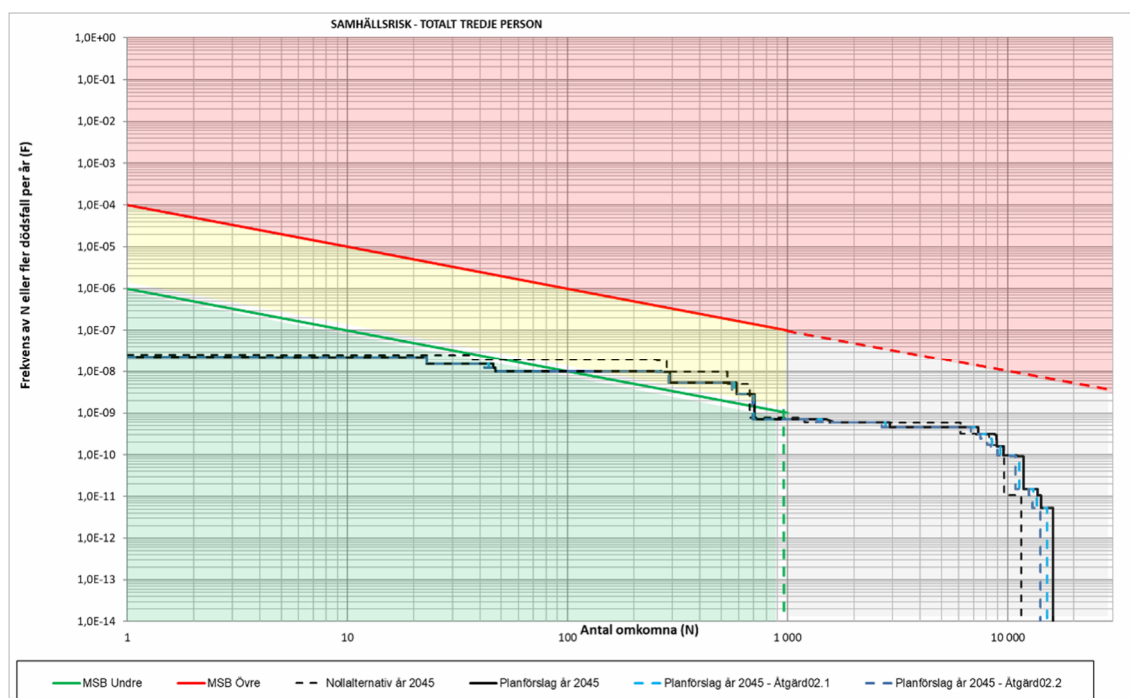
Planförslagets bebyggelsevolym samt fördelningen mellan olika verksamhetsklasser har stor påverkan på samhällsriskkurvan ovanpå överdäckningen eftersom det påverkar konsekvenserna av samtliga olycksrisker, i synnerhet de olycksrisker som enligt avsnitt 5 konstateras ha störst bidrag till samhällsrisken inom dessa delar.

I figur C.25 redovisas samhällsrisken givet två olika begränsningar av exploateringen ovan överdäckningen i förhållande till den föreslagna bebyggelsevolymen (strukturplanen) som utgör förutsättningar för konsekvensberäkningarna i bilaga B: ca 75 % (åtgärd 02.1) respektive 50 % (åtgärd 02.2) av föreslagen strukturplan.

Reducerande faktorer:

- Minskade konsekvenser ovanpå överdäckning vid samtliga farligt godsolyckor.

Den del av avsnittet som berör underliggande resonemang kring konsekvensberäkningarna för de olycksrisker som påverkas av åtgärden är flyttat till avsnitt 4 i Bilaga E p.g.a. att känslig information finns redovisat i underlaget.



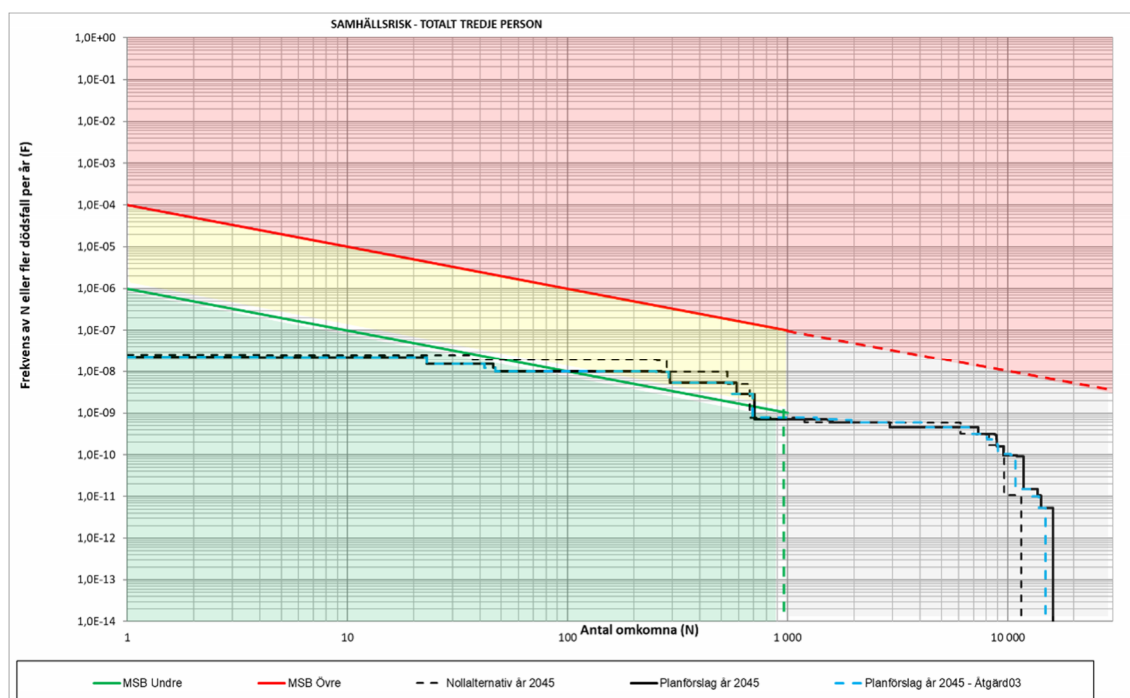
Figur C.25. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för tredje man (stationsutrymmen exkl. plattformsrums, bebyggelse (planerad och befintlig) samt obebyggda ytor) med avseende på olycksrisker förknippade med järnvägen – Åtgärdsalternativ: Reducerad bebyggelsevolym ovan överdäckningen.

5.3 Markanvändning ovan överdäckning

Studerat åtgärdsförslag motsvarar känslighetsanalys 08 i avsnitt 4 där kontor ersätts med hotell. Planförslagets markanvändning med en ökad andel hotell har en marginell påverkan på risknivån vid < 5 000 omkomna. Risknivån för >5 000 omkomna minskar eftersom en ökad andel hotell medför ett lägre maximalt personantal samt lägre personantal under normaltrafik och högtrafik då övrig bebyggelse är högt belastad.

Reducerande faktorer:

- Minskade konsekvenser ovanpå överdäckning vid samtliga farligt godsolyckor.



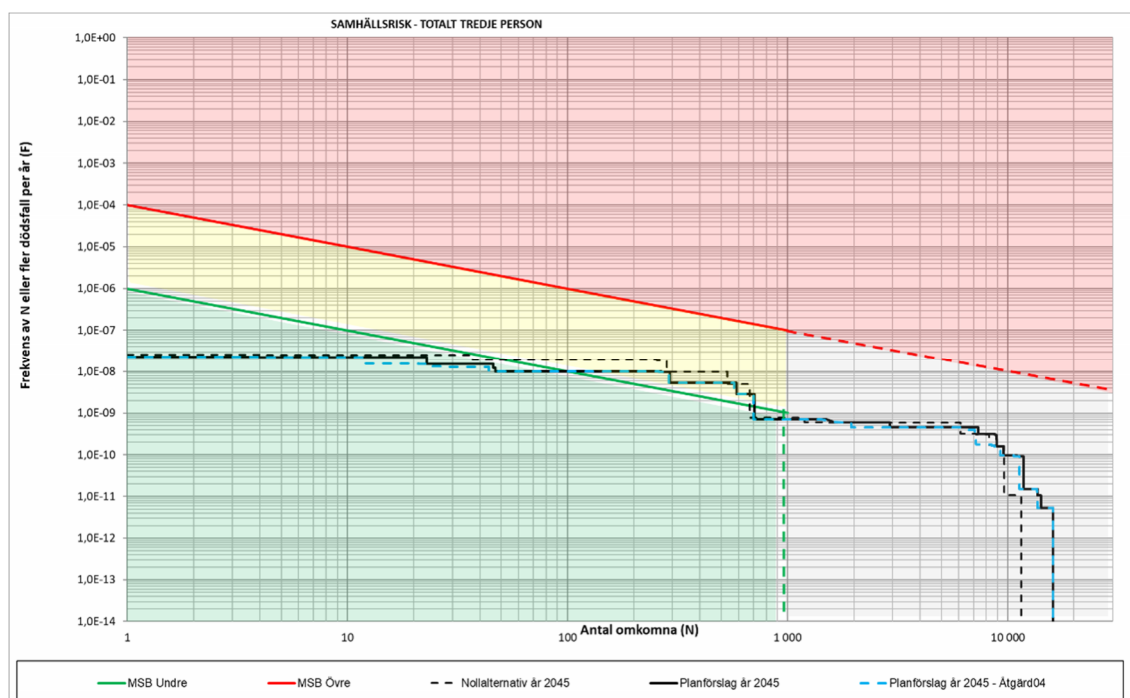
Figur C.26. F/N-kurva som redovisar samhällsriskenivån för tredje man (stationsutrymmen exkl. plattformsrums, bebyggelse (planerad och befintlig) samt obebyggda ytor) med avseende på olycksrisker förknippade med järnvägen – Åtgärdsalternativ: Justerad markanvändning ovan överdäckningen.

5.4 Rutiner för utrymning av bebyggelse m.m. ovanpå överdäckningen

Att införa rutiner för utrymning av bebyggelse m.m. ovanpå överdäckningen som är tydligt kopplade till just en olycka på järnvägen bedöms kunna begränsa konsekvenserna av framför allt olycksscenarier med farligt godstransporter med ett fördröjt händelseförlopp, exempelvis de scenarier som startar med en tågbrand (massexplosion, BLEVE, pölbrand, explosionsartade brandförlopp m.m.).

Reducerande faktorer:

- Minskade konsekvenser: Denna faktor bedöms reducera konsekvenserna för tredje man ovanpå överdäckningen (inkl. stationsutrymmen) genom en ökad möjlighet att evakuera delar av bebyggelsen för skadescenarier kopplade till brandspridning till last. Det är svårt att uppskatta effekten av åtgärden. För att inte överskatta åtgärdens effekt uppskattas grovt att konsekvenserna ovanpå överdäckningen reduceras med minst 10 %. Åtgärdens reducerande effekt uppskattas vara högre inom stationsutrymmen, där det uppskattas att konsekvenserna reduceras med minst 50 %.



Figur C.27. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för tredje man (stationsutrymmen exkl. plattformsrums, bebyggelse (planerad och befintlig) samt obebyggda ytor) med avseende på olycksrisker förknippade med järnvägen. – Rutiner för utrymning av bebyggelse m.m. ovanpå överdäckning.

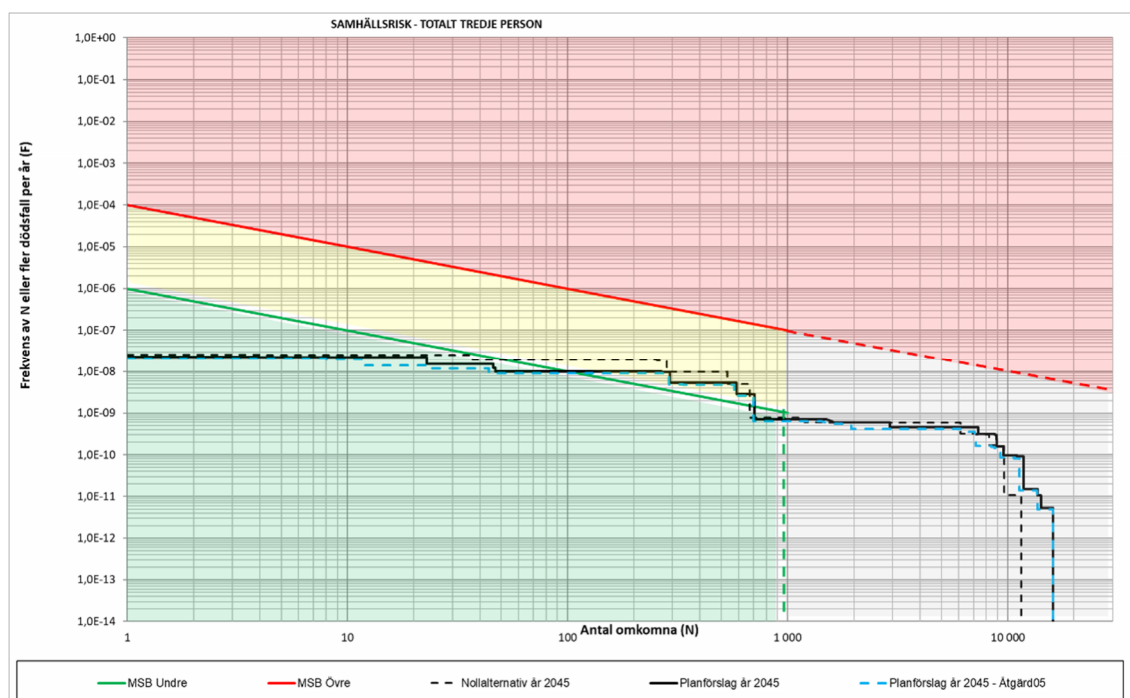
5.5 Beredskapsfunktion

Genom att ha personal på plats som är utbildade i möjliga olyckshändelser, områdets uppbyggnad, rutiner, larmorganisation etc. så kan rätt insatser sättas in i tidigt skede och utrymning styras så att den sker på ett effektivt sätt. Det innebär att skadeutfallet vid en olycka kan få mindre konsekvenser, särskilt vid med ett fördröjt händelseförlopp. I rollen ingår att samordna rutiner, genomföra övningar samt ha en kontinuerlig dialog med ambulans, polis och brandförsvaret.

En tydlig stationsorganisation med rutiner kring övervakning och underhåll bedöms dessutom kunna reducera olyckskvoten för de ursprungliga olyckshändelserna järnvägsolycka respektive brand i godståg med sluthändelse inom plattformsrumsrummet.

Reducerande faktorer:

- Minskad sannolikhet för olycka: För att inte överskatta organisationens effekt görs uppskattningen att åtgärden minskar hur lokala förutsättningar påverkar olyckskvoten för järnvägsolycka i förhållande till nationellt genomsnitt. Dessutom görs antagandet att åtgärden reducerar sannolikheten för att respektive olycksscenario har sluthändelse inom plattformsrumsrummet. Åtgärden bedöms kunna utformas så att olyckskvoten för urspärning med godståg respektive brand i godståg på den aktuella sträckan reduceras med minst ca 10 % samt att minst 75 % av samtliga olycksscenarioer kan förväntas ha sin sluthändelse utanför överdäckningen.
- Minskade konsekvenser: Denna faktor bedöms reducera konsekvenserna för tredje man ovanpå överdäckningen (inkl. stationsutrymmen) genom en ökad möjlighet att tidigt påbörja en evakuering av bebyggelsen för skadescenarier kopplade till brandspridning till last. Det är svårt att uppskatta effekten av åtgärden. För att inte överskatta åtgärdens effekt uppskattas grovt att konsekvenserna ovanpå överdäckningen reduceras med minst 10 %. Åtgärdens reducerande effekt uppskattas vara högre inom stationsutrymmen, där det uppskattas att konsekvenserna reduceras med minst 50 %.



Figur C.28. F/N-kurva som redovisar samhällsrisiknivån för tredje man (stationsutrymmen exkl. plattformsrums, bebyggelse (planerad och befintlig) samt obebyggda ytor) med avseende på olycksrisker förknippade med järnvägen. – Beredskapsfunktion.

5.6 Fast släcksystem i plattformsrumsrummet

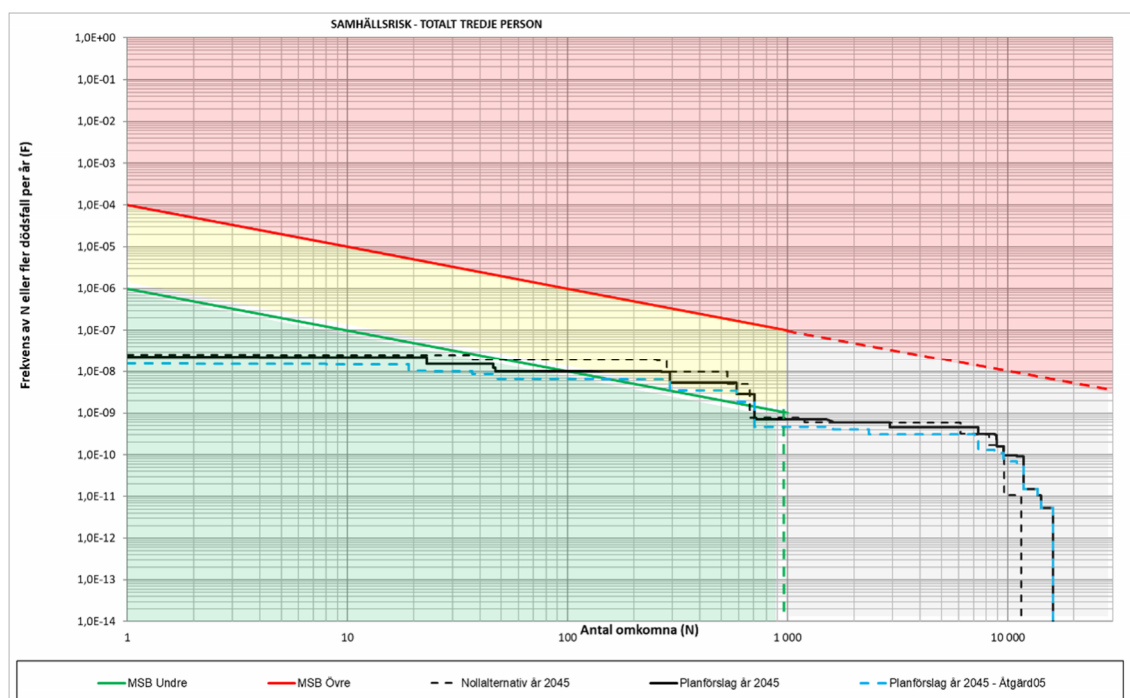
Att installera ett fast automatiskt aktiverat släcksystem inom plattformsrumsrummet bedöms vara svårt med hänsyn till järnvägens spänningskablar. Utformningen av släcksystemet behöver beakta risken för spänningsöverslag. Alternativt behöver aktiveringen av släcksystemet anpassas till att spår och strömkablar först behöver göras strömlösa.

Även ett system som aktiveras manuellt bedöms kunna dels reducera sannolikheten för stora bränder och även olycksscenarier med farligt gods-transporter som startar som en tågbrand (massexplosion, BLEVE, pölbrand, explosionsartade brandförlopp m.m.). Ett släcksystem begränsar även branden och mängden brandgaser, vilket minskar konsekvenserna och ger en ökad möjlighet för säker utrymning.

Fast släcksystem i plattformsrumsrummet syftar till främst till att begränsa bränder och därmed reducera sannolikheten för stora bränder. Flera brandscenarier i tåg kommer vara svåra för släcksystem att nå varför sannolikheten för att släcka branden bedöms vara låg. Däremot bedöms släcksystem kunna begränsa brandens omfattning och sannolikheten för spridning utanför ursprungliga brandplatsen.

Reducerande faktorer:

- Ökad sannolikhet för små bränder (< 1 MW): För att inte överskatta sprinklerns effekt uppskattas att släcksystemet ökar sannolikheten för att bränder inte utvecklas till större bränder och därmed ökar andelen små bränder i proportion till det totala antalet bränder. Åtgärden bedöms kunna utformas och dimensioneras så att andelen små bränder uppskattas öka med minst +20 %, d.v.s. $64 \% \times 120 \% = 76,3 \%$ för brand i godståg. Inbördes fördelning mellan stor brand och mycket stor brand är oförändrad.
- Försenat brandförlopp: Denna faktor bedöms reducera konsekvenserna för tredje man genom en ökad möjlighet att evakuera delar av bebyggelsen för skadescenarier kopplade till brandspridning till last. Det uppskattas grovt att släcksystem reducerar konsekvenserna för tredje man med 20 % genom att försena brandförloppet.



Figur C.29. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för tredje man (stationsutrymmen exkl. plattformsrums, bebyggelse (planerad och befintlig) samt obebyggda ytor) med avseende på olycksrisker förknippade med järnvägen. – Fast släcksystem.

6. Övergripande kostnad-/nyttoanalys

6.1 Allmänt

Att samhällsrisknivån hamnar inom ALARP innebär att riskerna anses vara så stora att de noga måste beaktas och rimliga åtgärder ska vidtas för att sänka riskerna. Värderingskriteriet för risker inom ALARP-området utgör, enligt Stockholms stad bedömningsgrund, utgångspunkt för vilka barriärer som ska beaktas även avseende risker med katastrofpotential /3/.

För att värdera studerade åtgärders rimlighet genomförs en kostnads-/nyttoanalys som jämför kostnaden av åtgärden med den förväntade nyttan. Nyttan i detta fall motsvarar den riskreducerande effekten.

Det saknas i nuläget vedertagna värden på olika indataparametrar som krävs för att göra en komplett analys avseende nyttan av åtgärders effekt på risknivån för tredje person. Detta är till stor del beroende av att det inte finns några definierade riskvärderingar per dödsfall eller skadade för tredje person. För att göra en övergripande bedömning av åtgärdernas nytta så kommer riskvärderingar att utgå från olycksvärdering för vägtrafikolyckor enligt Trafikverkets "Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn", ASEK 8.0 /9/.

De beräknade nyttorna av respektive åtgärd ska ställas i relation till kostnaden av åtgärden. Kostnaderna har ej ännu uppskattats för samtliga studerade åtgärder/barriärer, varför en fullständig kostnads-/nyttoanalys ej är möjlig. Kostnads-/nyttoanalysen kommer därför i detta skede att främst fokusera på åtgärdernas nytta. För två åtgärder har projektet genomfört övergripande kostnadsuppskattningar, varför dessa åtgärder kan studeras något mer genomgående. För övriga åtgärder kommer en övergripande bedömning att göras i förhållande till de åtgärder som studeras mer genomgående.

6.2 Metodik

Kostnad-/nyttoanalysen kommer att följa en förenklad modell som utgår från ASEK 8.0 /9/. Analysen görs i följande steg:

- Definition och avgränsning av åtgärden
- Identifiering och kvantifiering av relevanta effekter
- Värdering av relevanta effekter i kronor (monetär värdering)
- Diskontering av framtida nyttor och kostnader till ett nuvärde
- Beräkning av nettonuvärdeskvot
- Känslighetsanalys

6.3 Underlag för nyttoanalys

Bedömningen av åtgärdernas nytta kommer enligt ovan att utgå från olycksvärdering för vägtrafikolyckor enligt Trafikverkets "Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn", ASEK 8.0 /9/.

Det bör observeras att ASEK inte omfattar några riskvärderingar för järnvägsolyckor, med undantag för riskvärdering av plankorsningsolyckor där värderingarna för vägtrafikolyckor är relevanta att använda vid beräkning av olyckseffekter för vägtrafikanter. I tidigare säkerhetsanalyser för bl.a. järnvägstunnlar har kostnads-/nyttoanalys av åtgärder gjorts utifrån motsvarande riskvärderingar för vägtrafikolyckor.

Det pågår forskning kring individers riskvärdering vid kollektiva färdmedel som antyder att det kan finnas en högre betalningsvilja för att reducera risker då man färdas på detta sätt. Det kan med andra ord finnas faktorer som gör att redovisade riskvärderingar för vägtrafik endast ska användas som approximation i analyser av åtgärder för järnvägstrafiken.

På samma sätt ska riskvärderingar för vägtrafik endast användas som approximation i analyser för tredje person. Resultatet av denna bedömning bör därför användas med försiktighet eftersom det inte är en vedertagen metodik eller riskvärdering avseende kostnad-/nytta för tredje person. Beräkningarna bör betraktas som ett inledande räkneexempel för att få ett riktvärde kring åtgärdernas potentiella nytta. Det finns även ytterligare parametrar som behöver beaktas i bedömningen av åtgärdernas nytta, bl.a. påverkan på materiella skador och påverkan på riksintresse och stadsmässiga funktioner m.m. som inte omfattas av nedanstående bedömning.

I tabell C.2 redovisas olycksvärderingen per person som skadas eller omkommer i vägtrafiken.

I ASEK 8.0 redovisas olycksvärderingen i prinsnivå 2019 och 2045, i 2019-års penningvärde.

Riskvärderingen för 2045 har beräknats utifrån prinsnivån 2019 med en genomsnittlig ökning på ca 1,1 % per år för respektive skadekategori.

Olycksvärderingen enligt ASEK består av riskvärdering samt en värdering av materiella kostnader. Riskvärderingen består av ett humanvärde som speglar samhällets nyttoförlust vid förlust av ett människoliv eller uppoffringen på grund av fysiskt och psykiskt lidande för skadade i en trafikolycka.

Materiella kostnader för en trafikolycka består av kostnader för sjukvård, nettoproduktionsbortfall p.g.a. personskada och/eller förlust av liv, administration samt skador på fordon och annan egendom. Det går inte att utläsa hur fördelningen mellan dessa olika delkostnader ser ut i sammanvägningen av materiella kostnader.

Tabell C.2. Olycksvärdering för vägtrafikolyckor, i miljoner kr per person som skadad eller dödad i trafiken. Prisnivå 2019 och 2045 (hämtade från ASEK 8.0 /9/). Materiella kostnader anges inklusive generellt momspåslag.

	Materiella kostnader 2019	Riskvärdering 2019	Totalt 2019		Materiella kostnader 2045	Riskvärdering 2045*	Totalt 2045
Dödsfall (DF)	6,57	46,42	52,99		8,83	62,48	71,31
Allvarligt skadad (AS)	1,06	13,64	14,70		1,34	18,36	19,70
Varav mycket allvarligt skadad (MAS)	4,98	13,98	18,96		6,25	18,82	25,08
Varav allvarligt skadad, exkl. mycket allvarligt skadad (AS - MAS)	0,40	12,15	12,55		0,51	16,35	16,86
Ej allvarligt skadad (EAS)	0,045	0,7	0,745		0,052	0,94	0,99
Egendomsskada (EG)	0,016	0	0,016		0,016	0	0,016

* Genomsnittlig ökning med ca +1,1 % av riskvärdering 2019, vilket ger en total ökning ca +34,6 % 2019-2045.

I denna utredning görs bedömningen att materiella kostnader kopplade till respektive skadekategori för en järnvägsolycka, i synnerhet avseende påverkan på tredje person, kan skilja sig relativt mycket jämfört med de kostnader som redovisas i ASEK 8.0. Uppskattningsvis utgör dock kostnader för sjukvård, nettoproduktionsbortfall p.g.a. personskada och/eller förlust av liv en betydande del av den totala materiella kostnaden. Detta kan t.ex. utläsas utifrån en jämförelse av materiella kostnader mellan respektive skadekategori. Materiella kostnader för respektive skadekategori för tredje person bedöms därför grovt kunna uppskattas utifrån värdena i tabell C.2.

Nyttoanalysen av aktuella barriärer/åtgärder kommer att baseras från riskvärderingarna för dödsfall samt mycket allvarligt skadade med prisnivå år 2045 enligt tabell C.2. I ASEK 8.0 ges exempel på hur svårt skadade och lindrigt skadade enligt olycksstatistik för vägtrafikolyckor fördelas mellan skadekategorierna allvarligt skadade, mycket allvarligt skadade respektive ej allvarligt skadade. I denna utredning kommer ett konservativt antagande göras att av det uppskattade antalet svårt skadade så utgör 100 % mycket allvarligt skadade samt att av det uppskattade antalet lindrigt skadade så utgör 100 % ej allvarligt skadade.

Nyttoanalysen avseende tredje person kommer att utgå från total riskvärdering för prognosår 2045 enligt tabell C.2. Enligt resonemanget ovan så görs antagandet att materiella kostnader för respektive skadekategori för tredje person kan uppskattas utifrån värdena i tabell C.2.

För att inte underskatta riskvärderingarna kopplat till att ASEK avser transportsektorn istället för tredje person samt för att ta hänsyn till den grundläggande värderingsprincipen om undvikande av katastrofer så ansätter Brandskyddslaget en känslighetsfaktor **10** som appliceras på samtliga riskvärderingar enligt ASEK 8-0. Denna känslighetsfaktor appliceras ej på materiella kostnader.

Nyttoanalysen avseende tredje person utförs därför utifrån riskvärderingar enligt tabell C.3 nedan.

Tabell C.3. Förslag till olycksvärdering för olycka med farligt gods, i miljoner kr per person (tredje person) som skadad eller dödad.

	Materiella kostnader 2045	Riskvärdering 2045	Totalt 2045
Dödsfall (DF)	8.83	62,48 x 10	633,67
Mycket allvarligt skadad (MAS)	6325	18,82 x 10	194,48
Ej allvarligt skadad (EAS)	0,052	0,94 x 10	9,47

Vidare anger metodiken enligt ASEK att nuvärdet av föreslagen åtgärd ska beräknas utifrån en diskontering av framtida utfallande belopp till idag genom att minska de framtida beloppen med en viss ränta. Den rekommenderade ekonomiska livslängden för ny järnvägstunnel är 60 år enligt tabell 5.7 i ASEK 8.0 /9/. Den reala samhällsekonomiska diskonteringsräntan ska sättas till 3,5 %. Detta ger en nusummeffaktor (NSF) över överdäckningens livslängd på:

$$NSF = \frac{1 - (1 + 0,035)^{-60}}{0,035} = 24,9$$

Även avseende denna parameter så ansätter Brandskyddslaget en känslighetsfaktor **10** med hänsyn till en längre rekommenderad ekonomisk livslängd för den planerade överdäckningen och ovanpåliggande bebyggelse. Detta ger en nusummeffaktor (NSF) på 24,9 x 10 = **249**.

6.4 Beräkning av nytta – kvantifiering och värdering av riskreducerande effekt

6.4.1 Förväntat antal omkomna och skadade per år

Förväntat antal omkomna

I tabell C.4 nedan redovisas det totala antalet omkomna (tredje person) per år till följd av studerade olycksrisker på järnvägen för de alternativa utföranden av överdäckningens dimensionerande explosionslast som studeras i denna utredning.

Tabell C.4. Totalt antal omkomna (tredje person) per år (Σ frekvens x konsekvens).

	Totalt antal omkomna per år	Riskreduktion i totalt antal omkomna per år	Procentuell riskreduktion
Nollalternativ	1,31E-05		
Grundförutsättning	9,60E-06	-	-
Överdäckningens dim. explosionslast			
DL1	9,11E-06	4,93E-07	5,1%
DL2	9,06E-06	5,42E-07	5,6%
DL3	8,85E-06	7,49E-07	7,8%
Exploatering ovan överdäckning			
75% av planförslag	9,24E-06	3,58E-07	3,7%
50 % av planförslag	8,96E-06	6,40E-07	6,7%

Tabell C.4. Forts.

	Totalt antal omkomna per år	Riskreduktion i totalt antal omkomna per år	Procentuell riskreduktion
Markanvändning ovan överdäckning			
Ändrad markanvändning, hotell istället för kontor	9,43E-06	1,69E-07	1,8%
Organisatoriska åtgärder			
Rutiner för utrymning	8,78E-06	8,20E-07	8,5%
Beredskapsfunktion	7,91E-06	1,69E-06	17,6%
Aktiva åtgärder			
Fast släcksystem	6,13E-06	3,47E-06	36,1%

Förväntat antal skadade

Sammanvägningen av risknivå för det aktuella projektet omfattar inte potentiellt antal skadade. Därför så görs i denna utredning en övergripande uppskattning av förväntat antal svårt skadade respektive lindrigt skadade i förhållande till beräknat antal omkomna till följd av respektive skadescenario. Uppskattningar av antalet skadade är förknippat med stora osäkerheter. Redovisade bedömningar ska därför ses som grova uppskattningar.

Brandskyddslaget gör antagandet att för varje omkommen så blir 5 personer svårt skadade (mycket allvarligt skadad enligt ASEK 8.0), d.v.s. antalet svårt skadade är 5 gånger så högt som antalet omkomna vid en olycka. Antalet lindrigt skadade (ej allvarligt skadad enligt ASEK) antas vidare vara 10 gånger så högt som antalet omkomna (för varje omkommen blir 10 personer lindrigt skadade). Det sammanlagda antalet omkomna, svårt skadade och lindrigt skadade avgränsas dock till förväntade personantal inom det studerade området enligt aktuella förutsättningar i Bilaga B.

Den reducerande effekten av de studerade åtgärdsalternativen antas ske i motsvarande omfattning d.v.s. antal svårt skadade och lindrigt skadade uppskattas utifrån det beräknade antalet omkomna för respektive åtgärdsalternativ.

I tabell C.5 redovisas det totala antalet svårt skadade respektive lindrigt skadade (tredje person) per år till följd av studerade olycksrisker på järnvägen för de alternativa utföranden av överdäckningens bärande konstruktioner som studeras i denna utredning.

Observera att totalt antal svårt skadade och lindrigt skadade för respektive utförandealternativ beräknas utifrån totalt antal omkomna där summan av omkomna och skadade avgränsas till förväntade personantal. Detta innebär att antalet svårt skadade respektive lindrigt skadade inte behöver reduceras i samma takt som antalet omkomna.

Tabell C.5. Totalt antal svårt skadade respektive lindrigt skadade (tredje person) per år (Σ frekvens x konsekvens).

	Antal svårt skadade per år			Antal lindrigt skadade per år		
	Totalt	Riskreduktion antal per år	Procentuell risk- reduktion	Totalt	Riskreduktion antal per år	Procentuell risk- reduktion
Grundförutsättning	4,80E-05	-	-	9,60E-05	-	-
Överdäckningens dim. explosionslast						
DL1	4,55E-05	2,46E-06	5,1%	9,11E-05	4,93E-06	5,1%
DL2	4,53E-05	2,71E-06	5,6%	9,06E-05	5,42E-06	5,6%
DL3	4,43E-05	3,75E-06	7,8%	8,85E-05	7,49E-06	7,8%
Exploatering ovan överdäckning						
75% av planförslag	4,62E-05	1,79E-06	3,7%	9,24E-05	3,58E-06	3,7%
50 % av planförslag	4,48E-05	3,20E-06	6,7%	8,96E-05	6,40E-06	6,7%
Markanvändning ovan överdäckning						
Ändrad markanvändning, hotell istället för kontor	4,72E-05	8,44E-07	1,8%	9,43E-05	1,69E-06	1,8%
Organisatoriska åtgärder						
Rutiner för utrymning	4,39E-05	4,10E-06	8,5%	8,78E-05	8,20E-06	8,5%
Beredskapsfunktion	3,95E-05	8,46E-06	17,6%	7,91E-05	1,69E-05	17,6%
Aktiva åtgärder						
Fast släcksystem	3,07E-05	1,73E-05	36,1%	6,13E-05	3,47E-05	36,1%

6.4.2 Beräkning av nettonytta

Omkomna

Riskvärderingen per dödsfall har för denna utredning antagits enligt avsnitt 6.3 till 675,07 miljoner kronor. Nusumme faktorn (NSF) har antagits till på $24,9 \times 10 = 249$.

I tabell C.6 redovisas beräknad nettonytta respektive nuvärde av aktuella åtgärdsalternativ i form av minskat antal omkomna:

Tabell C.6. Riskreduktion i totalt antal omkomna per år samt nettonytta och nuvärde för aktuella åtgärdsalternativ.

	Riskreduktion i totalt antal omkomna per år	Nettonytta per år (kr) <i>Riskvärdering (675,07 MKR) x riskreduktion</i>	Nuvärde (kr) <i>Nettonytta per år x NSF (249)</i>
Överdäckningens dim. explosionslast			
DL1	4,93E-07	312	77 879
DL2	5,42E-07	344	85 712
DL3	7,49E-07	475	118 441
Exploatering ovan överdäckning			
75% av planförslag	3,58E-07	227	56 633
50 % av planförslag	6,40E-07	405	101 113
Markanvändning ovan överdäckning			
Ändrad markanvändning, hotell istället för kontor	1,69E-07	107	26 693
Organisatoriska åtgärder			
Rutiner för utrymning	8,20E-07	520	129 641
Beredskapsfunktion	1,69E-06	1072	267 523
Aktiva åtgärder			
Fast släcksystem	3,47E-06	2199	548 438

Skadade

Riskvärderingen per mycket allvarligt skadad har för denna utredning antagits enligt avsnitt 6.3 till 206,04 miljoner kronor. Riskvärderingen per ej allvarligt skadad har för denna utredning antagits enligt avsnitt 5.1.2 till 69,46 miljoner kronor. Numummefaktorn (NSF) har antagits till på $24,9 \times 10 = 249$.

I tabell C.7 redovisas beräknad nettonytta respektive nuvärde av aktuella åtgärdsalternativ i form av minskat antal mycket allvarligt skadade.

Tabell C.7. Riskreduktion i totalt antal mycket allvarligt skadade per år samt nettonytta och nuvärde för aktuella åtgärdsalternativ.

	Riskreduktion i totalt antal mycket allvarligt skadade per år	Nettonytta per år (kr) Riskvärdering (206,04 MKR) x riskreduktion	Nuvärde (kr) Nettonytta per år x NSF (249)
Överdäckningens dim. explosionslast			
DL1	2,46E-06	479	119 509
DL2	2,71E-06	527	131 529
DL3	3,75E-06	729	181 752
Exploatering ovan överdäckning			
75% av planförslag	1,79E-06	348	86 905
50 % av planförslag	3,20E-06	622	155 162
Markanvändning ovan överdäckning			
Ändrad markanvändning, hotell istället för kontor	8,44E-07	164	40 962
Organisatoriska åtgärder			
Rutiner för utrymning	4,10E-06	798	198 940
Beredskapsfunktion	8,46E-06	1 646	410 526
Aktiva åtgärder			
Fast släcksystem	1,73E-05	3374	841 603

I tabell C.8 redovisas beräknad nettonytta respektive nuvärde av aktuella åtgärdsalternativ i form av minskat antal ej allvarligt skadade.

Tabell C.8. Riskreduktion i totalt antal ej allvarligt skadade per år samt nettonytta och nuvärde för aktuella åtgärdsalternativ.

	Riskreduktion i totalt antal ej allvarligt skadade per år	Nettonytta per år (kr) Riskvärdering (69,46 MKR) x riskreduktion	Nuvärde (kr) Nettonytta per år x NSF (249)
Överdäckningens dim. explosionslast			
DL1	4,93E-06	47	11 640
DL2	5,42E-06	51	12 811
DL3	7,49E-06	71	17 703
Exploatering ovan överdäckning			
75% av planförslag	3,58E-06	34	8 465
50 % av planförslag	6,40E-06	61	15 113

	Riskreduktion i totalt antal ej allvarligt skadade per år	Nettonytta per år (kr) Riskvärdering (69,46 MKR) x riskreduktion	Nuvärde (kr) Nettonytta per år x NSF (249)
Markanvändning ovan överdäckning			
Ändrad markanvändning, hotell istället för kontor	1,69E-06	16	3 990
Organisatoriska åtgärder			
Rutiner för utrymning	8,20E-06	78	19 377
Beredskapsfunktion	1,69E-05	160	39 986
Aktiva åtgärder			
Fast släcksystem	3,47E-05	329	81 974

Sammanvägning värde på riskreduktion

Det totala värdet på riskreduktionen för åtgärdsalternativen sett till ett minskat antal omkomna samt antal skadade (tredje person) summeras till:

Tabell C.9. Sammanvägning av nuvärde för aktuella åtgärdsalternativ.

	Nuvärde (kr)			
	Omkomna	Mycket allvarligt skadade	Ej allvarligt skadade	Totalt
Överdäckningens dim. explosionslast				
DL1	77 879	119 509	11 640	209 028
DL2	85 712	131 529	12 811	230 052
DL3	118 441	181 752	17 703	317 896
Exploatering ovan överdäckning				
75% av planförslag	56 633	86 905	8 465	152 003
50 % av planförslag	101 113	155 162	15 113	271 387
Markanvändning ovan överdäckning				
Ändrad markanvändning, hotell istället för kontor	26 693	40 962	3 990	71 645
Organisatoriska åtgärder				
Rutiner för utrymning	129 641	198 940	19 377	347 958
Beredskapsfunktion	267 523	410 526	39 986	718 036
Aktiva åtgärder				
Fast släcksystem	548 438	841 603	81 974	1 472 015

Sett till ett minskat antal omkomna och skadade så skulle värdet av åtgärdsalternativen vara i storleksordningen ca 71 645 – 1 472 015 kr.

6.5 Underlag kostnader

Ovanstående nuvärde på den beräknade riskreduktionen av de studerade åtgärdsalternativen ska ställas i relation till kostnaden av respektive åtgärdsalternativ.

Kostnaderna har ej ännu uppskattats för samtliga studerade åtgärder/barriärer, varför en fullständig kostnads-/nyttoanalys ej är möjlig.

Underlag till kostnadsanalysen har tagits fram av projektet för dimensionerande explosionslast respektive fast släcksystem.

Överdäckningens dimensionerande explosionslast

För dimensionerande explosionslast utgör underlaget förväntad merkostnad för utförande av överdäckningen med en dimensionerande explosionslast enligt respektive åtgärdsalternativ i förhållande till överdäckningen skulle utföras med en dimensionerande explosionslast enligt TRVINFRA-00233 tabell K8.7. Kostnadsanalysen är framtagen av AFRY och baseras på underlag från Tyréns samt Thornton Thomasetti (2022-11-11). Rapporten redovisar känslig information och är sekretessklassificerad:

- Merkostnad för utökning dimensionerande explosionslast till DL1: 821 250 000 SEK
- Merkostnad för utökning dimensionerande explosionslast till DL2: 1 542 000 000 SEK
- Merkostnad för utökning dimensionerande explosionslast till DL3: 2 400 750 000 SEK

Fast släcksystem i plattformsrummet

För fast släcksystem i plattformsrummet utgör underlaget förväntad kostnad för installation, inkl. projektering, provning och besiktning. Kostnadsbedömningen är framtagen av Brandskyddslaget /10/.

I /10/ uppskattas att fast släcksystem kan installeras till en bedömd kostnad på totalt cirka 40 miljoner SEK exklusive projektering. Hänsyn behöver dock tas till att den ekonomiska livslängden för ett fast släcksystem inte motsvarar den ekonomiska livslängden för överdäckningen. Enligt avsnitt 6.3 ansätts den rekommenderade ekonomiska livslängden för anläggningen till 60 år (motsvarande ny järnvägstunnel enligt tabell 5.7 i ASEK 8.0). Den ekonomiska livslängden för ett fast släcksystem bedöms normalt till ca 25 år. Åtgärden behöver därför sannolikt bytas ut minst en gång under anläggningens (överdäckningens) ekonomiska livslängd. Dessutom innebär åtgärden tillkommande kostnader för drift och underhåll.

Med hänsyn till ovanstående så uppskattas att fast släcksystem har en bedömd kostnad på ca 100 miljoner SEK sett till anläggningens (överdäckningens) ekonomiska livslängd.

Kostnadsuppskattningen utgår från ovanstående bedömda kostnad för fast släcksystem multiplicerat med förväntat antal system under anläggningens ekonomiska livslängd samt ett mycket grovt antagande om tillkommande kostnader för drift och underhåll:

$$\begin{aligned} \text{Merkostnad för fast släcksystem} &= \frac{60}{25} \times 40\,000\,000 + \text{Kostnad DoU} \\ &= 96\,000\,000 + \text{Kostnad DoU} \approx 100\,000\,000 \text{ SEK} \end{aligned}$$

6.6 Resultat kostnads-/nyttoanalys

Värderingen av åtgärder för att reducera risker inom ALARP (As Low As Reasonably Practicable) utifrån ett kostnads-/nyttoperspektiv görs enligt ASEK 8.0 /9/ genom att subtrahera kostnaden av åtgärden från dess förväntade nytta. En åtgärd som då bedöms vara rimligt genomförbar (Reasonably Practicable) att vidta utifrån kostnads-/nyttoperspektiv får då ett värde som är > 0 medan en åtgärd som ej bedöms vara rimlig att vidta får ett värde som är negativt.

Ovanstående tillvägagångssätt ger ett mycket grovt underlag för beslut om åtgärder ska genomföras eller inte. I Räddningsverkets rapport "Värdering av Risk" /11/ lyfts problematiken kring att basera beslut om att avfärda riskreducerande åtgärder på grund av att de är marginellt mer kostsamma än nyttan som de kan åstadkomma. För att undvika denna problematik rekommenderas därför att riskreducerande åtgärder bör genomföras såvida inte deras kostnader är helt oproportionerliga (grossly disproportionate) i förhållande till kostnaderna av olyckorna som reduceras. Angreppssättet med en grad av "oproportionerlighet" (grossly disproportionate factor = GDF) tillämpas inom ett flertal områden och länder (se exempel i bl.a. /12/ och /13/).

Värderingen av om åtgärder är rimligt genomförbara görs då utifrån att kostnaden divideras med nyttan för att få kvoten mellan dessa två parametrar. För att en åtgärd ej ska bedömas vara rimligt genomförbar (Reasonably Practicable) ska denna kvot då vara $> 1 \times \text{GDF}$.

Det finns inga riktlinjer, varken nationellt eller internationellt, kring vad som är en acceptabel nivå för GDF, d.v.s. graden av "oproportionerlighet". Normalt så bestäms GDF av var inom ALARP som risken ligger, där GDF kan anses få vara låg om risken är låg (ligger nära den undre gränsen i ett riskvärderingskriterium), men bör öka när risken är hög (ligger nära den övre gränsen i ett riskvärderingskriterium) /11/. Att tillämpa GDF som är större än 10 är relativt ovanligt. Inom kärnkraftsindustrin i Storbritannien ansätts exempelvis en faktor 10 som det högsta värdet där kostnaden för en åtgärd fortfarande kan anses vara rimlig i förhållande till åtgärdens nytta /12/. Högre nivåer på GDF kan ibland tillämpas vid höga risknivåer inom andra verksamhetsområden.

Med hänsyn till beräknad risknivå samt den övergripande riskvärderingsprincipen om att förhindra katastrofala risker så ansätter Brandskyddslaget en grad av "oproportionerlighet" på **GDF = 100** vid den fortsatta värderingen av studerade åtgärder.

6.6.1 Kvantitativ analys

I tabell C.10 redovisas en sammanställning av beräknat nuvärde samt beräknad kostnad för respektive åtgärdsalternativ. Både nuvärde och kostnad har beräknats i förhållande till grundförutsättningarna avseende dimensionerande explosionslast.

Tabell C.10. Sammanvägning av kostnads-/nyttoanalys för aktuella åtgärdsalternativ.

	Nuvärde	Kostnad	Kostnads-/nyttoanalys		
			Nuvärde - Kostnad	Kostnad / Nuvärde	Kostnad / Nuvärde $>$ GDF ?
Överdäckningens dim. explosionslast					
DL1	209 028	821 250 000	-821 040 972	3 929	Ja
DL2	230 052	1 542 000 000	-1 541 769 948	6 703	Ja
DL3	317 896	2 400 750 000	-2 400 432 104	7 552	Ja
Aktiva åtgärder					
Fast släcksystem	1 472 015	100 000 000	-98 527 985	68	Nej

Överdäckningens dimensionerande explosionslast

Sett till ett minskat antal omkomna och skadade så skulle beräknat förhållandet mellan kostnad och nytta av studerade åtgärdsalternativ (d.v.s. kostnad/Nuvärde) vara i storleksordningen 3 930 – 7 550.

Med en antagen grad av "oproportionerlighet" på GDF = 100 så värderas att kostnaderna för samtliga studerade åtgärdsalternativ är helt oproportionerliga (grossly disproportionate) i förhållande till kostnaderna av olyckorna som reduceras. Förhållandet mellan kostnad och nytta är enligt ovan minst ca 3 930 (för DL1), d.v.s. >> GDF. Med avseende på studerade tekniska olycksrisker så är inget av studerade åtgärdsalternativ rimligt genomförbara (Reasonably Practicable) att vidta utifrån kostnads-/nyttoperspektiv.

Fast släcksystem i plattformsrummet

Sett till ett minskat antal omkomna och skadade så skulle beräknat förhållandet mellan kostnad och nytta av studerat åtgärdsalternativ (d.v.s. kostnad/Nuvärde) vara i storleksordningen 68.

Med en antagen grad av "oproportionerlighet" på GDF = 100 så värderas att kostnaderna är proportionerliga i förhållande till kostnaderna av olyckorna som reduceras, d.v.s. $68 < GDF$. Med avseende på studerade tekniska olycksrisker så bedöms aktuell åtgärd vara rimligt genomförbart (Reasonably Practicable) att vidta utifrån kostnads-/nyttoperspektiv.

6.6.2 Kvalitativ analys

Enligt ovan har kostnaderna ej ännu uppskattats för samtliga studerade åtgärder/barriärer, varför en fullständig kostnads-/nyttoanalys ej är möjlig. Vissa åtgärder kan också vara svåra att kvantifiera i en specifik kostnad. För de åtgärder/barriärer som saknar kostnadsbedömning görs en övergripande kvalitativ analys utifrån åtgärdernas förväntade nytta enligt avsnitt 6.4.

Baserat på åtgärdernas riskreducerande effekt och förväntade nytta enligt avsnitt 6.4 (se tabell C.9) så är det de organisatoriska åtgärderna (rutiner för utrymning av bebyggelse m.m. respektive beredskapsfunktion) som bedöms ha högst effekt. För att uppnå en motsvarande nytta som rutin för utrymning genom begränsning av exploateringen ovanpå överdäckningen skulle det krävas en kraftig reduktion (som motsvarar mindre än 50 % av föreslagen exploatering) i förhållande till studerat planförslag. Att förändra föreslagen markanvändning ovanpå överdäckningen bedöms inte ha motsvarande nytta.

Uppskattningsvis är merkostnaden för vidtagande av studerade organisatoriska åtgärder lägre än övriga åtgärder/barriärer.

Utifrån denna övergripande kvalitativa analys så görs bedömningen att studerade organisatoriska åtgärder bör vara rimligt genomförbara (Reasonably Practicable) att vidta utifrån kostnads-/nyttoperspektiv.

6.7 Kompletterande känslighetsanalyser för kostnads-/nyttoanalys

Som indata i bedömningar och beräkningar erfordras värden på eller information om bland annat utformning, trafikflöden, olycksstatistik, förväntade personantal samt hur olika ämnen beter sig. I avsnitt 4 redovisas en känslighetsanalys av ett flertal olika parametrar som kopplas till ett relativt stort antal antaganden i den här typen av riskbedömning. Känslighetsanalysen visar att det är mycket få parametrar som vid en ändring skulle få den totala samhällsrisk att hamna på en oacceptabel risknivå. Sammantaget så bedöms studerade parametrar generellt ha en begränsad påverkan på resultatet och riskbedömningens slutsats.

För denna analys har det dock identifierats ytterligare parametrar utöver de som studeras i känslighetsanalysen som skulle kunna påverka resultatet av i synnerhet kostnads-/nyttoanalysen och därmed underlaget för inriktningsbeslut för aktuella åtgärder.

Med syfte att belysa osäkerheterna i utredningen har en genomgång av de mest osäkra parametrarna (indata) gjorts. För de parametrar som bedöms ha störst påverkan på riskbidraget från aktuella olycksrisker beroende av överdäckningens dimensionerande explosionslast har en känslighetsanalys genomförts.

Syftet med känslighetsanalysen är att belysa om det är några parametrar som kan påverka risknivån och därmed förväntat nuvärde av aktuella åtgärdsalternativ. De kompletterande känslighetsanalyserna kommer att begränsas till att studera påverkan på analysen av överdäckningens dimensionerande explosionslast för att utreda om det kan behövas ytterligare beaktande för förslag till åtgärd.

Känslighetsanalysen är tänkt att i första hand belysa robustheten i de metoder som används i riskbedömningen. Genom att variera särskilt osäkra parametrar fås en bild av hur samhällsrisknivån påverkas vid olika värden på indata. Om något värde skulle visa sig påverka risknivån väldigt mycket och den parametern samtidigt bedöms vara osäker kan känslighetsanalysen komma att ligga till grund för riskvärdering och beslut om åtgärder.

6.7.1 Justerad fördelning av explosionsscenarier

En osäkerhet som har identifierats i arbetet med *Riskbedömning tekniska olycksrisker* (samt *Säkerhetsanalys /1/*) är den förväntade fördelningen mellan olika transportmängder för i synnerhet explosiva ämnen (klass 1).

I tidigare versioner av riskbedömningen studerades följande fördelning av transportmängder och därmed explosionsscenarier:

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

Denna fördelning hämtades från en riskutredning som upprättats på uppdrag av Solna stad för Mälarbanans sträckning genom Solna och Sundbyberg i syfte att bedöma riskerna för omgivningen /14/. Fördelningen omfattade stora osäkerheter och baserades på grova antaganden.

I samband med upprättandet av *Säkerhetsanalys av projekt Överdäckning av Stockholm Centralstation /1/* samt ny version av *Riskbedömning tekniska olycksrisker* justerades hur klass 1 har hanterats i andra överdäckningsprojekt. Underlag från motsvarande bana används men hämtades istället från den riskutredning som utförts som underlagsrapport till MKB för järnvägsplanen Mälarbanan sträckan Huvudsta – Duvbo /14/:

- ≤ 150 kg ekvivalent TNT (trotyl): 98 %
- 25 000 kg ekvivalent TNT (trotyl): 2 %

Ovanstående antagna fördelning som endast omfattar två extremvärden av potentiella transportmängder (liten mängd respektive en mycket stor mängd per vagn) vilket bedömdes tillräckligt att studera i den aktuella riskutredningen för Mälarbanan där det i första hand är riskpåverkan mot trafikanter och de planerade överdäckningarna utmed den aktuella sträckan som studeras. I arbetet med *Säkerhetsanalys av projekt Överdäckning av Stockholm Centralstation* har motsvarande fördelning använts med hänsyn till ett likvärdigt syfte. Fördelningen har även använts i *Riskbedömning tekniska olycksrisker*.

Med avseende på påverkan på tredje person som beaktas i *Riskbedömning tekniska olycksrisker*, och därmed även denna utredning, har det dock identifierats en osäkerhet kopplad till att ovanstående fördelning kan ge en otillräckligt nyanserad bild av riskbidraget från olyckor med explosivämnen. Detta påverkar bedömningen av olika åtgärders riskreducerande effekt där alltför grova fördelningar gör det svårt att se hur åtgärderna påverkar risknivån.

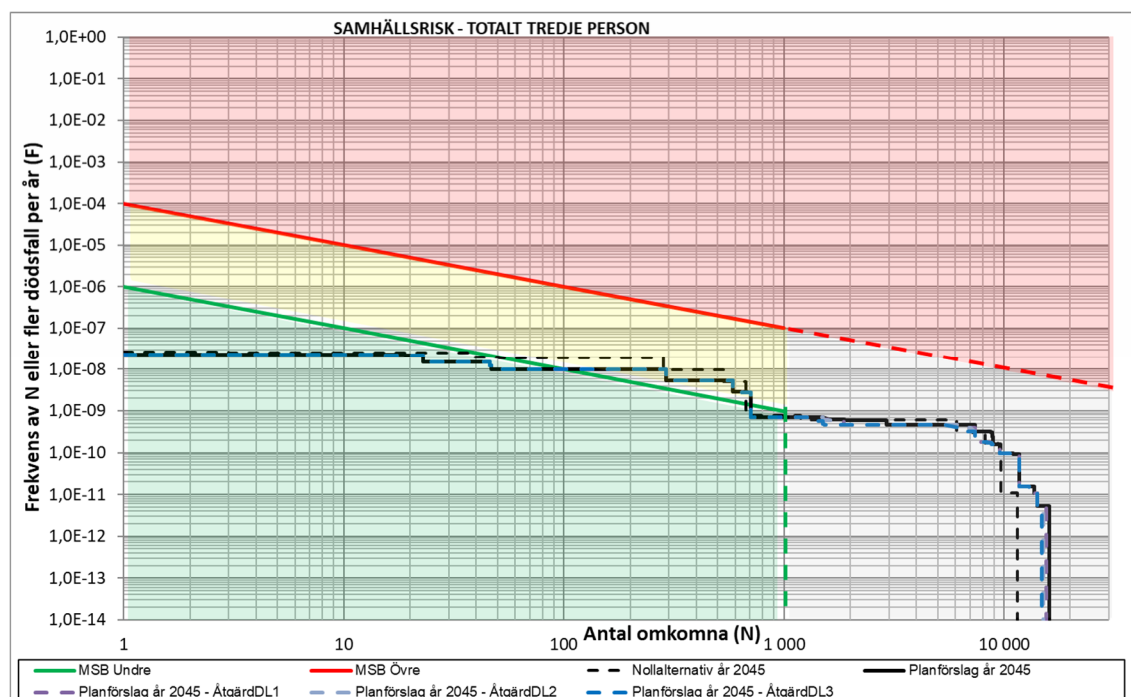
För att inte underskatta riskbidraget från aktuella olycksrisker och samtidigt ge möjlighet att få en nyanserad bild av riskbidraget från olycka med explosivämnen görs en känslighetsanalys med ett antagande om justerad fördelning som utgår från en sammanvägning av båda ovanstående utredningar. Sammanlagt beaktas därför fortsatt fyra transportmängder med explosivämnen. Grundförutsättningen för detta antagande är att andelen extremt stora transportmängder (25 000 kg) konservativt motsvarar Trafikverkets riskutredning och att en majoritet av transporterna utgör liten mängd (≤ 150 kg), minst 60 %. Kvarvarande vagnar antas omfatta medelstora (500 kg) eller stora (2 000 kg) transportmängder där andelarna uppskattas utifrån den interna fördelningen mellan dessa transportmängder enligt Solna stads riskutredning.

- < 150 kg ekvivalent TNT (trotyl): 60 %
- 500 kg ekvivalent TNT (trotyl): 32 %
- 2 000 kg ekvivalent TNT (trotyl): 6 %
- 25 000 kg ekvivalent TNT (trotyl): 2 %

Samhällsrisk

Ovanstående fördelning studeras i känslighetsanalysen i avsnitt 4, se figur C.22. Slutsatsen av känslighetsanalysen är att en mer nyanserad fördelning av olika explosionsscenarioer innebär en mycket liten förändring av samhällsrisken. Orsaken till detta är att transporter av klass 1 utgör en mycket liten andel av det totala antalet farligt godstransporter och innebär därmed ett mycket begränsat riskbidrag trots omfattande konsekvenser.

Dock redovisas nedan även samhällsrisken med hänsyn tagen till respektive utförande av överdäckningens konstruktion enligt beskrivningen i avsnitt 5.1 med justering av fördelning av transportmängder explosivämnen enligt ovan.



Figur C.30. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för tredje man med avseende på olycksrisker förknippade med järnvägen – Överdäckningens dimensionerande explosionslast utifrån justerad fördelning av explosionsscenarioer i enlighet med känslighetsanalys 17.

Kostnads-/nyttoanalys

Det totala värdet på riskreduktionen för åtgärdsalternativen sett till ett minskat antal omkomna samt antal skadade (tredje person) summeras till:

Tabell C.11. Sammanvägning av nuvärde för aktuella åtgärdsalternativ. Känslighetsanalys – Justerad fördelning av explosionsscenarier.

	Nuvärde (kr)			
	Omkomna	Mycket allvarligt skadade	Ej allvarligt skadade	Totalt
DL1	66 238	101 644	9 900	177 782
DL2	74 138	113 768	11 081	198 987
DL3	107 310	164 672	16 039	288 022

I tabell C.12 redovisas en sammanställning av beräknat nuvärde samt beräknad kostnad för respektive åtgärdsalternativ. Både nuvärde och kostnad har beräknats i förhållande till grundförutsättningarna avseende dimensionerande explosionslast.

Tabell C.12. Sammanvägning av kostnads-/nyttoanalys för aktuella åtgärdsalternativ. Känslighetsanalys – Justerad fördelning av explosionsscenarier.

	Nuvärde	Kostnad	Kostnads-/nyttoanalys		
			Nuvärde - Kostnad	Kostnad / Nuvärde	Kostnad / Nuvärde > GDF ?
DL1	177 782	821 250 000	-821 072 218	4 619	Ja
DL2	198 987	1 542 000 000	-1 541 801 013	7 749	Ja
DL3	288 022	2 400 750 000	-2 400 461 978	8 335	Ja

Med en antagen grad av "oproportionerlighet" på GDF = 100 så värderas att kostnaderna är helt oproportionerliga (grossly disproportionate) i förhållande till kostnaderna av olyckorna som reduceras. Förhållandet mellan kostnad och nytta är enligt tabell C.12 minst ca 4 620 (för DL1), d.v.s. >> GDF. Med avseende på studerade tekniska olycksrisker så är inget av studerade åtgärdsalternativ rimligt genomförbart (Reasonably Practicable) att vidta utifrån kostnads-/nyttoperspektiv.

6.7.2 Justerad livslängd

Bedömningen av åtgärdernas nytta utgår enligt tidigare från olycksvärdering för vägtrafikolyckor enligt Trafikverkets "Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn", ASEK 8.0 /9/. Med hänsyn till att riskvärderingarna i ASEK avser vägtrafikolyckor så har dessa värden multiplicerats med en känslighetsfaktor 10 för att inte underskatta riskvärderingarna kopplat till att ASEK avser transportsektorn istället för tredje person.

Även värdet på livslängd som används för beräkning av nusummeffaktor p.g.a. diskonteringsränta härstammar från ASEK och utgår från förväntad ekonomisk livslängd för en järnvägstunnel, 60 år. Detta är den längsta ekonomiska livslängden som anges i ASEK.

Kostnad-/nyttoanalyser baseras generellt på ekonomisk livslängd, vilket skiljer sig från en anläggnings tekniska livslängd. Exempelvis anger TRVINFRA-00233 att en järnvägstunnel ska ha en teknisk livslängd på 120 år, d.v.s. 2 gånger dess ekonomiska livslängden.

Den ekonomiska livslängden för byggnader kan skilja sig från infrastrukturanläggningar. Det är inte heller säkert att de aktuella åtgärdsalternativen ska värderas utifrån den ekonomiska livslängden eftersom just överdäckningen är en grundläggande förutsättning för ovanpåliggande bebyggelse. Detta har varit en aspekt som motiverar beslutet att lägga till en känslighetsfaktor för beräkning av åtgärdernas nusummeffaktor.

För att kontrollera hur parametern ekonomisk livslängd påverkar resultatet av kostnad-/nyttoanalysen så genomförs en känslighetsanalys där livslängden multipliceras med en faktor 5, d.v.s. 300 år.

Kostnads-/nyttoanalys

Det totala värdet på riskreduktionen för åtgärdsalternativen sett till ett minskat antal omkomna samt antal skadade (tredje person) summeras till:

Tabell C.13. Sammanvägning av nuvärde för aktuella åtgärdsalternativ. Känslighetsanalys – Justerad livslängd.

	Nuvärde (kr)			
	Omkomna	Mycket allvarligt skadade	Ej allvarligt skadade	Totalt
DL1	75 422	115 739	11 273	202 434
DL2	84 394	129 507	12 614	226 515
DL3	121 880	187 030	18 217	327 127

I tabell C.14 redovisas en sammanställning av beräknat nuvärde samt beräknad kostnad för respektive åtgärdsalternativ. Både nuvärde och kostnad har beräknats i förhållande till grundförutsättningarna avseende dimensionerande explosionslast.

Tabell C.14. Sammanvägning av kostnads-/nyttoanalys för aktuella åtgärdsalternativ. Känslighetsanalys – Justerad livslängd.

	Nuvärde	Kostnad	Kostnads-/nyttoanalys		Kostnad / Nuvärde > GDF ?
			Nuvärde - Kostnad	Kostnad / Nuvärde	
DL1	202 434	821 250 000	-821 047 566	4 057	Ja
DL2	226 515	1 542 000 000	-1 541 773 485	6 808	Ja
DL3	327 127	2 400 750 000	-2 400 422 873	7 339	Ja

Med en antagen grad av "oproportionerlighet" på GDF = 100 så värderas att kostnaderna är helt oproportionerliga (grossly disproportionate) i förhållande till kostnaderna av olyckorna som reduceras. Förhållandet mellan kostnad och nytta är enligt tabell C.14 minst ca 4 055 (för DL1), d.v.s. >> GDF. Med avseende på studerade tekniska olycksrisker så är inget av studerade åtgärdsalternativ rimligt genomförbart (Reasonably Practicable) att vidta utifrån kostnads-/nyttoperspektiv.

6.7.3 Justerade konsekvenser för explosion för grundutförande respektive för studerade åtgärdsalternativ

Ytterligare en osäkerhet som har identifierats i känslighetsanalysen i avsnitt 4 är de antagande som görs i samband med konsekvensberäkningarna och -bedömningarna. Detta gäller både för den angivna grundförutsättningen för överdäckningens utformning samt respektive åtgärdsalternativ, där flera antaganden gjorts avseende åtgärdsalternativens reducerande effekt på konsekvenserna både ovanpå överdäckningen (inkl. stationsutrymmen) och inom dess omgivning.

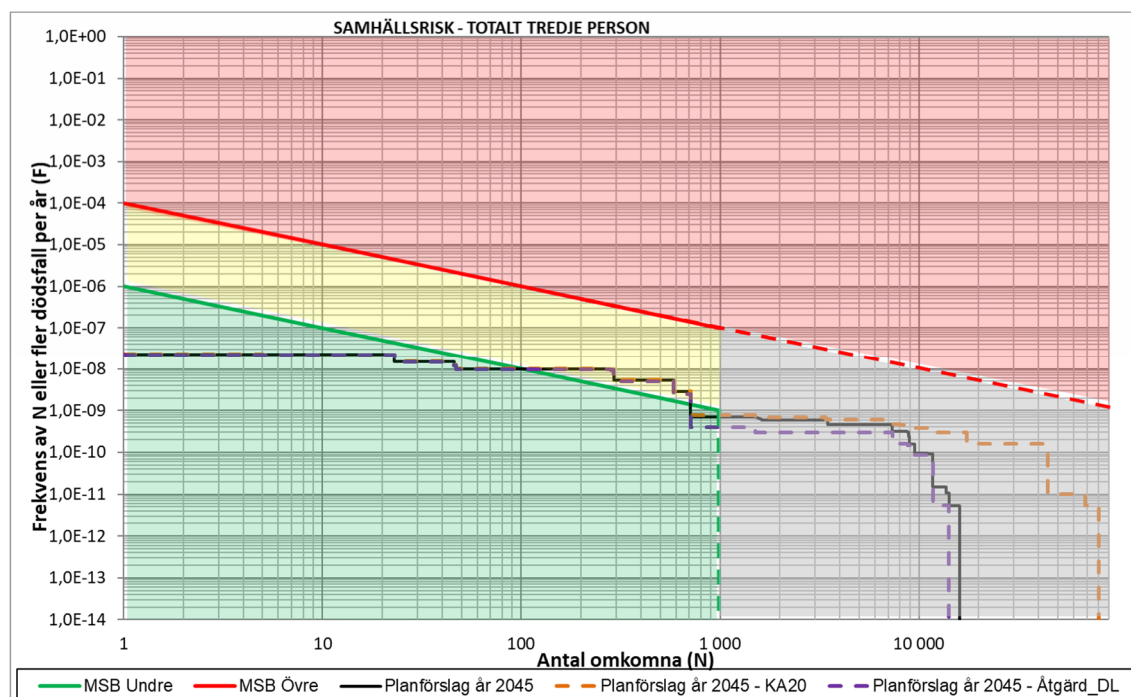
De beräknade kvoterna mellan kostnad och nytta och den mycket stora marginalen till angiven grad av "oproportionerlighet" (grossly disproportionate factor = GDF) pekar mot att det skulle krävas en extremt stor ökning av konsekvenserna för grundförutsättningen för överdäckningens dimensionerande explosionslast och samtidigt att åtgärdsalternativen i princip skulle eliminera konsekvenserna för samtliga explosionsscenarier för att kvoten mellan kostnad och nytta ens skulle vara i närheten av angiven GDF.

För att visa robustheten i resultatet av genomförd kostnads-/nyttoanalys görs en känslighetsanalys där parametrar kopplade till konsekvenser justeras. De parametrar som studeras är:

- A.** Antal omkomna för respektive explosionsscenario multipliceras med faktor 5 för grundförutsättningen för överdäckningens dimensionerande explosionslast. Antal omkomna är oförändrat för åtgärdsalternativen.
- B.** Antal omkomna är oförändrat för grundförutsättningen för överdäckningens dimensionerande explosionslast. Antal omkomna för respektive explosionsscenario ansätts till 0 för respektive åtgärdsalternativ.
- C.** Antal omkomna för respektive explosionsscenario multipliceras med faktor 5 för grundförutsättningen för överdäckningens dimensionerande explosionslast. Antal omkomna för respektive explosionsscenario ansätts till 0 för respektive åtgärdsalternativ.

Samhällsrisk

I figur C.31 redovisas samhällsrisk för planområdet och dess omgivning med justering av konsekvenser enligt ovan.



Figur C.31. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för tredje man (stationsutrymmen exkl. plattformsrums, bebyggelse (planerad och befintlig) samt obebyggda ytor) med avseende på olycksrisker förknippade med järnvägen – Överdäckningens dimensionerande explosionslast. Känslighetsanalys – Justerade konsekvenser för grundutförande respektive åtgärdsalternativ.

Kostnads-/nyttoanalys

A. Ökat antal omkomna (x 5) för grundförutsättningen för överdäckningens dimensionerande explosionslast

Det totala värdet på riskreduktionen för åtgärdsalternativen sett till ett minskat antal omkomna samt antal skadade (tredje person) summeras till:

Tabell C.15. Sammanvägning av nuvärde för aktuella åtgärdsalternativ. Känslighetsanalys – Justerade konsekvenser: A. Antal omkomna för respektive explosionsscenario multipliceras med faktor 5 för grundförutsättningen för överdäckningens dimensionerande explosionslast. Antal omkomna är oförändrat för åtgärdsalternativen.

	Nuvärde (kr)			
	Omkomna	Mycket allvarligt skadade	Ej allvarligt skadade	Totalt
DL1	1 364 836	2 094 402	203 999	3 663 238
DL2	1 372 669	2 106 423	205 170	3 684 262
DL3	1 405 398	2 156 646	210 062	3 772 106

I tabell C.16 redovisas en sammanställning av beräknat nuvärde samt beräknad kostnad för respektive åtgärdsalternativ. Både nuvärde och kostnad har beräknats i förhållande till grundförutsättningarna avseende dimensionerande explosionslast.

Tabell C.16. Sammanvägning av kostnads-/nyttoanalys för aktuella åtgärdsalternativ. Känslighetsanalys – Justerad fördelning av explosionsscenarioer. Känslighetsanalys – Justerade konsekvenser: A. Antal omkomna för respektive explosionsscenario multipliceras med faktor 5 för grundförutsättningen för överdäckningens dimensionerande explosionslast. Antal omkomna är oförändrat för åtgärdsalternativen.

	Nuvärde	Kostnad	Kostnads-/nyttoanalys		Kostnad / Nuvärde > GDF ?
			Nuvärde - Kostnad	Kostnad / Nuvärde	
DL1	3 663 238	821 250 000	-817 586 762	224	Ja
DL2	3 684 262	1 542 000 000	-1 538 315 738	419	Ja
DL3	3 772 106	2 400 750 000	-2 396 977 894	636	Ja

Med en antagen grad av "oproportionerlighet" på GDF = 100 så värderas att kostnaderna är oproportionerliga (grossly disproportionate) i förhållande till kostnaderna av olyckorna som reduceras. Förhållandet mellan kostnad och nytta är enligt tabell C.16 minst ca 225 (för DL1), d.v.s. > GDF. Med avseende på studerade tekniska olycksrisker så är inget av studerade åtgärdsalternativ rimligt genomförbart (Reasonably Practicable) att vidta utifrån kostnads-/nyttoperspektiv.

B. Antal omkomna ansätts till 0 för respektive åtgärdsalternativ

Det totala värdet på riskreduktionen för åtgärdsalternativen sett till ett minskat antal omkomna samt antal skadade (tredje person) summeras till:

Tabell C.17. Sammanvägning av nuvärde för aktuella åtgärdsalternativ. Känslighetsanalys – Justerade konsekvenser: B. Antal omkomna är oförändrat för grundförutsättningen för överdäckningens dimensionerande explosionslast. Antal omkomna för respektive explosionsscenario ansätts till 0 för respektive åtgärdsalternativ.

	Nuvärde (kr)			
	Omkomna	Mycket allvarligt skadade	Ej allvarligt skadade	Totalt
DL1	321 724	493 700	48 087	863 512
DL2	321 724	493 700	48 087	863 512
DL3	321 724	493 700	48 087	863 512

I tabell C.18 redovisas en sammanställning av beräknat nuvärde samt beräknad kostnad för respektive åtgärdsalternativ. Både nuvärde och kostnad har beräknats i förhållande till grundförutsättningarna avseende dimensionerande explosionslast.

Tabell C.18. Sammanvägning av kostnads-/nyttoanalys för aktuella åtgärdsalternativ. Känslighetsanalys – Justerad fördelning av explosionsscenarioer. Känslighetsanalys – Justerade konsekvenser: B. Antal omkomna är oförändrat för grundförutsättningen för överdäckningens dimensionerande explosionslast. Antal omkomna för respektive explosionsscenario ansätts till 0 för respektive åtgärdsalternativ.

	Nuvärde	Kostnad	Kostnads-/nyttoanalys		Kostnad / Nuvärde > GDF ?
			Nuvärde - Kostnad	Kostnad / Nuvärde	
DL1	863 512	821 250 000	-820 386 488	951	Ja
DL2	863 512	1 542 000 000	-1 541 136 488	1 786	Ja
DL3	863 512	2 400 750 000	-2 399 886 488	2 780	Ja

Med en antagen grad av "oproportionerlighet" på GDF = 100 så värderas att kostnaderna är oproportionerliga (grossly disproportionate) i förhållande till kostnaderna av olyckorna som reduceras. Förhållandet mellan kostnad och nytta är enligt tabell C.18 minst ca 950 (för DL1), d.v.s. > GDF. Med avseende på studerade tekniska olycksrisker så är inget av studerade åtgärdsalternativ rimligt genomförbart (Reasonably Practicable) att vidta utifrån kostnads-/nyttoperspektiv.

C. Ökat antal omkomna (x 5) för grundförutsättningen för överdäckningens dimensionerande explosionslast + Antal omkomna ansätts till 0 för respektive åtgärdsalternativ

Det totala värdet på riskreduktionen för åtgärdsalternativen sett till ett minskat antal omkomna samt antal skadade (tredje person) summeras till:

Tabell C.19. Sammanvägning av nuvärde för aktuella åtgärdsalternativ. Känslighetsanalys – Justerade konsekvenser: C. Antal omkomna för respektive explosionsscenario multipliceras med faktor 5 för grundförutsättningen för överdäckningens dimensionerande explosionslast. Antal omkomna för respektive explosionsscenario ansätts till 0 för respektive åtgärdsalternativ.

	Nuvärde (kr)			
	Omkomna	Mycket allvarligt skadade	Ej allvarligt skadade	Totalt
DL1	1 608 682	2 468 594	240 446	4 317 722
DL2	1 608 682	2 468 594	240 446	4 317 722
DL3	1 608 682	2 468 594	240 446	4 317 722

I tabell C.20 redovisas en sammanställning av beräknat nuvärde samt beräknad kostnad för respektive åtgärdsalternativ. Både nuvärde och kostnad har beräknats i förhållande till grundförutsättningarna avseende dimensionerande explosionslast.

Tabell C.20. Sammanvägning av kostnads-/nyttoanalys för aktuella åtgärdsalternativ. Känslighetsanalys – Justerad fördelning av explosionsscenarier. Känslighetsanalys – Justerade konsekvenser: C. Antal omkomna för respektive explosionsscenario multipliceras med faktor 5 för grundförutsättningen för överdäckningens dimensionerande explosionslast. Antal omkomna för respektive explosionsscenario ansätts till 0 för respektive åtgärdsalternativ.

	Nuvärde	Kostnad	Kostnads-/nyttoanalys		
			Nuvärde - Kostnad	Kostnad / Nuvärde	Kostnad / Nuvärde > GDF ?
DL1	4 317 722	821 250 000	-816 932 278	190	Ja
DL2	4 317 722	1 542 000 000	-1 537 682 278	357	Ja
DL3	4 317 722	2 400 750 000	-2 396 432 278	556	Ja

Med en antagen grad av ”oproportionerlighet” på GDF = 100 så värderas att kostnaderna är oproportionerliga (grossly disproportionate) i förhållande till kostnaderna av olyckorna som reduceras. Förhållandet mellan kostnad och nytta är enligt tabell C.18 minst ca 190 (för DL1), d.v.s. > GDF. Med avseende på studerade tekniska olycksrisker så är inget av studerade åtgärdsalternativ rimligt genomförbart (Reasonably Practicable) att vidta utifrån kostnads-/nyttoperspektiv.

6.7.4 Resultat av kompletterande känslighetsanalyser

Känslighetsanalysen visar att av studerade parametrar så kommer inte någon parameter vid en ändring få kvoten mellan kostnad och nytta för aktuella åtgärdsalternativ att hamna på en nivå där kostnaderna kan värderas vara proportionerliga i förhållande till nyttan av åtgärden. Även med en högt ansatt grad av ”oproportionerlighet” på GDF = 100 så värderas att kostnaderna är helt oproportionerliga (grossly disproportionate) i förhållande till kostnaderna av olyckorna som reduceras.

Utifrån genomförda känslighetsanalyser så har det endast identifierats en enda parameter som skulle kunna få något av studerade åtgärdsalternativ att betraktas som nära rimligt genomförbart (Reasonably Practicable) att vidta utifrån kostnads-/nyttoperspektiv. Detta skulle vara om konsekvenserna skulle vara kraftigt mycket större för samtliga explosionsscenarier för antagen grundförutsättning avseende överdäckningens utförande i kombination med att en begränsad ökning av den dimensionerande explosionslasten (d.v.s. DL1) i princip helt skulle eliminera konsekvenserna av samtliga explosionsscenarier, både ovanpå överdäckning och inom kringliggande bebyggelse. Förhållandet mellan kostnad och nytta skulle då enligt tabell C.18 bli ca 190. Att dessa förhållanden skulle gälla är dock inte rimliga utan är främst till för att visa hur liten påverkan som potentiella osäkerheter har på resultatet av genomförd kostnads-/nyttoanalys. Det är inte rimligt att använda dessa förhållanden som dimensionerande för beslut om säkerhetshöjande åtgärder.

7. Risknivå med föreslagna alternativ av säkerhetshöjande åtgärder och barriärer

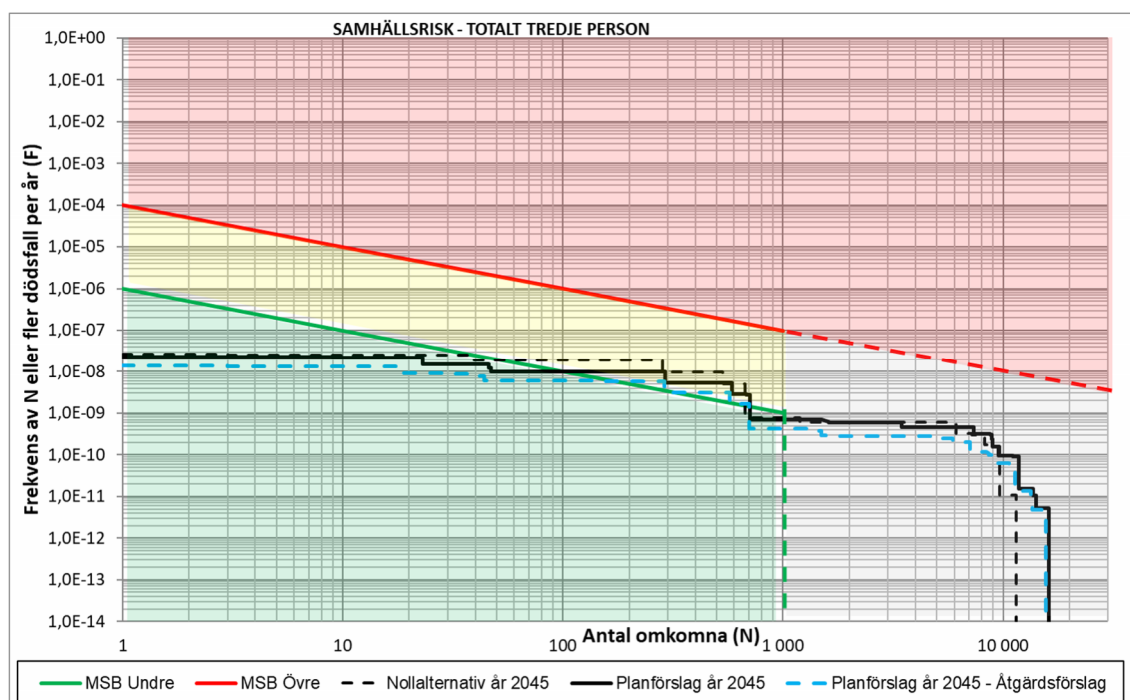
Utifrån utredningen av riskreducerande effekt för studerade åtgärdsalternativ i avsitt 5 och 6 så har det tagits fram ett samlat åtgärdsförslag. Det samlade åtgärdsförslaget omfattar följande kombination av säkerhetshöjande åtgärder och barriärer:

- Dimensionering av överdäckningen med hänsyn tagen till en explosionslast motsvarande åtgärd DL1, se avsnitt 5.1.
- Rutiner för utrymning av bebyggelse m.m. ovanpå överdäckning, se beskrivning avsnitt 5.4
- Beredskapsfunktion motsvarande beskrivning i avsnitt 5.5.
- Fast släcksystem i plattformsrummet motsvarande beskrivning i avsnitt 5.6.

I figur C.27 redovisas samhällsriskerna givet säkerhetshöjande åtgärder enligt ovan.

Reducerande faktorer:

- Minskade konsekvenser ovanpå överdäckning vid olycka med klass 1, klass 2.1 och klass 5 genom skydd av bärverk.
- Minskad sannolikhet för olycka: Åtgärden bedöms kunna utformas så att olyckskvoten för urspärning med godståg respektive brand i godståg på den aktuella sträckan reduceras med minst ca 10 % samt att minst 75 % av samtliga olycksscenarier kan förväntas ha sin sluthändelse utanför överdäckningen.
- Minskade konsekvenser ovanpå överdäckning (inkl. stationsutrymmen) genom en ökad möjlighet att tidigt påbörja en evakuering av bebyggelsen för skadescenarier kopplade till brandspridning till last. För att inte överskatta åtgärdens effekt uppskattas grovt att konsekvenserna ovanpå överdäckningen reduceras med minst 10 %. Åtgärdens reducerande effekt uppskattas vara högre inom stationsutrymmen, där det uppskattas att konsekvenserna reduceras med minst 50 %.
- Ökad sannolikhet för små bränder (< 1 MW): För att inte överskatta sprinklarnas effekt uppskattas att släcksystemet ökar sannolikheten för att bränder inte utvecklas till större bränder och därmed ökar andelen små bränder i proportion till det totala antalet bränder. Åtgärden bedöms kunna utformas och dimensioneras så att andelen små bränder uppskattas öka med minst +20 %, d.v.s. $64 \% \times 120 \% = 76,3 \%$ för brand i godståg. Inbördes fördelning mellan stor brand och mycket stor brand är oförändrad.
- Försenat brandförlopp: Denna faktor bedöms ytterligare reducera konsekvenserna för tredje man genom en ökad möjlighet att evakuera delar av bebyggelsen för skadescenarier kopplade till brandspridning till last. Det uppskattas grovt att släcksystem reducerar konsekvenserna för tredje man med 20 % genom att försena brandförloppet.



Figur C.32. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för tredje person med avseende på olycksrisker förknippade med järnvägen – Föreslagna åtgärder.

8. Referenser, Bilaga C

- /1/ Säkerhetsanalys Överdäckning av Stockholms Centralstation – Centralstaden, Stockholm, Brandskyddslaget, Samrådsversion 2024-11-26
- /2/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997
- /3/ PM Bedömningsgrund för olycksrisk – ovan överdäckning, detaljplan för Centralstationsområdet, Stadsbyggnadskontoret Stockholms stad, Dnr: 2016-17154, 2021-03-16
- /4/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002
- /5/ PM Risk – Centralstationsområdet, Brandskyddslaget AB, 2019-03-21
- /6/ Fördelning farligt gods förbi Centralstationen, erhållet av Ludvig Elgström, Trafikverket, 2018-12-04
- /7/ Uppgifter om genomsnittligt antal godsvagnar per tåg, Källa: Trafikverket, Statistikcenter, erhållna via Ludvig Elgström, Trafikverket (e-mail: 2018-12-17)
- /8/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996
- /9/ Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 8.0, Trafikverket, Version 2024-04-02
- /10/ Beslutsunderlag – Fast släcksystem Stockholms Centralstation, Brandskyddslaget, daterad 2023-09-10
- /11/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997
- /12/ The Application of ALARP to Radiological Risk – A Nuclear Industry Good Practice Guide, The Industry Radiological Protection Co-ordination Group (IRPCG) on behalf of the Nuclear Industry Safety Directors Forum (SDF), UK, 2012
- /13/ Gross Disproportion, Step by Step – A Possible Approach to Evaluating Additional Measures at COMAH Sites, Martin H Goose, Health and Safety Executive, UK, 2006
- /14/ Riskutredning för Mälarbanans sträckning mellan Solna stad och Sundbybergs stad (Huvudsta – Duvbo), Briab Brand & Riskingenjörerna AB, 2018-02-28

Riskbedömning tekniska olycksrisker – Bilaga D. Åtgärder

Centralstaden, Stockholm

Underlag till detaljplan

2024-11-26

Dokumenttyp: Riskbedömning tekniska olycksrisker – Bilaga D. Åtgärder

Uppdragsnamn: Centralstaden, Stockholm
Del av fastigheten Norrmalm 5:3 m.fl., Stockholms stad
Underlagshandling till detaljplan

Uppdragsnummer: 503257

Datum: 2024-11-26

Status: Underlag till detaljplan

Uppdragsledare: Rosie Kvål

Handläggare: Erik Hall Midholm, Rosie Kvål
Tel: 08-588 188 84
E-post: rosie.kval@bsl.se

Uppdragsgivare: Jernhusen AB, Kontaktperson: Sonya Stark

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2024-11-26	Rosie Kvål Erik Hall Midholm	Lisa Smas Pierre Wahlqvist	Samrådshandling

Innehållsförteckning, Bilaga D

1.	INLEDNING	4
2.	ÅTGÄRDER UTIFRÅN RISKNIVÅN I KONSEKVENSIINTERVALLET < 1000 OMKOMNA.....	4
2.1	Åtgärdsförslag	6
3.	ÅTGÄRDER UTIFRÅN RISKNIVÅN I KONSEKVENSIINTERVALLET > 1000 OMKOMNA (KATASTROFSCENARIER)	7
4.	REFERENSER, BILAGA D	7

1. Inledning

Utifrån genomförda riskberäkningar (se den fördjupade analysen i huvudrapporten samt bilaga C) framgår det att den beräknade samhällsrisk till viss del ligger på acceptabla nivåer, till viss del inom ALARP samt till viss del inom det område där konsekvensutfallet omfattar fler än 1 000 omkomna. Beräknad nivå på samhällsrisk innebär därmed utifrån den bedömningsgrund som tillämpas i projektet att åtgärder ska vidtas för att reducera risken till följd av scenarier som kan leda till färre än 1 000 omkomna i den mån de är möjliga och rimliga i förhållande till bland annat den riskreducerande effekten. De olycksscenarier som framförallt bidrar till att risknivån hamnar inom ALARP är de som leder till utsläpp av brännbara eller giftiga gaser. I denna bilaga redovisas därför resonemang och bedömning av behovet av åtgärder för att reducera risknivån för den del av samhällsriskkurvan som berör konsekvensutfall med färre än 1 000 omkomna.

För scenarier som kan leda till fler än 1 000 omkomna ska enligt bedömningsgrunden en särskild analys av möjliga barriärer göras. Som underlag till värdering av risknivån har därför en separat Barriäranalys genomförts /1/. I Barriäranalysen görs en inventering, analys och värdering av möjliga barriärer som kan minska uppkomst eller påverkan av katastrofscenarier. Med katastrofscenarier avses de olyckshändelser som kan ge upphov till fler än 1 000 omkomna. En sammanfattning av barriäranalysen görs i avsnitt 9.3 i huvudrapporten till denna riskbedömning.

2. Åtgärder utifrån risknivån i konsekvensintervallet < 1000 omkomna

Planförslaget innebär en blandad bebyggelse bestående av bland annat kontor, handel, stationsutrymmen, service och en liten andel hotell ovan överdäckningen. Olyckor som sker under överdäckningen får generellt en mycket liten påverkan på området ovan överdäckningen. Undantaget är katastrofscenarierna som innebär att överdäckningens konstruktion påverkas kraftigt vilket också kommer påverka områden ovanpå överdäckningen. Det finns dock några olyckor som kan leda till spridning utanför överdäckningen. Dessa omfattar spridning av giftig gas samt BLEVE. Olyckor kan även ske på den öppna delen av spårområdet innan/efter överdäckningen och kan då innebära påverkan på bebyggelse ovanpå överdäckningen.

I tabell D.1 redovisas resonemang kring behov av åtgärder med relevans för scenarier med ett förväntat lägre skadeutfall. Samtliga åtgärder avser byggnader inom planområdet, dvs. ovanpå överdäckningen.

Tabell D.1. Behov av åtgärder i bebyggelse ovanpå överdäckningen.

Möjlig åtgärd	Beskrivning
Ytor nära tunnelmynningar	<p>Människor utomhus är oskyddade och kan exponeras vid en olycka. Det gäller framförallt människor som vistas exponerade invid tunnelmynningarna.</p> <p>För att minska sannolikheten för att människor utomhus ska omkomma vid olycka på järnvägen kan oskyddade områden utomhus i anslutning till tunnelmynningar utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Inom dessa ytor rekommenderas kommunikationsstråk för väg-, gång- och cykeltrafik. Parkmark eller torgytor ska undvikas.</p> <p>Restriktionen bör gälla inom ca 20 meter från tunnelmynning med hänsyn till risken för tågbrand som är betydligt mer sannolik än en olycka med farligt gods. Inom detta avstånd bör heller inga byggnader uppföras.</p>

Möjlig åtgärd	Beskrivning
Utrymning av utomhusmiljöer (gator, torg, etc.)	<p>Inom planområdet kommer det vara omfattande personrörelser både i stationsutrymmen men även utomhus. Detta eftersom området ligger så centralt och i anslutning till en stor kollektivtrafikknutpunkt.</p> <p>Det är viktigt att tillse att ytor utomhus är anpassade för de personflöden som kan förväntas så att det inte i onödan uppstår kösituationer. Detta gäller även vid större händelse i tunnelbanan eller järnvägsstationen som kan medföra behov av evakuering till platser utomhus.</p>
Placering av utrymningsvägar	<p>Byggnader placerade närmast tunnelmynningarna som ligger direkt exponerade mot dessa bör utformas så att utrymning kan ske till plats utomhus som skyddas av annan bebyggelse. Utrymningsvägar kan finnas direkt mot tunnelmynningar men utrymning mot annan sida måste också finnas. Detta för att undvika att människor utrymmer mot en eventuell olycka.</p> <p>Krav på placering av utrymningsvägar gäller för exponerade kontorsbyggnader inom 30 meter från tunnelmynning samt inom 50 meter för byggnader innehållandes handel, hotell och publika verksamheter.</p>
Placering av ventilationsintag	<p>Läckage av gaser kan dels spridas långt med vinden men kan också läcka ut ur tunnelmynningar vid en olycka under överdäckningen. Sannolikheten för olycka är låg men genom att placera ventilationsintag så att de inte exponeras mot tunnelmynningarna kan sannolikheten för inläckage i byggnader minskas. Om brandgasventilation införs under överdäckningen är det på samma sätt viktigt att inte placera luftintag dit brandgaser kommer att ventileras.</p> <p>Åtgärden är en relativt enkel att genomföra om den beaktas tidigt i projekteringen.</p> <p>Rekommendationen är därför att ventilationsintag på byggnader som exponeras mot tunnelmynningarna inom 30 meter (kontor) respektive 50 meter (hotell, handel, publika ytor) placeras på motsatt sida för att minska risken för inläckage.</p> <p>Ventilation i samlingslokaler bör utföras så att den med ett enkelt handgrepp kan stängas av behörig personal.</p>
Brandkrav	<p>Jämfört med en olycka med farligt gods är en godstågbrand ett relativt sannolikt scenario. Rutinen vid en allvarlig olycka, t.ex. tågbrand, i ett godståg på väg in till Stockholms Centralstation är att tåget ska stanna utanför överdäckningen eller om möjligt köra igenom överdäckningen och stanna i det fria. Med tanke på denna rutin är det inte omöjligt att ett brinnande godståg kan stå i nära anslutning till tunnelmynning.</p> <p>Genom att hålla ett visst avstånd till bebyggelse minskar risken för brandspridning in i byggnader men även fasader och fönster kan behöva skyddas från en utvändig brand. Exempelvis kan gasmolnsexplosion och BLEVE leda till brandpåverkan (om än kortvarig) vid olycka både utomhus och under överdäckningen.</p>

Möjlig åtgärd	Beskrivning
	<p>För att minska risken för brandspridning vid olycka rekommenderas därför att fasader och fönster som exponeras mot tunnelmyrningarna inom 30 meter (kontor) respektive 50 meter (hotell, handel, publika ytor) utförs för att minska sannolikheten för brandspridning in i byggnaderna. Detta kan exempelvis utföras genom att fasader utförs i obrännbart material eller med konstruktioner som uppfyller brandteknisk avskiljning avseende täthet och isolering samt att fönster utförs så att de är intakta och sitter kvar under hela brandförloppet genom att använda brandklassade, härdade eller laminerade glas.</p> <p>Överdäckningen förutsätts utformas i enlighet med gällande regelverk när det gäller brandmotstånd (TRVINFRA, TSD Tunnelsäkerhet). Dimensionerande brandkrav har inte utretts i denna riskbedömning, i säkerhetskonceptet som tas fram kommer dimensionerande brandkrav utredas.</p>
Explosionskrav i exponerade, intilliggande fasader/bärande delar	<p>Sannolikheten för explosion är låg men stora explosioner kan leda till mycket omfattande skador. Mer omfattande explosionsscenarioer har därmed klassats som katastrofscenariet och åtgärder i form av olika barriärer har föreslagits.</p> <p>Vald konstruktionslösning för överdäckningen och planerad bebyggelse innebär också motståndskraft mot de flesta explosioner.</p> <p>Det bedöms därför inte nödvändigt att vidta ytterligare åtgärder än de som redan är planerade eller som föreslås i genomförd barriäranalys.</p>

2.1 Åtgärdsförslag

I detta avsnitt redovisas det förslag på åtgärder avseende scenarier som omfattar färre än 1 000 omkomna och som bedömts vara tillräckliga för att hantera identifierade risker i området och som utgår från den redovisning och övergripande bedömning som görs i tabell D.1 ovan.

I bilaga C görs en verifiering av föreslagna åtgärders effekt på risknivån. Föreslagna barriärer redovisas i Barriäranalysen /1/ samt i huvudrapportens avsnitt 9.3.

- Ytor utomhus i anslutning till tunnelmyrningar inom 20 meter ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Det innebär bland annat att torgyt, uteserveringar, parkområden etc. ska undvikas inom detta område. Ytorna kan exempelvis upptas av infrastruktur.
- Byggnader som ligger i anslutning till tunnelmyrningar inom 30 respektive 50 meter (kontor respektive hotell, handel) ska utföras så att utrymning från byggnaderna är möjlig mot en trygg sida med goda möjligheter att fortsätta utrymningen bort från överdäckningen.
- Ventilationsintag på byggnader i anslutning till tunnelmyrningar och ventilationsschakt som används för brandgasventilation ska placeras bort från dessa eller på byggnadernas tak. Detta gäller inom 30 meter för kontor respektive 50 meter för hotell, handel etc.

- Fasader som är exponerade mot den öppna delen av spårområdet ska utföras i obrännbart material alternativt i material som förhindrar vidare brandspridning i minst 30 minuter (konstruktion motsvarande lägst brandteknisk klass EI 30 som utförs i ytskiktssklass B-s1,d0 anbringat på material i klass A2-s1,d0 (obrännbart material) eller på beklädnad i klass K210/B-s1,d0 (tändskyddande beklädnad)). Fönster i dessa fasader ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Detta gäller exponerade fasader inom 30 meter (kontor) respektive 50 meter (hotell, handel etc.).

3. Åtgärder utifrån risknivån i konsekvensintervallet > 1000 omkomna (katastrofscenarier)

Till följd av den bedömningsgrund som Stockholms stad tagit fram för att hantera olyckor med potentiellt katastrofala konsekvenser (fler än 1 000 omkomna) har en särskild analys av möjliga barriärer gjorts. Utredningen av barriärer redovisas i en separat Barriäranalys /1/. En sammanfattning av analysen återfinns i avsnitt 9.3 i huvudrapporten. De barriärer som föreslås i analysen utgör tillsammans med förslaget på åtgärder som redovisas ovan det totala åtgärds paketet som bedöms nödvändigt för att uppnå tolerabel risk för planförslaget.

4. Referenser, Bilaga D

/1/ Barriäranalys Centralstaden, Stockholm, Brandskyddslaget, 2024-11-26