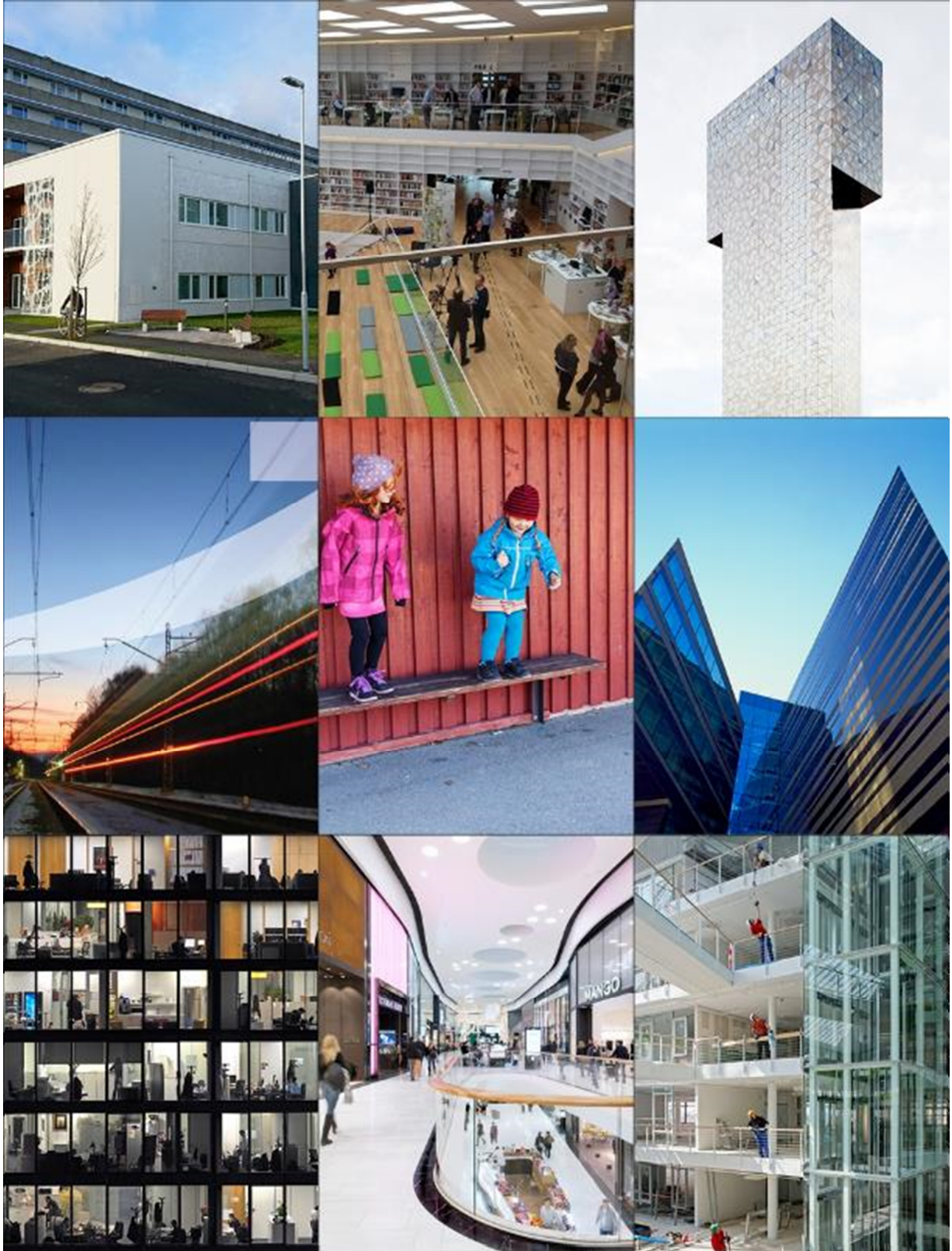


Riskanalys

Handterminalen, Haninge kommun

Underlag för detaljplanearbete

2023-10-13



Dokumenttyp: Riskanalys
Uppdragsnamn: Handenterminalen, Haninge kommun
Söderbymalm 3:468 m.fl.

Uppdragsnummer: 506418
Datum: 2023-10-13
Status: Underlag för detaljplanearbete
Uppdragsledare: Erik Hall Midholm
Handläggare: Erik Hall Midholm
Tel: 08-588 188 00
E-post: erik.midholm@bsl.se
Uppdragsgivare: Handenterminalen Fastighetsaktiebolag

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Version
2019-10-11	EMM	RKL	Granskningshandling
2019-10-15	EMM	RKL	Version 1
2023-06-19	EMM	RKL	Version 2
2023-07-05	EMM	RKL	Version 3
2023-10-13	EMM	RKL	Version 4

Sammanfattning

Haninge kommun har påbörjat ett planarbete för fastigheten Söderbymalm 3:468 m.fl. Planområdet omfattar idag Handenterminalen, Stationsvägen och pendeltågstrén. Den nya detaljplanen ska möjliggöra befintliga byggnader med fler typer av verksamheter än gällande detaljplan samt nybyggnation av bostäder ovanpå, och som fristående hus norr om, befintliga byggnader. Den nya detaljplanen ska dessutom förnya stationens norra entré samt möjliggöra en ny koppling ned från Handterminalen till sjön Rudan och brygga för allmänheten. Dessutom planeras nya parkeringshus söder och norr om terminalbyggnaden.

Eftersom planområdet ligger inom 150 meter från Nynäsbanan har Brandskyddslaget fått i uppdrag att upprätta en riskanalys för det aktuella bebyggelseförslaget. Syftet med riskanalysen är att undersöka lämpligheten med det aktuella förslaget genom att utvärdera vilka risker som människor inom det aktuella området kan komma att utsättas för samt i förekommande fall föreslå hur risker ska hanteras så att en acceptabel säkerhet uppnås.

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

I analysen har en inventering gjorts av trafiken på Nynäsbanan. Trafiken på järnvägen är relativt omfattande och förväntas öka kraftigt både avseende person- och godstrafiken. Detta till följd av att Trafikverket planerar en kapacitetsökning på banan samt en planerad godshamn i Norvik.

Utifrån inventeringen har olycksscenarioer kopplade till de båda riskkällorna identifierats. En kvalitativ uppskattning av riskerna, d.v.s. sannolikhet och konsekvens, för respektive scenario har gjorts i syfte att fastställa vilka scenarier som bedöms kunna medföra skadliga konsekvenser för människor i området och som därför behöver beaktas vid fortsatt planering. Scenarier som bedömts kunna påverka det aktuella området utgörs av urspårning, tågbrand samt olyckor med inblandning av farligt gods. För att kunna bestämma behov och omfattning av åtgärder behöver en fördjupad analys utföras för dessa olycksscenarioer.

I den fördjupade riskanalysen avseende Nynäsbanan har risknivån beräknats i form av individrisk (den risk som en enskild person utsätts för genom att vistas i närheten av en riskkälla) och samhällsrisk (den risk som riskkällan utgör mot hela den kringliggande omgivningen). Den fördjupade analysen har genomförts med hänsyn tagen till den prognostiserade trafiksituationen år 2040. Riskanalysen av identifierade risker visar att olycksriskerna påverkar risknivån inom det studerade planområdet. Detta gäller framförallt samhällsrisken.

Av de olycksrisker som främst påverkar risknivån inom planområdet är det huvudsakligen transporter av brandfarliga vätskor och brännbara gaser som leder till en förhöjd samhällsrisknivå. Olycksrisker förknippade med övriga farligt godstransporter samt urspårning och tågbrand bedöms ha en begränsad påverkan på samhällsrisken. Urspårning och tågbrand samt olycka med brandfarliga vätskor medför dock att individrisken inom planområdet ligger på en oacceptabel nivå inom ca 10 meter från spåren.

Med anledning av risknivån föreslås att säkerhetshöjande åtgärder vidtas i syfte att reducera "nettotillskottet" av oönskade händelser som avsteget från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd medför.

Vid bebyggelse och förändrad markanvändning inom det aktuella planområdet rekommenderas att följande restriktioner och byggnadstekniska åtgärder vidtas (kursiv text omfattar förtydligande kommentarer om särskilda förutsättningar):

- Bebyggelse ska placeras så att avstånden till närmaste spår på Nynäsbanan inte understiger 25 meter.

Publika verksamheter kopplade till pendeltågstationen inom 25 meter från järnvägen alternativt på övergång över järnvägen anses vara acceptabla och föranleder ej krav på säkerhetshöjande åtgärder. Detta förutsätter att verksamheterna omfattar någon form av resandeservice (t.ex. väntytta, kiosk, mindre restauranger eller caféer med begränsat antal sittplatser).

- Obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (t.ex. lekplatser, utegym, uteserveringar m.m.) ska placeras så att avstånden är minst 25 meter till närmaste spårmitt. Ytorna mellan ny bebyggelse och Nynäsbanan bör utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

Kommentar: Brygga och gångväg på sjösidan med enstaka parkbänkar anses vara acceptabelt och föranleder ej krav på säkerhetshöjande åtgärder. Det rekommenderas däremot att större samlingsytor undviks med hänsyn till risknivån samt svårigheter att evakuera platsen vid en eventuell olycka på järnvägen.

- Bostadsbebyggelse och centrumverksamheter inom 50 meter samt kontorsbebyggelse och parkeringshus inom 30 meter från järnvägens närmaste spår där byggnaderna vetter direkt mot Nynäsbanan utan framförliggande bebyggelse ska utföras med följande åtgärder:
 - o Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från Nynäsbanan.
 - o Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Nynäsbanan alternativt på byggnadernas tak.
 - o Fasader som vetter direkt mot Nynäsbanan ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
 - o Fönster i fasader som vetter direkt mot Nynäsbanan ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.

De byggnadstekniska åtgärderna gäller för ny bebyggelse eller vid förändring av befintlig bebyggelse som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (se figur 1.1). Avståndet ska mätas från närmaste spårmitt. Observera att planbestämmelser i ny detaljplan aktualiseras först i samband med att bygglov söks, se fotnot i avsnitt 6.2.1.

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

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING	6
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Syfte	6
1.3 Omfattning.....	6
1.4 Internkontroll.....	6
1.5 Förutsättningar	7
2. ÖVERSIKTLIG BESKRIVNING AV OMRÅDET	9
2.1 Områdesbeskrivning	9
2.2 Planerad exploatering inom planområdet.....	10
2.3 Kringliggande områden.....	12
3. RISKINVENTERING	13
3.1 Allmänt.....	13
3.2 Inventering av riskkällor	13
4. INLEDANDE RISKANALYS	17
4.1 Metodik.....	17
4.2 Identifiering av olycksrisker	17
4.3 Kvalitativ uppskattning av risk	17
4.4 Slutsats inledande riskanalys	19
5. FÖRDJUPAD RISKANALYS	20
5.1 Allmänt.....	20
5.2 Resultat riskberäkningar	22
5.3 Värdering av risk	23
5.4 Hantering av osäkerheter	24
6. SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER	26
6.1 Allmänt.....	26
6.2 Allmänna åtgärder	26
6.3 Byggnadstekniska åtgärder.....	28
6.4 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning	33
7. SLUTSATSER	35
8. BILAGOR	35
9. REFERENSER	36

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Utvecklingen av Haninge stad pågår med bland annat byggnationen av Haningeterrassen, utvecklingen av Vega samt planering för ytterligare bostäder, handel och service.

Haninge kommun har påbörjat ett planarbete för fastigheten Söderbymalm 3:468 m.fl. Planområdet omfattar idag Handenterminalen med kontors- och centrumverksamheter samt, Stationsvägen och pendeltågsentrén. Den nya detaljplanen ska möjliggöra befintliga kontorsbyggnader med fler typer av verksamheter än gällande detaljplan samt nybyggnation av bostäder ovanpå, och som fristående hus norr om, befintliga byggnader. Den nya detaljplanen ska dessutom förnya stationens norra entré samt möjliggöra en ny koppling ned från Handenterminalen till sjön Rudan och brygga för allmänheten. Dessutom planeras nya parkeringshus söder och norr om terminalbyggnaden.

Väster om planområdet går Nynäsbanan (järnväg). Enligt riktlinjer från Länsstyrelsen i Stockholms län ska risker analyseras vid ny bebyggelse inom 150 meter från väg med transport av farligt gods, järnväg eller bensinstation [1], [2]. Detta medför att det ställs krav på att olycksrisker förknippade med Nynäsbanan undersöks vid ny bebyggelse och ändrad markanvändning inom det aktuella området.

Brandskyddslaget har fått i uppdrag att studera och analysera förekommande risker i områdets närhet. Detta för att människor inom området inte ska utsättas för oacceptabla risker.

1.2 Syfte

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

1.3 Omfattning

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

Trafikanter på järnvägen omfattas inte av analysen.

1.4 Internkontroll

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

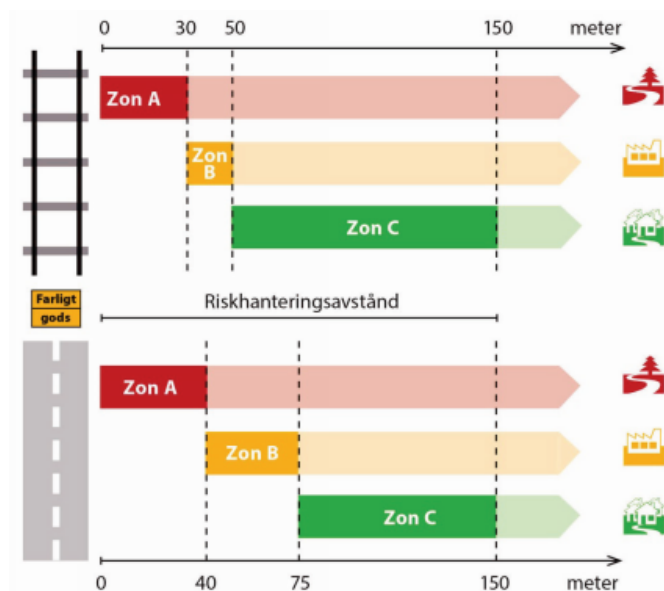
1.5 Förutsättningar

1.5.1 Riskhänsyn vid ny bebyggelse

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

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

I riktlinjerna presenterar Länsstyrelsen riktlinjer för skyddsavstånd till olika verksamheter. Dessa rekommendationer redovisas i figur 1.1.



Rekommenderad markanvändning inom respektive zon

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

Figur 1.1. Rekommenderade skyddsavstånd till olika typer av markanvändning [2].

Avstånden i figuren mäts från närmaste väggkant respektive närmaste spårmitt.

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

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

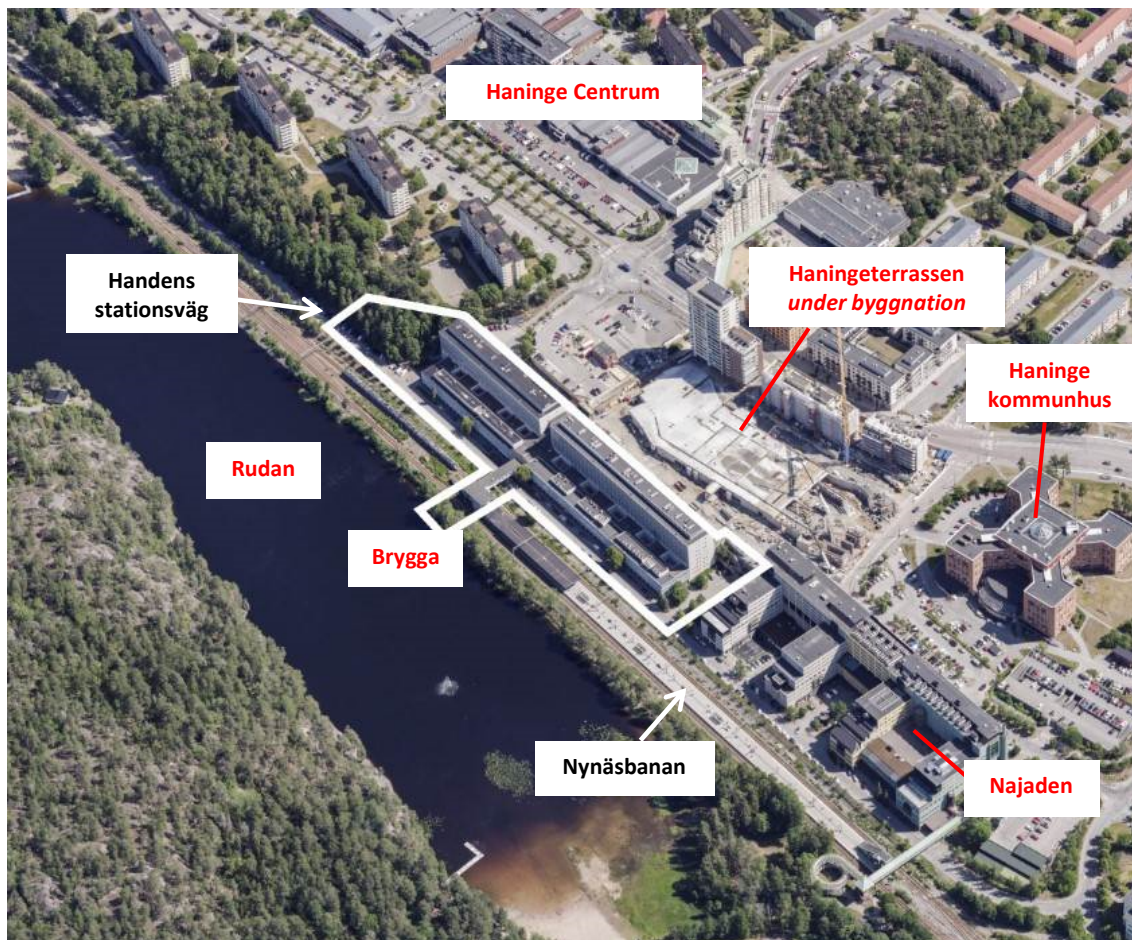
Intill primära transportleder för farligt gods rekommenderas ett skyddsavstånd på minst 25 meter. Åtgärder ska åtminstone vidtas inom 30 meter från vägen.

2. Översiktlig beskrivning av området

2.1 Områdesbeskrivning

Det aktuella området ligger utmed Nynäsbanan i höjd med Handens pendeltågstation i centrala Haninge. Området omfattar fastigheten Söderbymalm 3:468 m.fl.

I figur 2.1 redovisas planområdet som studeras i denna riskanalys.



Figur 2.1. Handen i Haninge kommun där planområdet Söderbymalm 3:468 m.fl. är markerat. Flygfotot är taget från sydväst.

Inom planområdet finns befintlig bebyggelse i form av Handenterminalen och pendeltågsentrén. Bebyggelsen ligger i suterräng och består av en lågdel mot Handens stationsväg och två högre byggnadskroppar mot den bakomliggande Haningeterrassen (där entrén från Haningeterrassen sker på sjunde våningsplanet, inkl. källarvåningar). Byggnaden används huvudsakligen för kontors- och serviceverksamheter samt restauranger m.m.

Mellan de högre byggnadskropparna går en gångpassage från Haningeterrassen som övergår i en bro över Handens stationsväg för anslutning mot pendeltågsstationen.

Det norra hörnet av planområdet utgörs av skogsmark. Inom planområdet löper Handens stationsväg parallellt med Nynäsbanan.

Planområdet sluttar uppåt från sjön Rudan. Handens stationsväg och den befintliga lågdelen ligger ca 1-2 meter högre än Nynäsbanan, se figur 2.2.



Figur 2.2. Bild tagen från perrongen på Handens pendeltågsstation mot Handenterminalen, vilket visar nivåskillnaden mellan Nynäsbanan och planområdet.

2.2 Planerad exploatering inom planområdet

Syftet med den nya detaljplanen är att behålla befintliga kontorsbyggnader och att möjliggöra fler typer av verksamheter än gällande detaljplan. Detaljplanen syftar även till att möjliggöra bostadsbebyggelse ovanpå, och som fristående hus norr om, befintliga byggnader, att förnya stationens norra entré samt att möjliggöra ny gångförbindelse över järnvägen till sjön Rudan. Dessutom planeras nya parkeringshus i södra och norra delen av planområdet.

Planförslaget innefattar att nya bostadsdelar byggs ovanpå befintliga byggnadskroppar. Handenterminalens högdal behålls och användningen föreslås fortsättningsvis vara kontor och centrumverksamheter.

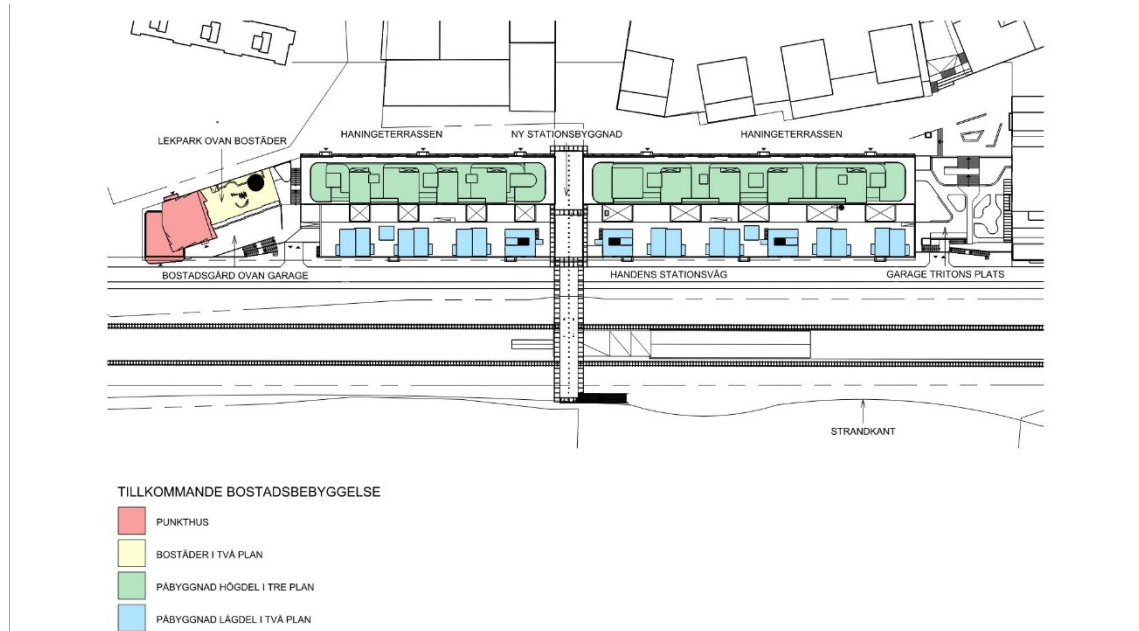
Planförslaget innefattar dessutom ett högre punkthus utmed Handens stationsväg i planområdets norra del. Punkthuset planeras att utföras för våningsplanen 0-4 med parkeringsgarage, inkl. två våningsplan under mark, samt för våningsplanen 5-26 med bostäder. Huset byggs i suterräng med entréer från Handens stationsväg och med en entré mot östra fasaden som går att nå från Handenterrassen.

Den befintliga bebyggelsen omfattar sammanlagt ca 46 000 m² BTA. Den totala bruttoarean för nybyggnation uppskattas till ca 18 000 m² nya bostadshus, varav ca 10 000 m² i det nya punkthuset i områdets norra del. Sammanlagt planeras ca 210 bostadslägenheter.

Gångpassagen från Haningeterrassen mellan de högre byggnadskropparna som ansluter till pendeltågsstationen kvarstår. Detaljplanen ska utreda en förlängning av gångpassagen som innebär en ny koppling ned till sjön Rudan från Handenterminalen.

Detaljplanen innefattar dessutom två nya parkeringshus, söder om Handenterminalen respektive i anslutning till det nya punkthuset. Parkeringshusen planeras vardera omfatta ca 150 parkeringsplatser.

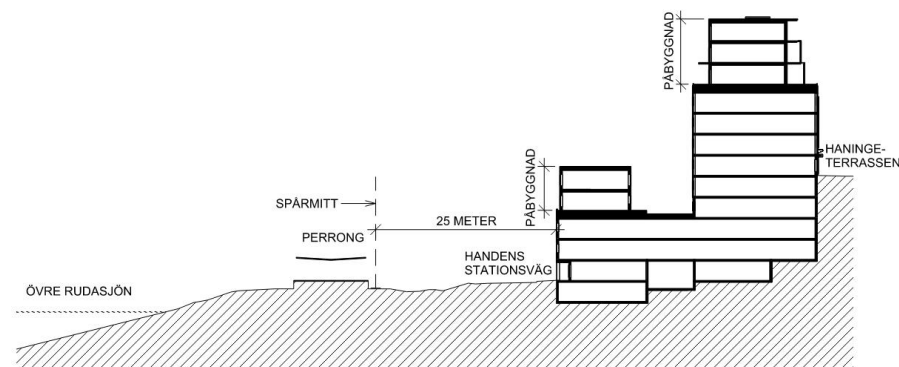
Figur 2.3 visar planerad bebyggelsestruktur inom planområdet efter föreslagen ny- och ombyggnation enligt beskrivningen ovan.



Figur 2.3. Situationsplan Söderbymalm 3:468 m.fl. (Wåhlin Arkitekter, Skissförslag daterad 2023-06-09).

Med föreslagen utformning enligt figur 2.3 blir avståndet mellan Nynäsbanan och bebyggelse som minst 25 meter (mätt från närmaste spårmitt).

Enligt avsnitt 2 ligger planområdet högre än Nynäsbanan. Figur 2.4 redovisar sektioner som visar förhållandet mellan bebyggelse och järnvägsspåren.



Figur 2.4. Sektion för Söderbymalm 3:468 m.fl. i höjd med Handenterminalen. (Wåhlin Arkitekter, Principsektion daterad 2023-06-26).

2.3 Kringliggande områden

I Handen pågår många olika detaljplaneprojekt som syftar till att skapa förutsättningar för fler bostäder, verksamheter och service. Handen ska växa genom förtätning längs befintliga gator, vilket syftar till att omvandla relativt storskaliga trafikmiljöer utmed bland annat Nynäsvägen till mer intima stadsrum. Enligt Haninge kommuns stadsutvecklingsplan planeras ca 17 000 nya bostäder i Västra Handen, Vega och Brandbergen fram till år 2050 [3]. Direkt söder om Handenterminalen ligger **Najaden** (se figur 2.1) som också ligger i suterräng och består av en terrasserad lågdel mot Nynäsbanan i väster och en högdelen upp mot busstorget i öster. 2017 vann en ny detaljplan laga kraft för Najaden som bibehöll befintlig bebyggelsestruktur, men som gjorde det möjligt för fler användningsområden utöver tidigare centrumbebyggelse. Detaljplanen medger nu bostäder kombinerat med centrumfunktioner, skola och kontor. De delar av byggnaden där detaljplanen medger bostäder föreslås att etablera ett äldreboende i den södra delen av byggnaden samt gruppboende i högdelen mellan de mellersta flyglarna. Byggnaden omfattar totala ca 50 000 m² BTA verksamhetslokaler (vilket inkluderar hotell, äldreboende och gruppboende) [4].

Öster om Handenterminalen och vidare söderut mellan Najaden och Haninge kommunhus pågår byggnationen av **Haningeterrassen** (se figur 2.1). Detaljplanen för Haningeterrassen medger dels en ny bussterminal, flerbostadshus, vårdlokaler, biograf och plats för service och handel. Detaljplanen möjliggör för drygt 450 bostäder och ca 47 000 m² verksamhetslokaler (varav ca 45 000 m² i planens norra kvarter).

Det norra kvarteret inom detaljplanen för Haningeterrassen är i första hand tänkt för verksamheter, främst specialistcentrum med vårdverksamheter, men det möjliggörs också för bostäder. Med bostäder så kommer byggrätten i det norra kvarteret att minska till ca 22 000 m² och det bedöms att ca 160 bostäder skulle kunna tillskapas [5].

Ytan mellan Handenterminalen och Najaden planeras att utföras som en utsiktsplats vid namn Tritons plats. Trappan kommer att erbjuda informella sitt- och hängplatser längs med trappan samt viloplan.

Den norra delen av planområdet angränsar i öster mot befintliga flerbostadshus (lamellhus i sju våningsplan) och vidare österut på andra sidan Nynäsvägen ligger **Haninge Centrum**. Det pågår ett planarbete för ytan mellan Haninge Centrum och Nynäsvägen som syftar till att ersätta befintligt parkeringsdäck och varumottagning för gallerian med en biograf och nya bostäder med lokaler i markplan.

På motstående sida om Nynäsbanan ligger enligt tidigare sjön Rudan. Området ingår i det som Haninge kommun utreder för att utveckla Kulturstråket vilket är tänkt som ett rekreativstråk genom Handens kulturmiljöer. I detta utvecklingsarbete utreds bl.a. planer på en strandpromenad utmed Rudans östra strand eller ett promenadstråk utmed Stationsvägen.

Det har inte identifierats några omgivande planer i närområdet som innebär tillkommande riskkällor som bedöms kunna påverka riskpåverkan för den planerade nya bebyggelsen. Exploateringen av Handen medför dock att persontätheten i området utmed Nynäsbanan ökar, vilket påverkar samhällsrisken i området i stort.

3. Riskinventering

3.1 Allmänt

Inledningsvis görs en inventering av riskkällor i anslutning till det studerade området. Riskinventeringen omfattar de riskkällor (transportleder för farligt gods, järnvägar, verksamheter som hanterar farligt gods) som kan innebära plötsliga och oväntade olyckshändelser med konsekvens för det aktuella området. Utifrån gällande riktlinjer (se avsnitt 1.5.1) avgränsas inventeringen till riskkällor inom 150 meter från planområdet.

Riskkällorna beskrivs och förekommande hantering/transport av farliga ämnen kartläggs och redovisas. Inventeringen utgör grunden för den fortsatta analysen.

3.2 Inventering av riskkällor

I det aktuella planområdets närhet har **Nynäsbanan** identifierats som riskkälla.

Nynäsvägen som passerar öster om planområdet utgör inte rekommenderad transportled för farligt gods. Det har inte identifierats några verksamheter utmed vägen som bedöms generera kontinuerliga transporter av farligt gods förbi planområdet.

Det finns inga bensinstationer inom 150 meter från planområdet. Närmaste bensinstationer ligger norr om Handens sjukhus (Circle K), ca 500 m norrut respektive vid Anna Maries väg (OKQ8), ca 1 000 m söderut. Transporter till och från dessa bensinstation förväntas inte trafikera Nynäsvägen förbi planområdet utan dessa transporter kommer sannolikt från väg 73 via Gudöbroleden (väg 260) respektive Jordbrolänken (väg 259). Nynäsvägen bedöms därmed inte utgöra någon riskkälla utmed sträckan förbi aktuellt planområde.

3.2.1 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 3.1 redovisas de olika klasserna samt typ av ämnen.

Tabell 3.1. Farligt gods indelat i olika klasser enligt RID-S (järnväg) [6].

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

3.2.2 Nynäsbanan

Allmänt

Nynäsbanan går mellan Älvsjö och Nynäshamn och passerar utmed planområdet, se figur 2.1. I höjd med planområdet ligger Handens pendeltågsstation.

På den aktuella sträckan består banan av två spår med en mellanliggande plattform. Längs den aktuella sträckan är spåren raka. På motstående sidor om pendeltågsstationen finns växlar mellan spåren.

Hastighetsbegränsning på Nynäsbanan är 140 km/h för pendeltåg och 100 km/h för godståg. Närheten till pendeltågsstationen innebär dock att åtminstone pendeltågen har en lägre hastighet utmed den aktuella sträckan.

Nynäsbanan trafikeras huvudsakligen av pendeltåg men det förekommer även godståg. På den aktuella sträckan går pendeltågen i kvartstrafik under dagtid och i halvtimmestrafik på kvällarna.

Stockholms Hamnar har nyligen byggt en ny hamn för godstrafik i Norvik i Nynäshamns kommun som öppnades 2020 (den officiella invigningen skedde dock först 2023 med hänsyn till pandemin). Hamnen har industrispåranslutning till Nynäsbanan som möjliggör godstransporter med järnväg utöver transporter på väg 73. Fullt utbyggd beräknas hamnen hantera cirka 300 000 containers per år samt en genomströmning av 200 000 fordon med rullande gods (Roll on-Roll of).

I Norvik har dessutom Nynäs raffinaderi byggt en ny terminal för naturgas (LNG-terminal). Verksamheten genererar en ökning av antalet farligt godstransporter (brännbar gas) på väg 73. Industrispåranslutning enligt ovan öppnar även upp möjligheten att transportera brännbar gas på Nynäsbanan.

Trafikmängden på Nynäsbanan har ökat relativt mycket de senaste 10-15 åren. År 2010 trafikerades sträckan av 142 pendeltåg per vardagsmedeldygn [7] och enligt uppgifter från Trafikverket för perioden 2013-2015 trafikerades sträckan av i genomsnitt 256 tåg per dygn, varav 4 godståg [8]. Öppnandet av Norvik har redan inneburit en kraftig ökning av godstrafiken. I Trafikverkets underlag för bullerutredningar presenteras en genomgående trafikmängd på svenska järnvägar år 2022 [9]. Enligt detta underlag så trafikerades sträckan av ca 200 pendeltåg och ca 10 godståg per dygn ÅDT år 2022.

Framtida förändringar

Kapaciteten på Nynäsbanan är begränsad, vilket framförallt beror på att stora delar av sträckan mellan Västerhaninge och Nynäshamn består av enkelspår. Trafikverket arbetar med att utöka kapaciteten på Nynäsbanan genom att bygga ut med dubbelspår på denna sträcka.

Baserat på upprättade basprognoser för persontåg respektive godståg så har Trafikverket tagit fram trafikprognos för den aktuella järnvägssträckan prognosåret 2040. Trafikverkets prognos år 2040 för aktuell sträcka av Nynäsbanan är 220 persontåg och 9 godståg per dygn ÅDT [9].

Utbyggnaden av Norvik kan komma att innebära en större ökning av godstrafiken på Nynäsbanan än vad som redovisas i Trafikverkets prognos. Enligt uppgifter från Trafikverket år 2018 bör hänsyn tas till att utbyggnaden av Norvik kan innebära en ökning med ca 12 godståg per dygn på Nynäsbanan jämfört med dåvarande godstrafik (ca 4 godståg per dygn enligt ovan) [8]. Prognosen för år 2040 skulle då innebära 220 persontåg och sammanlagt upp till $4+12=16$ godståg per dygn.

Transporter av farligt gods

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

Vilka ämnen som faktiskt transporteras på Nynäsbanan och i vilken mängd finns det i dagsläget dock ingen samlad information om. Det har genomförts ett antal kartläggningar som ger information om vad som har transporterats/transporteras under vissa perioder:

- Uppgifter över mängden farligt gods som transporterades på Nynäsbanan under år 2013-2015 har erhållits från Trafikverket [10]. Informationen är av känslig art och får därför inte presenteras i detalj i denna analys. Av uppgifterna framgår att ca 5 % av alla godsvagnar på Nynäsbanan rymde farligt gods samt att det är ämnen i klass 2 och klass 3 som transporteras.
- Utöver statistik från Trafikverket har MSB (tidigare Räddningsverket) genomfört mätningar av mängden farligt gods som transporterades på Sveriges järnvägar under perioden september-november 1996 samt under september 2006. Kartläggningen 1996 [11] redovisade inga transporter av farligt gods på Nynäsbanan medan motsvarande kartläggning 2006 [12] redovisade transporter av:
 - Klass 2.1: 0 – 5 200 ton/månad
 - Klass 3: 0 – 8 700 ton/månad
 - **Totalt: 0 – 10 000 ton/månad**
- Det finns dessutom information om Green Cargos transporter på aktuell sträcka av Nynäsbanan under perioden mars-maj 2005 [13]. Green Cargo utgör en av de större transportörerna av gods på Sveriges järnvägar. Statistiken redovisar följande transporter av farligt gods på Nynäsbanan:
 - Klass 2.1: 414 ton/kvartal
 - Klass 3: 1 824 ton/kvartal
 - **Totalt: 2 238 ton/kvartal**
- Trafikanalys upprättar årliga statistikrapporter över den totala godstrafiken på Sveriges järnvägar inklusive farligt gods. Enligt denna statistik har i genomsnitt 4-5 % av den totala godsmängden varit farligt gods under femårsperioden, 2017-2021 [14].

Framtida förändringar: Enligt avsnittet ovan utreder Trafikverket en kapacitetsökning på Nynäsbanan. Tillsammans med den nya hamnen för godstrafik i Norvik förväntas godstrafiken på Nynäsbanan öka kraftigt.

I en miljöriskanalys som gjordes i samband med planarbetet för Norviks hamnen uppskattades att Norvik, vid fullt utbyggd hamn, skulle generera totalt cirka 55 000 godsvagnar per år på Nynäsbanan (25 000 järnvägsvagnar med containrar och 3 000 järnvägsvagnar som går som ro-ro-trafik på järnvägsfärjor) [10]. Av dessa bedömdes cirka 1 280 vagnar (ca 1,5 % av containrar och 3 % av vagnarna på järnvägsfärjorna) omfatta farligt gods ur samtliga klasser förutom klass 1 och klass 7. Detta motsvarar i genomsnitt ca 2,5 % av det totala antalet godsvagnar. Vidare antas det att den prognostiserade ökningen av godstrafik till följd av utbyggnaden av Nynäsbanan även omfattar farligt gods i motsvarande takt.

Sammanställning: Utifrån ovanstående underlag görs en uppskattning av antalet vagnar med farligt gods per år på Nynäsbanan fördelat på respektive klass, se tabell 3.2.

Med hänsyn till osäkerheterna i MSB:s och Green Cargos kartläggningar för Nynäsbanan p.g.a. begränsade tidsperioder samt mycket omfattande intervall kommer uppskattningen att utgå från den nationella statistiken från Trafikanalys. Det antas därmed att ca 5 % av den totala godsmängden per år utgör farligt gods. Även fördelningen mellan respektive farligt godsklass utgår från Trafikanalys nationella statistik. Dock görs några mindre justeringar. Syftet med dessa justeringar är framförallt att den nationella statistiken inte har visat på några, eller extremt få, transporter av klass 1 (explosiva ämnen) under den studerade femårsperioden. För att inte underskatta riskbidraget från olycksscenarioer förknippade med explosivämnen så antas det konservativt att klass 1 utgör maximalt 0,1 % av det totala antalet farligt godsvagnar.

Den totala mängden farligt gods samt fördelningen mellan farligt godsklasserna för prognosåret 2040 utgår från en kombination av Trafikanalys nationella statistik (för Trafikverkets officiella trafikprognos) och prognostiserade trafikmängder för Norvik.

Ovanstående antagande gäller godstrafiken på Nynäsbanan före öppnandet av Norviks hamn. Enligt ovan så förväntas andelen farligt gods i de tillkommande transporterna till/från hamnen på Nynäsbanan vara lägre än det nationella genomsnittet (ca 2,5 %). Det nationella genomsnittet kommer därför att användas för godstågen före öppnandet av Norvik (ca 4 godståg per dygn enligt ovan) medan tillkommande godståg från 2020 och framåt utgår från prognostiserade mängder farligt gods för Norvik (ca 12 godståg per dygn år 2040).

Godståg på den aktuella järnvägssträckan utgör i genomsnitt 10-14 godsvagnar per tåg. Enligt uppgifterna ovan så kommer detta även gälla för de tillkommande godstågen till och från Norvik.

Tabell 3.2. Uppskattat antal vagnar med farligt gods per år på aktuell del av Nynäsbanan prognosår 2040.

Klass	Antal godsvagnar med farligt gods per år	
	Andel	Antal
1	0,04%	1
2	17,1%	382
3	29,8%	666
4	2,8%	62
5	9,9%	222
6	4,7%	106
7	0,0%	0
8	22,8%	509
9	12,9%	288
Totalt		2 235

4. Inledande riskanalys

4.1 Metodik

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

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

Utifrån de kvalitativa bedömningarna av sannolikhet och konsekvenser görs sedan en sammanvägd bedömning av huruvida identifierade olycksrisker kan påverka risknivån inom aktuellt planområde. För olycksrisker som anses kunna påverka risknivån inom planområdet genomförs en fördjupad (kvantitativ) riskanalys, se vidare avsnitt 5. Olycksrisker som med hänsyn till små konsekvenser och/eller låg sannolikhet ej anses påverka risknivån inom planområdet bedöms vara acceptabla och bedöms därför ej nödvändiga att studera vidare i en fördjupad analys.

4.2 Identifiering av olycksrisker

Utifrån riskinventeringen är bedömningen att det är följande riskkällor som kan medföra olyckshändelser med möjlig konsekvens för det aktuella planområdet.

Nynäsbanan:

1. Urspårning
2. Tågbrand
3. Olycka med farligt gods

4.3 Kvalitativ uppskattning av risk

4.3.1 Urspårning

Det är relativt vanligt att tåg spårar ur. I de allra flesta fall hoppar dock bara ett hjulpar av rälen och tåget stannar kvar inom spårområdet. Beroende på tågets hastighet och längd, rälsens kvalitet, förekomst av främmande föremål på spåret, omgivningens topografi etc. kan tåget dock spåra ur och hamna längre från spåret. Urspårning utgör den absolut mest sannolika olyckshändelsen med tågtrafik.

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

Vid en nivåskillnad där järnvägsspåret ligger lägre än kringliggande områden bedöms skadeavståndet begränsas markant jämfört med om järnvägen ligger i nivå med omgivningen.

Avståndet mellan planerad bebyggelse och närmaste spår blir som minst ca 25 meter. Nivåskillnaden mellan planområdet och järnvägen innebär en kraftig reducering av riskbidraget från urspårning inom området, vilket innebär att den sammanvägda risknivån förknippad med urspårning bedöms vara mycket låg.

En urspårning innebär en mycket begränsad påverkan på risknivån inom området för ny bebyggelse med hänsyn till avstånd och nivåskillnad. Avståndet mellan bebyggelse och närmaste spår överstiger skadeavståndet vid en urspårning. Utifrån ovanstående beskrivning görs bedömningen att urspårning inte utgör någon risk som behöver beaktas vidare i den fortsatta planprocessen.

4.3.2 Tågbrand

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

Skadeområdet vid brand i ett pendeltåg bedöms vara begränsat. Med hänsyn till avståndet mellan järnvägen och planerad bebyggelse bedöms en persontågsbrand ej innebära risk för brandspridning till området. Brand i persontåg bedöms därför ha en mycket begränsad påverkan på risknivån inom planområdet.

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

Avståndet mellan bebyggelse och närmaste spår blir som minst ca 25 meter. Avståndet ger ett betryggande skydd mot brandspridning till planerad bebyggelse vid en tågbrand. Den sammanvägda risknivån förknippad med tågbrand bedöms vara mycket låg inom hela planområdet.

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

4.3.3 Olycka med farligt gods

Som tidigare nämnts delas farligt gods in i nio olika klasser utifrån RID-S [6].

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

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

Klass	Konsekvensbeskrivning
1. Explosiva ämnen	Riskgrupp 1.1: Risk för massexplosion. Konsekvensområden kan vid stora mängder (≥ 2 ton) överstiga 50-200 meter. Begränsade områden vid mängder under 1 ton. Riskgrupp 1.2-1.6: Ingen risk för massexplosion. Risk för splitter och kaststycken. Konsekvenserna normalt begränsade till närområdet.
2. Gaser	Klass 2.1: Brännbar gas: jetflamma, gasmolnexplosion, BLEVE. Konsekvensområden mellan ca 20-200 meter. Klass 2.2: Icke brännbar, icke giftig gas: Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan. Klass 2.3: Giftig gas: Giftigt gasmoln. Konsekvensområden över 100-tals meter.
3. Brandfarliga vätskor	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvensområden vanligtvis inte över 40 m.
4. Brandfarliga fasta ämnen m.m.	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.

Tabell 4.1. Forts.

Klass	Konsekvensbeskrivning
5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Självantändning, explosionsartade brandförlopp om väteperoxidlösningar med konc. > 60 % eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material. Skadeområde ca 70 m radie.
6. Giftiga ämnen	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet.
7. Radioaktiva ämnen	Utsläpp av radioaktivt ämne, kroniska effekter mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
8. Frätande ämnen	Utsläpp av frätande ämne. Konsekvenser begränsade till närområdet.
9. Övriga farliga ämnen	Utsläpp. Konsekvenser begränsade till närområdet.

Utifrån beskrivningen ovan bedöms det vara ämnen ur följande klasser som kan vara relevanta att beakta vid bedömning av risknivån för det aktuella planområdet:

- 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 är begränsade till det absoluta närområdet och bedöms därför inte påverka risknivån inom planområdet.

4.4 Slutsats inledande riskanalys

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

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

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

Avståndet och nivåskillnaden mellan Nynäsbanan och ny bebyggelse innebär ett betryggande skydd med avseende på urspårning och tågbrand. För att erhålla ett fullständigt resultat avseende riskberäkningarna (individrisk och samhällsrisk) för det aktuella planområdet kommer den fördjupade riskbedömningen dock även beakta urspårning och tågbrand.

5. Fördjupad riskanalys

5.1 Allmänt

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

5.1.1 Beräkning av frekvens och konsekvenser

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

Beräkningarna redovisas i sin helhet i bilagorna A och B.

5.1.2 Sammanvägning av risk

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

Individrisk är den risk som en enskild person utsätts för genom att vistas i närheten av en riskkälla. Individrisken redovisas som platsspecifik individrisk. Detta görs i form av individriskkonturer som visar frekvensen för att en fiktiv person på ett visst avstånd omkommer till följd av en exponering från den studerade riskkällan.

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

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

Samhällsrisk beräknas utifrån förutsättningar och antaganden rörande bebyggelsestruktur, byggnadsutformning, topografi etc.

Enligt avsnitt 5.1.3 avser acceptanskriterierna för samhällsrisk 1 km² med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km järnväg.

Samhällsrisk beräknas därmed för det studerade området samt omgivande bebyggelse. Konsekvensberäkningarna avseende antal omkomna kommer därför att omfatta både det studerade planområdet samt omgivande bebyggelse.

Konsekvenserna kommer att beräknas för planerat utförandealternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom det studerade området. Samhällsrisk har dessutom beräknats för ett nollalternativ, som innebär befintliga förhållanden inom det aktuella planområdet.

Riskberäkningar redovisas i bilaga C och i avsnitt 5.2.

5.1.3 Värdering av risk

För att avgöra om de beräknade risknivåerna är acceptabla eller inte så jämförs de mot angivna acceptanskriterier.

Vilken risknivå som kan betraktas som acceptabel är inte entydigt specificerat eller uttryckt i någon idag gällande lagstiftning. I publikationen *Värdering av risk* [15] ges förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk vilka rekommenderas av Länsstyrelsen i Stockholms län och som därför används i denna analys, se tabell 5.1.

Tabell 5.1. Förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk.

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

De acceptanskriterier som används för värdering av risk i denna riskanalys omfattar en lägre och en övre gräns. Risker som hamnar under den lägre gränsen är acceptabla och innebär normalt inga krav på åtgärder. Risker som hamnar över den övre gränsen är oacceptabla och ska reduceras genom åtgärder eller restriktioner.

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

1. Till att börja med är det viktigt att beakta att omfattningen av riskreducerande åtgärder normalt är beroende av den planerade verksamheten, d.v.s. acceptansnivån varierar något mellan olika verksamheter och markanvändning. Detta gäller framförallt avseende individrisk. Individrisken beräknas normalt under antagandet att en individ är kontinuerligt närvarande på en given plats. Enligt *Värdering av risk* [15] bör dock vissa korrigeringar göras av beräknade risknivåer avseende vissa individer i verkligheten inte är kontinuerligt närvarande. För arbetare kan t.ex. individrisken reduceras med en faktor 4. För personer i rekreationsområden kan individrisken reduceras med en faktor 10. För boende görs ingen korrigering.

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

2. Rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder beror även på inom vilken del av ALARP som risknivån ligger. Enligt *Värdering av risk* [15] så bör en rimlig utgångspunkt vara att risker som ligger inom den övre delen av ALARP-området, d.v.s. nära gränsen för "oacceptabla risker" endast tolereras om nyttan med verksamheten anses mycket stor och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av ALARP-området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Underlåtenhet att genomföra ytterligare åtgärder skall då motiveras.

5.1.4 Hantering av osäkerheter

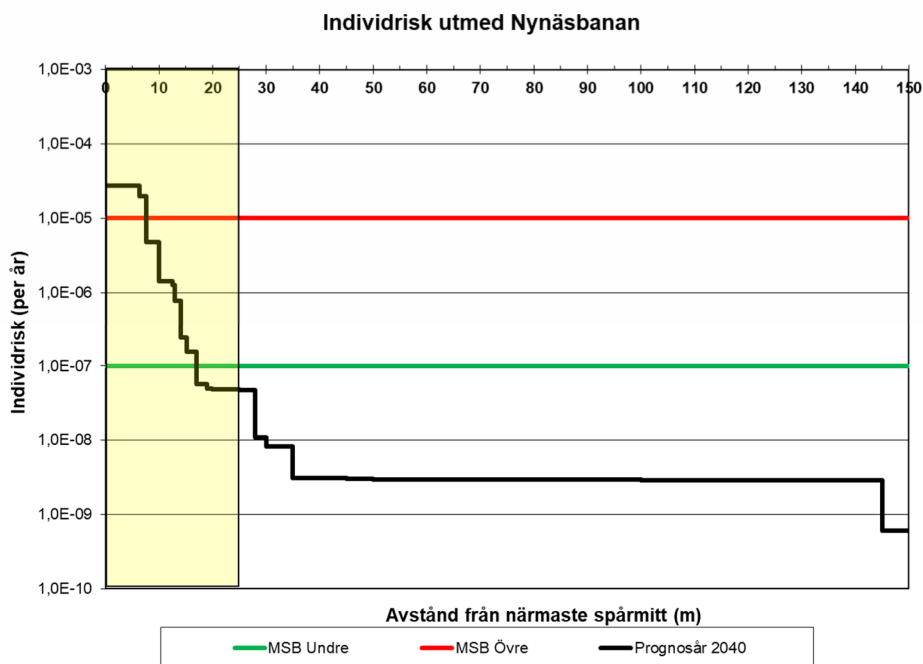
Risken analysen utgår från underlag som innefattar relativt omfattande osäkerheter, främst med avseende på antalet transporter av farligt gods. I avsnitt 5.4 redovisas en ytterligare diskussion kring hanteringen av ovanstående osäkerheter m.m. samt hur detta inverkar på analysens resultat. För att studera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

5.2 Resultat riskberäkningar

5.2.1 Individrisk Nynäsbanan

Nedan redovisas den beräknade risknivån inom områden utmed Nynäsbanan. Individrisken presenteras för oskyddade personer utomhus (se figur 5.1).

Individrisken redovisas för prognosår 2040. Avståndet i diagrammet utgår från spårmittpå järnvägens närmaste spår.



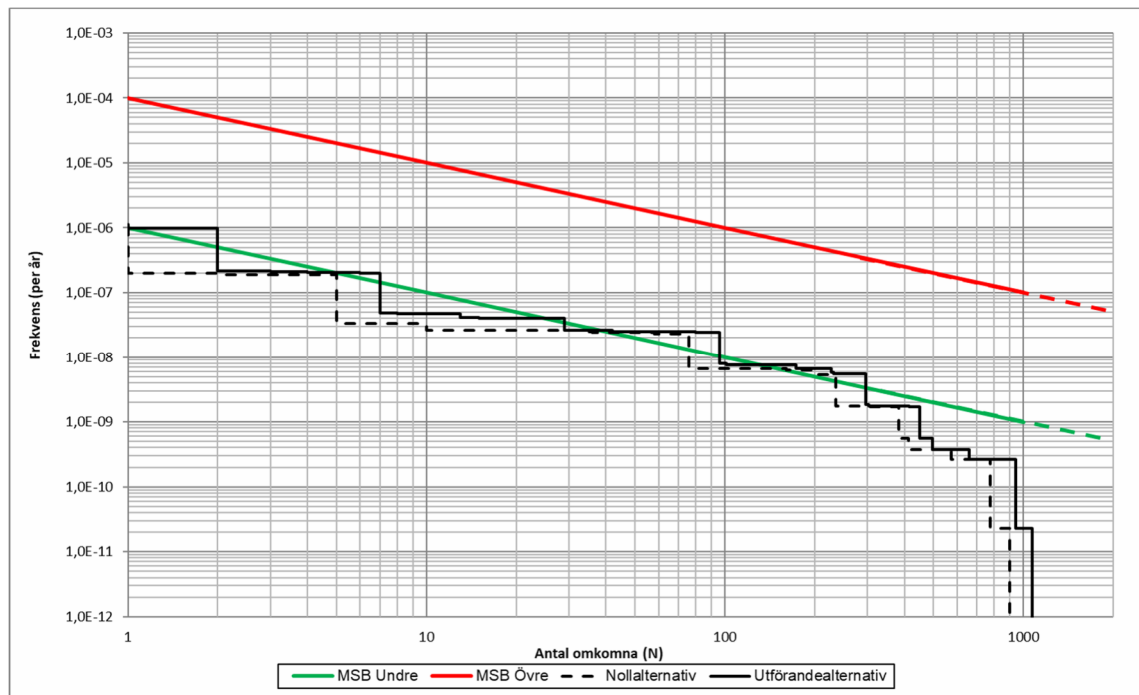
Figur 5.1. Individrisk för oskyddad person som funktion av avståndet från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmittpå).

5.2.2 Samhällsrisk

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

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

Samhällsrisken redovisas för prognosår 2040.



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

5.3 Värdering av risk

5.3.1 Individrisk

Med avseende på individrisk bedöms olycksriskerna förknippade med trafiken på Nynäsbanan hamna inom ALARP inom knappt 20 meter från närmaste spårmittpunkt. Inom ca 10 meter från Nynäsbanan så hamnar individrisken på en oacceptabel nivå. De olycksrisker som främst bidrar till att individrisken ligger inom ALARP samt på en oacceptabel nivå utgörs av urspårning, brand i godståg samt olycksrisker förknippade med brandfarliga vätskor.

Inom den södra delen av planområdet där järnvägen ligger lägre än omgivningen är individrisken något lägre eftersom nivåskillnaden begränsar sannolikheten för att en urspårning påverkar omgivningen utanför spårområdet.

I figur 5.1 markeras minsta avstånd mellan Nynäsbanans närmaste spårmittpunkt och planerad bebyggelse, ca 25 meter. Med avseende på individrisk anses risknivån vara acceptabel inom aktuella områden där bebyggelse planeras, både utomhus och inomhus.

5.3.2 Samhällsrisk

Samhällsriskerna från olycksriskerna förknippade med trafiken på Nynäsbanan ligger generellt på en acceptabel nivå. Den planerade bebyggelsen medför dock att samhällsriskerna delvis tangerar, eller ligger inom den nedre halvan av ALARP för konsekvenser.

De olycksrisker som bidrar till att samhällsriskerna hamnar inom ALARP utgör olycksrisker förknippade med brandfarliga vätskor och brännbara gaser. Olycksrisker förknippade med övriga farligt godstransporter samt urspårning och tågbrand bedöms ha en begränsad påverkan på samhällsrisknivån.

Vid jämförelse mot nollalternativet så kan det konstateras att den planerade bebyggelsen har en stor påverkan på samhällsriskerna inom planområdet. För nollalternativet med befintlig bebyggelsestruktur inom planområdet så ligger samhällsriskerna på en acceptabel nivå. Det bör noteras att samhällsriskerna för nollalternativet baseras på potentiella förutsättningar inom området enligt gällande detaljplan, vilken medger ombyggnation och anpassning av befintlig bebyggelse som kan innebära en högre personbelastning än nuvarande belastning.

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

5.4 Hantering av osäkerheter

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

Vid beräkning av olycksfrekvenser har olyckskvoter för urspårning med persontåg respektive godståg hämtats från beräkningsmetod utgiven av den europeiska järnvägsunionen, *UIC Code 777-2 R* [16]. I tidigare riskanalyser som utförts för detaljplaner längs med Nynäsbanan har frekvensberäkningar utförts enligt den metodik som presenteras i rapport *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [17]. Med avseende på att olyckskvoterna som ligger till grund för beräkning av urspårning skiljer sig åt mellan de olika metoderna kommer följaktligen beräknade olycksfrekvenser för respektive sluthändelse att variera beroende av val av beräkningsmetodik.

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

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

Utförd känslighetsanalys påvisar följande:

- Även vid en mycket kraftig ökning av antalet godståg och antalet farligt godsvagnar på Nynäsbanan så hamnar samhällsriskerna inom den nedre halvan av ALARP. Samhällsriskerna hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.
- Att använda en annan mer konservativ beräkningsmetodik för frekvensberäkningarna (VTI) skulle medföra en begränsad skillnad i risknivån utmed den aktuella sträckan bortsett från skadescenarier förknippade med urspårning med persontåg där olycksfrekvensen ökar relativt kraftigt. Med hänsyn till utformningen av omgivningen utmed sträckan och avståndet till kringliggande bebyggelse så medför dessa skadescenarier dock mycket begränsad risk för omkomna till händelse av denna typ av olycka. Påverkan på samhällsriskerna blir därför begränsad. Samhällsriskerna hamnar inom den nedre halvan av ALARP. Samhällsriskerna hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.
- Att använda beräkningsmetodiken enligt VTI påverkar individrisken och innebär ett ökat avstånd från järnvägen där individrisken hamnar inom ALARP. På ett avstånd om ca 30 meter från järnvägens spår kommer individrisknivån dock ändå fortfarande vara acceptabel. Individrisknivån i anslutning till planerad byggnad, som planeras minst 40 meter närmaste spår, är därmed att betrakta som acceptabel även med en konservativ beräkningsmetodik.
- En kraftig ökning av konsekvenserna för respektive skadescenario bedöms också ha en begränsad påverkan på resultatet. Samhällsriskerna förskjuts något, men hamnar fortfarande på en acceptabel nivå eller delvis inom den nedre halvan av ALARP. Samhällsriskerna hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.

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

6. Säkerhetshöjande åtgärder

6.1 Allmänt

Enligt den fördjupade riskanalysen bedöms risknivån för det studerade planområdet vara så hög att riskreducerande åtgärder ska beaktas vid exploatering.

Åtgärdernas omfattning behöver dock diskuteras, då acceptansnivån är beroende av markanvändning samt avstånd till den aktuella riskkällan. Dessutom behöver bedömningen av åtgärder beakta vilket bidrag till risknivån som respektive olycksrisk innebär. I avsnitt 5.3 redovisas vilka olycksrisker som innebär störst bidrag till den sammanlagda riskbilden inom planområdet.

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

Respektive avsnitt inleds med en generell beskrivning av restriktionerna och åtgärder. I kursiv text redovisas en specifik bedömning för det aktuella området. I avsnitt 6.4 redovisas en sammanställning av vilka restriktioner och åtgärder som rekommenderas för det aktuella projektet.

6.2 Allmänna åtgärder

6.2.1 Planering och placering av ny bebyggelse samt markanvändning

Riktlinjer

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

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

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

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

Bedömning utifrån studerat planförslag

Ny bebyggelse: Planerad ny bebyggelse innebär ett avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd mätt från närmaste spår (50 meter för bostäder enligt figur 1.1). Ny bostadsbebyggelse planeras 25 meter från Nynäsbanans närmaste spår. Med avseende på individrisk anses risknivån vara acceptabel inom aktuella områden där bebyggelse planeras.

Utifrån samhällsrisikberäkningen görs bedömningen att planerad exploatering och föreslagna avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd kan accepteras. Kompletterande byggnadstekniska åtgärder behöver dock vidtas med hänsyn till gällande risknivåer, se avsnitt 6.3.

Befintlig bebyggelse: Befintliga byggnader ligger ca 25 meter från Nynäsbanan. Markanvändning enligt gällande detaljplan från 1970 är C – område för centrumbildande funktioner.

Den nya detaljplanen bör utgå från nu gällande lagstiftning och riktlinjer även för befintlig bebyggelse. Baserat på detta konstateras att befintlig bebyggelse innebär avsteg från de av Länsstyrelsen rekommenderade skyddsavstånden. Eftersom den nya detaljplanen medger bebyggelse som inte uppfyller Länsstyrelsens skyddsavstånd på 30 meter till kontor och verksamheter rekommenderas att kompletterande byggnadstekniska åtgärder regleras i ny detaljplan.¹

Obebyggda ytor: För att reducera risken för konsekvenser vid en olycka på järnvägen så rekommenderas att obebyggda ytor mellan järnvägen och bebyggelse öster om Nynäsbanan utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Med hänsyn till den höga risknivån bör delarna av planområdet väster om Nynäsbanan utformas så att ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse placeras så att avståndet är minst 25 meter till närmaste spårmittpunkt.

Rekommendationen avser allmänna gemensamma ytor. Exempel på lämplig markanvändning inom ytor som inte ska uppmuntra till stadigvarande vistelse är gång- och cykelväg, lokalgata, markparkering, naturområden, park samt områden som skyddar mot störning, exempelvis bullervall och plantering.

Publika verksamheter kopplade till pendeltågstationen inom 25 meter från järnvägen alternativt på övergång över järnvägen anses vara acceptabla och föranleder ej krav på säkerhetshöjande åtgärder. Detta förutsätter att verksamheterna omfattar någon form av resandeservice (t.ex. väntytta, kiosk, mindre restauranger eller caféer med begränsat antal sittplatser).

Brygga och gångväg på sjösidan med enstaka parkbänkar anses vara acceptabel och föranleder ej krav på säkerhetshöjande åtgärder. Det rekommenderas däremot att större samlingsytor undviks med hänsyn till risknivån samt svårigheter att evakuera platsen vid en eventuell olycka på järnvägen.

¹ Observera att planbestämmelser enligt en ny detaljplan inte gäller retroaktivt för befintlig bebyggelse. Det är först när en åtgärd ska utföras som detaljplanens nya krav blir gällande. Detaljplanens bestämmelser gäller alltså på samma sätt vid nybyggnad som vid förändring av befintlig bebyggelse och nya planbestämmelser aktualiseras först i samband med att bygglov söks. Under förutsättning att man inte utför ändringar som föranleder nytt bygglov inom befintliga byggnader som ligger närmast järnvägen så bör formuleringen av planbestämmelser inte innebära några krav på kompletterande åtgärder.

Enligt avsnitt 5.3.2 skulle befintlig bebyggelse innebära en samhällsrisik som hamnar på en acceptabel nivå även om bebyggelsen omfattas av en relativt omfattande ombyggnation och anpassning som skulle innebära en högre personbelastning än nuvarande belastning. För att uppnå en rimlig riskhänsyn för befintlig bebyggelse så föreslås att detta beaktas vid förändringar av befintlig bebyggelse som kan föranleda nytt bygglov enligt ny detaljplan men ej bedöms påverka personbelastningen i någon större utsträckning.

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

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

För att tillgodose att avstånden mellan riskkällor och bebyggelse motsvarar föreslagen situationsplan behöver detta anges som krav i detaljplan, se vidare avsnitt 6.4.

6.3 Byggnadstekniska åtgärder

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

6.3.1 Allmänt om utformning av ny bebyggelse

Riktlinjer

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

Bedömning utifrån studerat planförslag

Ovanstående innebär att bebyggelse inom planområdet som vetter direkt mot Nynäsbanan (d.v.s. ingen framförliggande bebyggelse eller avskärmning) och som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd ska utformas med åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från järnvägen.

Det rekommenderas att denna utrymningsväg utgörs av "normal" entré för att på så sätt ta hänsyn till personers benägenhet att utrymma samma väg som de kom in. Om huvudentréer skulle planeras mot riskkällan så är det viktigt att utrymningsvägarna bort från riskkällan är lätta att identifiera och nyttja. Trapphus som mynnar mot järnvägen bör utföras genomgående så utrymning möjliggörs bort från riskkällan.

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

Utrymning via fönster med räddningstjänstens stegutrustning uppfyller inte syftet med ovanstående åtgärdsförslag. Vidare bör det beaktas att om utrymningsstrategin från byggnader utformas med tillgång till enbart utrymningsvägar, som utgörs av trapphus som vetter mot riskkällan, så behöver fasaden mot riskkällan utformas så att strålningsnivån på utrymmande inte överstiger 2,5 kW/m² vid ett brandscenario med brännbara gaser eller brandfarliga vätskor.

För att säkerställa att utrymning kan ske på tillfredställande sätt vid en olycka på Nynäsbanan bör detta säkerställas i plankartan, se vidare avsnitt 6.4.

6.3.2 Skydd mot brandspridning

Riktlinjer

För att minska sannolikheten att en brand (olycka med brännbar gas, brandfarlig vätska m.m.) sprider sig in i byggnader nära riskkällan innan människor i byggnaden har hunnit utrymma kan fasader som vetter mot riskkällan utföras i material som förhindrar brandspridning in i byggnaden under den tid det tar att utrymma. Som ett riktvärde bör brandspridning begränsas i åtminstone 30 minuter för att säkerställa utrymningen. Hur omfattande kraven behöver vara för att erhålla skydd mot brandspridning är beroende av avståndet mellan byggnad och riskkälla. Nivåskillnader och framförliggande bebyggelse och barriärer behöver också beaktas.

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

Bedömning utifrån studerat planförslag

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

För att ytterligare begränsa risken för brandspridning in i byggnader rekommenderas att fasader som vetter direkt mot Nynäsbanan (d.v.s. ingen framförliggande bebyggelse eller avskärmning) ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktioner som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30. Fönster i fasader som vetter direkt mot Nynäsbanan bör utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Åtgärdsförslaget gäller för bebyggelse som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (d.v.s. 50 meter för bostäder och centrumverksamheter respektive 30 meter för kontor och parkeringshus). Det föreslås att åtgärden anges som krav i detaljplan, se avsnitt 6.4.

Åtgärderna ovan omfattar första raden byggnader närmast järnvägen. Planerad ny bostadsbebyggelse ovan på terminalbyggnadens lågdel innebär en avskärmade barriär mot bakomliggande högdel, trots höjdskillnaden.

Det är tillåtet att utföra aktuella fönster öppningsbara. Bedömningen utgår från en sammanvägning av risknivån samt att sannolikheten uppskattas vara låg för att fönster är öppna under längre tid. Det ska observeras att krav på brandklassade fönster enligt BBR generellt innebär att fönstren endast får vara öppningsbara med verktyg, nyckel eller liknande för att möjliggöra underhåll och rengöring. Det är därför väsentligt att det framgår i detaljplan

eller i planbeskrivning att aktuella fönster tillåts vara öppningsbara även utan verktyg, nyckel eller liknande. Om detta inte framgår finns risk för att det i byggprocessen uppstår problem om krav på brandklassade fönster formuleras utifrån krav i BBR.

6.3.3 Skydd mot spridning av gaser

Riktlinjer

Beroende på gastyp går det att reducera konsekvenserna inomhus genom att vidta ventilationstekniska åtgärder för att begränsa risken för spridning av brandgaser samt brännbara och giftiga gaser in i byggnader. De åtgärder som ofta föreslås innebär att friskluftsintag placeras mot sidor med bra luftkvalitet och dit det är mindre sannolikt att gasen sprids vid ett eventuellt gasutsläpp på den närliggande riskkällan, t.ex. bort från riskkällan alternativt på tak. Om ventilationssystemet utförs mekaniskt så kan det dessutom utformas så att det på ett enkelt sätt kan stängas av, genom exempelvis central nödavstängning.

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

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

Bedömning utifrån studerat planförslag

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

Med hänsyn till rimligheten i att vidta åtgärder i förhållande till riskbidraget och risknivå samt de planerade verksamheterna inom det studerade området så rekommenderas att åtgärder som skyddar mot gasspridning vid olycka på Nynäsbanan vidtas för bebyggelse som vetter direkt mot Nynäsbanan (d.v.s. ingen framförliggande bebyggelse eller avskärmning). Åtgärdsförslaget gäller för bebyggelse som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (d.v.s. 50 meter för bostäder och centrumverksamheter respektive 30 meter för kontor och parkeringshus).

Det rekommenderas att åtgärderna anges som krav i detaljplan, se avsnitt 6.4.

6.3.4 Skydd mot explosion

Riktlinjer

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

på seghet/deformationsförmåga i stommen samt att stommen klarar bortfall av delar av bärningen.

Ytterligare säkerhetshöjande åtgärder är att fönster förses med härdat och laminerat glas alternativt trycktåligt glas. Detta förhindrar att människor innanför fönster skadas till följd av att glas trycks in i byggnaden till följd av tryckvågen.

Bedömning utifrån studerat förslag

Ovanstående åtgärdsförslag innebär stor begränsning i byggmetod och materialval samt innebär stora kostnader.

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

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

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

6.3.5 Skydd mot urspårning

Riktlinjer

För att förhindra att ett urspårat tåg kör in i byggnader eller persontäta områden utomhus kan olika byggnadstekniska åtgärder vidtas som alternativ eller som komplement till skyddsavstånd. Exempelvis kan byggnadens konstruktioner förstärkas så att den klarar påkörning utan att bärande konstruktioner skadas alternativt kan en mur/vägg eller dylikt (minst 1,5-2 meter hög över RÖK²) uppföras mellan byggnader och spår.

Konstruktioner ska dimensioneras utifrån gällande krav för konstruktioner över, eller i anslutning till trafikerade järnvägsspår, enligt SS-EN 1991-1-7:2006 (Eurokod 1-7). Detaljerad vägledning om de bakomliggande kraven i Eurokod finns i *UIC Code 777-2 R – Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone* [16].

Som alternativ eller komplement till byggnadstekniska åtgärder kan åtgärder även vidtas på järnvägen, t.ex. kan de yttersta spåren utföras med urspårningsskydd i form av antingen skyddsräll alternativt förhöjd kantbalk. Urspårningsskydd ska utföras i enlighet med Trafikverkets föreskrifter BVF 586.65 [18].

² RÖK = Rälsöverkant

Bedömning utifrån studerat planförslag

Enligt den fördjupade riskbedömningen så har urspårningsscenarier förknippade med Nynäsbanan en begränsad påverkan på risknivån inom planområdet, även avseende worst case scenario. Pendeltågen kommer att hålla låg hastighet utmed den aktuella sträckan i och med att de stannar vid stationen. Det är endast inom ca 20 meter som urspårning påverkar risknivån. Dessutom är det en nivåskillnad mellan järnvägen och planerad ny bebyggelse, vilket utgör en naturlig skyddsbarriär mot urspårning.

De åtgärdsförslag som anges ovan bedöms vara relativt svåra och kostsamma att genomföra. I avsnitt 6.2.1 rekommenderas ett skyddsavstånd på minst 25 meter mellan närmaste spår och bebyggelse samt till obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse. De rekommenderade skyddsavstånden ger ett betryggande skydd mot nära samtliga potentiella urspårningsscenarier.

Med hänsyn till det begränsade riskbidraget samt föreslagna skyddsavstånd bedöms det inte vara rimligt att ställa krav på ytterligare åtgärder som skyddar mot urspårning vid ny detaljplan.

6.4 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning

Vid bebyggelse och förändrad markanvändning inom det aktuella planområdet rekommenderas att följande restriktioner och byggnadstekniska åtgärder vidtas (kursiv text omfattar förtydligande kommentarer om särskilda förutsättningar):

- Bebyggelse ska placeras så att avstånden till närmaste spår på Nynäsbanan inte understiger 25 meter.

Publika verksamheter kopplade till pendeltågstationen inom 25 meter från järnvägen alternativt på övergång över järnvägen anses vara acceptabla och föranleder ej krav på säkerhetshöjande åtgärder. Detta förutsätter att verksamheterna omfattar någon form av resandeservice (t.ex. väntyta, kiosk, mindre restauranger eller caféer med begränsat antal sittplatser).

- Obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (t.ex. lekplatser, utegym, uteserveringar m.m.) ska placeras så att avstånden är minst 25 meter till närmaste spårmitt. Ytorna mellan ny bebyggelse och Nynäsbanan bör utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

Kommentar: Brygga och gångväg på sjösidan med enstaka parkbänkar anses vara acceptabelt och föranleder ej krav på säkerhetshöjande åtgärder. Det rekommenderas däremot att större samlingsytor undviks med hänsyn till risknivån samt svårigheter att evakuera platsen vid en eventuell olycka på järnvägen.

- Bostadsbebyggelse och centrumverksamheter inom 50 meter samt kontorsbebyggelse och parkeringshus inom 30 meter från järnvägens närmaste spår där byggnaderna vetter direkt mot Nynäsbanan utan framförliggande bebyggelse ska utföras med följande åtgärder:

- Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från Nynäsbanan.
- Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Nynäsbanan alternativt på byggnadernas tak.
- Fasader som vetter direkt mot Nynäsbanan ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
- Fönster i fasader som vetter direkt mot Nynäsbanan ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.

De byggnadstekniska åtgärderna gäller för ny bebyggelse eller vid förändring av befintlig bebyggelse som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (se figur 1.1). Avståndet ska mätas från närmaste spårmitt.

Observera att planbestämmelser i ny detaljplan aktualiseras först i samband med att bygglov söks, se fotnot i avsnitt 6.2.1.

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

6.4.1 Åtgärdernas riskreducerande effekt

De åtgärder som redovisas ovan bedöms ha följande effekt inom planområdet (se även utförligare beskrivning i bilaga C):

- Begränsning av sannolikheten för att personer utsätts för en förhöjd risknivå under längre tidsperioder genom att tillgodose skyddsavstånd till ny bebyggelse samt områden med stadigvarande vistelse utomhus.
- Begränsning av möjligheten för att oskyddade personer skadas utomhus inom områden med förhöjd risknivå genom att tillgodose skyddsavstånd till områden med stadigvarande vistelse.
- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av eventuella gasutsläpp genom skyddsavstånd i kombination med ventilationstekniska åtgärder.
- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av en större utvändig brand genom skyddsavstånd.
- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av urspårning genom skyddsavstånd.
- Ökad möjlighet för personer att utrymma byggnader innan kritiska förhållanden uppstår inomhus till följd av en olycka på angränsande järnväg eller transportled för farligt gods genom att tillgodose utrymningsmöjligheter bort från riskkällan.

I bilaga C redovisas samhällsriskerna med hänsyn tagen till föreslagna åtgärder och restriktioner kring markanvändning. För aktuell situationsplan har de byggnadstekniska åtgärderna en relativt hög reducerande effekt i förhållande till den beräknade samhällsriskerna och medför att de delar av samhällsriskerna som tidigare hamnade inom ALARP nu tangerar det undre acceptanskriteriet. Med hänsyn till den beräknade risknivån inom studerade områden bedöms de föreslagna åtgärderna ha en tillräcklig riskreducerande effekt.

7. Slutsatser

Planområdet Handenterminalen (kv. Söderbymalm 3:468 m.fl.) i Haninge kommun ligger i ett relativt utsatt läge med hänsyn till olycksrisker förknippade med tågtrafiken på den närliggande Nynäsbanan.

Genomförd riskanalys av identifierade risker förknippade med Nynäsbanan visar att olycksriskerna påverkar risknivån inom det studerade planområdet. Detta gäller framförallt samhällsriskerna. Av de olycksrisker som främst påverkar risknivån inom planområdet är det huvudsakligen transporter av brandfarliga vätskor och brännbara gaser som leder till en förhöjd samhällsrisknivå. Olycksrisker förknippade med övriga farligt godstransporter samt urspårning och tågbrand bedöms ha en begränsad påverkan på samhällsriskerna. Urspårning och tågbrand samt olycka med brandfarliga vätskor medför dock att individrisken inom planområdet ligger på en oacceptabel nivå inom ca 10 meter från spåren.

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

I avsnitt 6.4 redovisas de åtgärder som rekommenderas vid bebyggelse och vid förändrad markanvändning inom planområdet. För att säkerställa att åtgärderna vidtas krävs att dessa utformas som planbestämmelser i kommande detaljplaner.

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

8. Bilagor

BILAGA A – Frekvensberäkningar

BILAGA B – Konsekvensberäkningar

BILAGA C – Riskberäkningar

9. Referenser

- [1] Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län & Västra Götalands län, *Riskhantering i Detaljplaneprocessen – Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods*, September 2006.
- [2] Länsstyrelsen i Stockholm, "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4," Stockholm, 2016.
- [3] Haninge kommun, Stadsutvecklingsplan för Haninge stad - Fördjupning av översiktsplanen, Beslutad 2018-04-16.
- [4] Haninge kommun, *Detaljplan för Söderbymalm 3:462 m.fl., Najaden, Handen*, Laga kraft 2015-06-19.
- [5] Haninge kommun, *Detaljplan för Söderbymalm 3:466 m.fl., Haningeterrassen, Handen*, Laga kraft 2013-09-26.
- [6] MSB, *RID-S 2023 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg*, MSBFS 2022:4, 2023.
- [7] Trafikverket, *Planbeskrivning för Järnvägsplan. Nynäsbanan, Dubbelspårutbyggnad Hemfrosa – Tungalsta*, (Dnr TRV 2013/8433), 2015-03-15.
- [8] *Info i mail från Alexander Karbassi, Trafikverket*, 2018-09-05.
- [9] Trafikverket, "Trafikuppgifter järnväg T22 och bullerprog 2040", baserad på "TrV-rapport 2021:255, Bullerprognoser - Vilka trafikprognoser ska användas som underlag för bullerberäkningar? – revidering 2021, Senast daterad 2023-02-21.
- [10] *Uppgifter per e-post från Anders Nilsson, Statistiker på Trafikverket*, 2016-05-20.
- [11] Räddningsverket, *Flödet av farligt gods på järnväg, en översiktlig kartering i GIS-miljö*, 1996.
- [12] Räddningsverket, *Kartläggning av farligt godstransporter, september 2006*, 2007.
- [13] *RID-transporter utförda av Green Cargo, Älvsjö – Jordbro, mars-maj 2005*.
- [14] Trafikanalys, *Bantrafik 2021 (Rapportnr 2022:24)*, 2022-06-23.
- [15] Statens Räddningsverk, Det Norske Veritas, "Värdering av risk," 1997.
- [16] International Union of Railways, "Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), 2nd edition," International Union of Railways, 2002.
- [17] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [18] Banverket, "Föreskrift (BVF 586.65) rörande Banverkets spårteknik – Skyddsräler, regler för anordnande och konstruktiv utformning," Borlänge, 1995.

Bilaga A - Frekvensberäkningar**Uppdragsnamn**

Handenterminalen, Haninge kommun

Uppdragsgivare

Handenterminalen Fastighetsaktiebolag

Uppdragsnummer

506418

Datum

2023-10-13

Handläggare

Erik Hall Midholm

Egenkontroll

EMM 2023-10-13

Internkontroll

RKL 2023-10-13

1. Inledning

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

Nynäsbanan

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

2. Förutsättningar och indata

Tabell A.1. Förutsättningar för Nynäsbanan – Indata till frekvensberäkningar.

Faktor	Beskrivning
Järnvägssträcka	1
Antal spår	2
Hastighetsbegränsning (km/h):	
- Persontåg	140
- Godståg	100
Årsmedeldygnstrafik (per dygn):	
- Persontåg	220
- Godståg	16
Olyckskvoter per tågkm	
- Persontåg	2,5E-08
- Godståg	2,5E-07
Antal farligt godsvagnar per år	2 235
Andel av godsvagnar som rymmer farligt gods	3,0%

3. Beräkningar järnvägsolycka

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

3.1 Urspårning

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

Frekvensen för urspårning beräknas utifrån följande olyckskvoter för urspårning förknippade med tågtyp samt spårutformning enligt uppgifter som redovisas i *Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone /1/*:

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

Ytterligare järnvägsolyckor som kan medföra efterföljande olycksscenarier är kollisioner, antingen mellan spårfordon eller i plankorsningsolyckor. Enligt /2/ bedöms sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje vara så låg att den försvinner i den allmänna osäkerheten. Därför beaktas skadescenariot inte vidare i de fortsatta beräkningarna.

Frekvensen för urspårning beräknas för persontåg respektive godståg på en **1 km järnvägssträcka** i anslutning till det aktuella planområdet. Beräkningarna utgår från olyckskvot för **spår med växlar**. Frekvensen utförs för trafiksiffror för prognosår 2040 (220 persontåg respektive 16 godståg per dygn):

- Urspårning persontåg:	$2,0 \times 10^{-3}$ urspårningar per år
- Urspårning godståg:	$1,5 \times 10^{-3}$ urspårningar per år
- Urspårning totalt:	$3,5 \times 10^{-3}$ urspårningar per år

Utslaget på den totala tågtrafiken så innebär ovanstående urspårningsfrekvenser en genomsnittlig olyckskvot på ca $4,0 \times 10^{-8}$ per tågkm.

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

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

Ovanstående värden kan jämföras med statistik över bantrafikskador /3/ respektive bantrafik /4/. Om man dividerar samtliga inrapporterade urspårningar med totala antalet tågkilometer (persontåg och godståg) under perioden 2001-2021 så blir den genomsnittliga olyckskvoten ca $5,9 \times 10^{-8}$ per tågkm. Statistiken över bantrafikskador redovisar dock ingen fördelning av antalet urspårning för persontåg respektive godståg. Det kan dock konstateras att för den aktuella perioden så utgör persontågskm ca 70 % av det totala antalet tågkm i Sverige. Detta kan jämföras med ca 93 % för den aktuella järnvägssträckan år 2040 (med hänsyn tagen till utbyggnaden av Norvik). Sannolikheten för urspårning är normalt betydligt högre för godståg än för persontåg, vilket kan förklara skillnaden i genomsnittlig olyckskvot enligt nationell statistik och aktuell sträcka.

3.1.1 Urspårning i anslutning till bebyggelse

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

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

De fortsatta frekvensberäkningarna för urspårning och dess påverkan på kringliggande bebyggelse utförs utifrån den metodik som redovisas i UIC Code 777-2 R /1/.

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

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

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

F_r = urspårningsfrekvens per km (se avsnitt 2.1)

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

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

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

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

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

/3/ Bantrafikskador 2022 (Statistikrapport 2023:20), Trafikanalys

/4/ Bantrafik 2021 (Rapportnr 2022:24), Statistikrapport från Trafikanalys

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

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

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

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

$a =$ vinkelrätt avstånd (m) mellan spårmittpunkt och byggnad

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

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

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

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

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

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

$a =$ se ovan

$d' =$ det, längs spåret, längsta avståndet som den urspårade vagnen kan gå, där hastigheten fortfarande överstiger eller är lika med 60 km/h. Antaget 45 m /1/.

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

$$F_{1,\text{persontåg}} = 2,0 \cdot 10^{-3} \times 245 \times 10^{-3} = 4,9 \cdot 10^{-4}$$

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

I tabell A.1-A.2 redovisas resultaten av sannolikhetsberäkningar med avseende på urspårning på den aktuella järnvägssträckan.

Tabell A.2. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarioer på aktuell järnvägssträcka. **Persontåg. Prognosår 2040.**

Avståndet utgår från närmaste genomgående spår.

a (meter)	P ₂	P ₃	Frekvens kollision (F ₁ x P ₂)	Frekvens byggnadskollaps (F ₁ x P ₂ x P ₃)
0	38,1%	100,0%	1,7E-04	1,9E-04
1	30,4%	97,9%	1,4E-04	1,5E-04
2	23,9%	95,5%	1,1E-04	1,1E-04
3	18,4%	92,8%	8,2E-05	8,4E-05
4	13,8%	89,7%	6,2E-05	6,1E-05
5	10,1%	86,0%	4,5E-05	4,3E-05
6	7,1%	81,8%	3,2E-05	2,9E-05
7	4,8%	76,7%	2,1E-05	1,8E-05
8	3,1%	70,7%	1,4E-05	1,1E-05
9	1,8%	63,3%	8,2E-06	5,7E-06
10	1,0%	54,5%	4,5E-06	2,7E-06
11	0,5%	44,2%	2,3E-06	1,1E-06
12	0,2%	34,7%	1,1E-06	4,3E-07
13	0,1%	0,0%	6,1E-07	0,0E+00
14	0,1%	0,0%	3,9E-07	0,0E+00
15	0,0%	0,0%	7,9E-08	0,0E+00
16	0,0%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00

Tabell A.3. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarioer på aktuell järnvägssträcka. **Godståg. Prognosår 2040.**

Avståndet utgår från närmaste genomgående spår.

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

3.2 Brand i godståg

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

Sannolikheten för en tågbrand (oavsett omfattning) bedöms vara relativt hög. Enligt Trafikverkets rapport "Dimensionerande brandeffektkurvor i godståg" /5/ inträffade 107 bränder i godståg mellan åren 2002-2014. Under samma period var trafikarbetet med godståg i Sverige totalt $5,44 \times 10^8$ tågkm /6/. Den uppskattade olycksfrekvensen per tågkm för händelsen brand i godståg blir därmed $107 / 5,44 \times 10^8 = 1,97 \times 10^{-7}$ per tågkm godståg. Detta kan jämföras med olyckskvoterna för urspårning med godståg som redovisas i avsnitt 3.1.

Frekvensen för brand i godståg beräknas på en **1 km järnvägssträcka** i anslutning till det aktuella planområdet. Frekvensen utförs för trafiksiffror för prognosår 2040 (16 godståg per dygn):

$$\text{- Brand i godståg: } 365 \times 16 \times 1,0 \times 1,97 \times 10^{-7} = 1,2 \times 10^{-3} \text{ bränder per år}$$

Det ska beaktas att det är en mycket begränsad andel av tågbränderna som blir så omfattande att de riskerar att påverka kringliggande områden. Olyckskvoten ovan bygger på alla anmälda tågbränder, vilket även inkluderar rökutveckling.

Givet "brand" enligt dessa förutsättningar bedöms sannolikheten för en utvecklad brand som sprids till lasten vara låg. Utifrån "PM Statistik Godståg" /7/ som omfattar statistik över inträffade bränder i godståg under perioden 2002 – 2014 kan bränder i godståg kategoriseras utifrån brandstorlek enligt tabell A.3.

Tabell A.4. Fördelning av brandstorlek vid brand i godståg.

Kategori	Beskrivning	Antal	Andel
Mycket stor brand	Branden är så stor att motsvarande en hel vagn blivit utbränd eller att beskrivningen i insatsrapporten visar på en brand som varit svårt att släcka p.g.a. intensitet eller omfattning.	4	3,7%
Stor brand	Branden är så stor att det krävs mer än en handbrandsläckare för att släcka den. Detta bedöms likvärdigt med att branden är större än 1 MW.	35	32,7%
Liten brand	Branden har självslocknat eller släckts med maximalt en handbrandsläckare.	50	46,7%
Väldigt liten brand	I händelsebeskrivningen beskrivs endast rökutveckling och ingen faktisk brand.	18	16,8%
Totalt		107	100,00%

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

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

/6/ Trafikanalys, Bantrafik 2019, Statistik Rapport 2020:19

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

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

Scenario	Andel	Frekvens [per år]
Brand i godståg		1,2E-03
Mycket stor brand (3,7 %)	3,7%	4,3E-05
Stor brand (32,7 %)	32,7%	3,8E-04
Liten brand (46,7 %)	46,7%	5,4E-04
Väldigt liten brand / rökutveckling (16,8 %)	16,8%	1,9E-04

3.3 Järnvägsolycka med farligt gods

3.3.1 Allmänt

Olycksfrekvensen för järnvägsolycka med farligt gods beräknas utifrån motsvarande metodik som redovisas i avsnitt 2.1-2.2. Med hänsyn till potentiella följdscenarier så kommer beräkningarna att omfatta dels **järnvägsolycka utan brand** ($F_{\text{urspårning}} + F_{\text{sammansättning}}$) och dels **järnvägsolycka med brand** ($F_{\text{tågbrand}}$).

Frekvensberäkningarna för järnvägsolycka med godståg innefattar även farligt godsvagnar.

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

Järnvägsolycka utan brand: Följdscenarier med farligt gods vid järnvägsolycka utan brand förknippas med starka påkänningar till följd av t.ex. att vagnar spårar ur eller påverkas av motsvarande kraftiga påkänningar. Vid en urspårning spårar i genomsnitt 3,5 vagnar ur /8/. Sannolikheten för att en farligt godsvagn spårar ur beräknas då utifrån följande ekvation:

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

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

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

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

Scenario	Andel	Olycksfrekvens (per år)
klass 1	0,04%	6,4E-08
Klass 2	17,1%	2,5E-05
klass 3	29,8%	4,4E-05
klass 4	2,8%	4,1E-06
klass 5	9,9%	1,5E-05
klass 6	4,7%	7,1E-06
klass 7	0,0%	4,4E-09
klass 8	22,8%	3,4E-05
klass 9	12,9%	1,9E-05
Totalt		1,5E-04

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

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

Scenario	Andel	Olycksfrekvens (per år)
Klass 1	0,04%	1,5E-08
Klass 2	17,1%	5,9E-06
Klass 3	29,8%	1,0E-05
Klass 4	2,8%	9,7E-07
Klass 5	9,9%	3,4E-06
Klass 6	4,7%	1,6E-06
Klass 7	0,0%	1,0E-09
Klass 8	22,8%	7,9E-06
Klass 9	12,9%	4,5E-06
Totalt		3,5E-05

Utifrån resultatet av tabell A.5 och tabell A.6 beräknas att järnvägsolycka med brand (3,5E-05 per år) utgör ca 20 % av den totala frekvensen för olycka med farligt gods (d.v.s. järnvägsolycka utan brand 1,5E-04 per år + järnvägsolycka med brand 3,5E-05 per år).

3.3.2 Klass 1. Explosiva ämnen

Explosiva ämnen och föremål är uppdelad i flera olika undergrupper (riskgrupper) utifrån risk för bl.a. brand, massexplosion, splitter och kaststycken. Enligt RID-S är det enbart ämnen ur klass 1.1 som innebär risk för massexplosion som påverkar så gott som hela lasten praktiskt taget samtidigt /9/. Med avseende på olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom det aktuella planområdet bedöms det enbart vara en explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 som är aktuella att studera.

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

Konsekvenserna av en massexplosion är kraftigt beroende av mängden som exploderar, vilket i sin tur beror av hur mycket explosivämne som transporteras. I RID-S anges ingen gräns för hur stora transportmängder massexplosiva ämnen som tillåts på järnväg utan maxmängder avgränsas rent teoretiskt av tillåtna axeltryck på den aktuella sträckan. Sannolikheten för att det skulle vara aktuellt med godsvagnar lastade med upp mot 50 ton massexplosiva ämnen bedöms dock vara extremt låg sett till de faktiska transportmängderna. Som maxgräns brukar ansättas 25 ton massexplosivt ämne per godsvagn.

Enligt nationell statistik /4/ så transporteras mycket begränsade mängder explosiva ämnen på svenska järnvägar. Under den senaste 5 årsperioden redovisas sammanlagda mängder på enstaka ton, ca 2-28 ton per år under perioden 2017-2021). I Räddningsverkets /10/ kartläggning från september månad 2006 uppgick den totala mängden av transporterade klass 1 varor till 100 kg. Det bör dock noteras att transporter av explosiva ämnen normalt inte skyltas, vilket innebär att det är svårt att få tillförlitliga uppgifter om dessa transporter.

/9/ RID-S 2021 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2020:10, 2020

/10/ Kartläggning av farligt gods på järnväg under september månad 2006, Räddningsverket 2007

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

Hur stor andel av godsvagnar med explosivämnen som rymmer stora mängder är oklart. Det saknas underlag för en tydlig bedömning av fördelningen mellan olika transportmängder med explosivämnen. Att ett stort antal godsvagnar skulle rymma stora mängder explosivämnen konstateras utifrån den nationella statistiken från Trafikanalys vara mycket osannolikt eftersom det då skulle motsvara i princip hela Sveriges sammanlagda transportmängd. Frekvensberäkningarna kommer att utgå från ett mycket grovt antagande att 1 % av alla godsvagnar med explosivämnen rymmer upp till 25 ton medan övriga är lastade med maximalt 1 ton.

Antagandet om fördelningen mellan olika transportmängder utgår från tidigare lokala kartläggningar som pekar på att det kan förekomma transporter av explosivämnen. Fördelningen mellan olika transportmängder har uppskattats utifrån uppgifter från den riskutredning som utförts för Mäljarbanans sträckning genom Solna och Sundbyberg /11/.

Utifrån ovanstående uppgifter så antas följande fördelning på Nynäsbanan (detta antas vara ett mycket konservativt antagande avseende transportmängder > 500 kg eftersom det inte har identifierats några transporter av explosivämnen i de senaste kartläggningar som genomförts för Nynäsbanan):

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

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

I Bilaga 102 till Trafikverkets "TRVINFRA-00233 – Krav med Rådtext" /12/ redovisas ingångsvärden som kan användas för frekvensberäkning av bl.a. massexlosion i järnvägstransport med RID-klass 1. Olyckskvoten för en stor massexlosion (> 100 kg) i samband med järnvägstransport av RID-klass 1 anges till 5×10^{-11} per tonkm.

Olyckskvoten utgår från de mängder explosivämnen som transporteras på järnväg inom EU under en 25 årsperiod utan att det har dokumenterats någon stor explosion. Under 25 år har det inom EU, inkl. EES, Schweiz, Kroatien och Turkiet, transporterats ca 22,5 miljarder tonkm utan stor explosion, vilket innebär en lägre risk än $1/22,5 \times 10^9 = 4,4 \times 10^{-11}$ per tonkm. Olyckskvoten avrundas i /12/ till 5×10^{-11} per tonkm.

Prognostiserat antal farligt godsvagnar och andel explosivämnen på den aktuella sträckan år 2040 enligt tabell 3.2 i huvudrapporten samt antagna fördelningar mellan mängder per vagn enligt ovan skulle innebära följande totala transportmängd RID-klass:

$$2\,235 \text{ fago} - \text{vagnar} \times 0,04\% \text{ klass 1} \times (0,5 \text{ ton} \times 85\% + 2,0 \times 14,5\% + 25,0 \text{ ton} \times 0,5\%) \\ = 0,66 \text{ ton per år}$$

För en studerad sträcka på 1,0 km ger detta följande transportarbete RID-klass 1:

$$0,66 \text{ ton per år} \times 1,0 \text{ km} = 0,66 \text{ tonkm per år}$$

Den sammanlagda olycksfrekvensen för stor massexlosion (> 100 kg) blir då:

/11/ Riskutredning för Mäljarbanans sträckning mellan Solna stad och Sundbybergs stad (Huvudsta – Duvbo), Briabrand & Riskingenjörerna AB, 2018-02-28

/12/ TRVINFRA-00233 Krav med rådtext Tunnelbyggande version 1.0, Trafikverket 2021-01-11

$$0,66 \text{ tonkm/år} \times 5 \times 10^{-11} \text{ olyckor /tonkm} = 3,3 \times 10^{-11} \text{ per år}$$

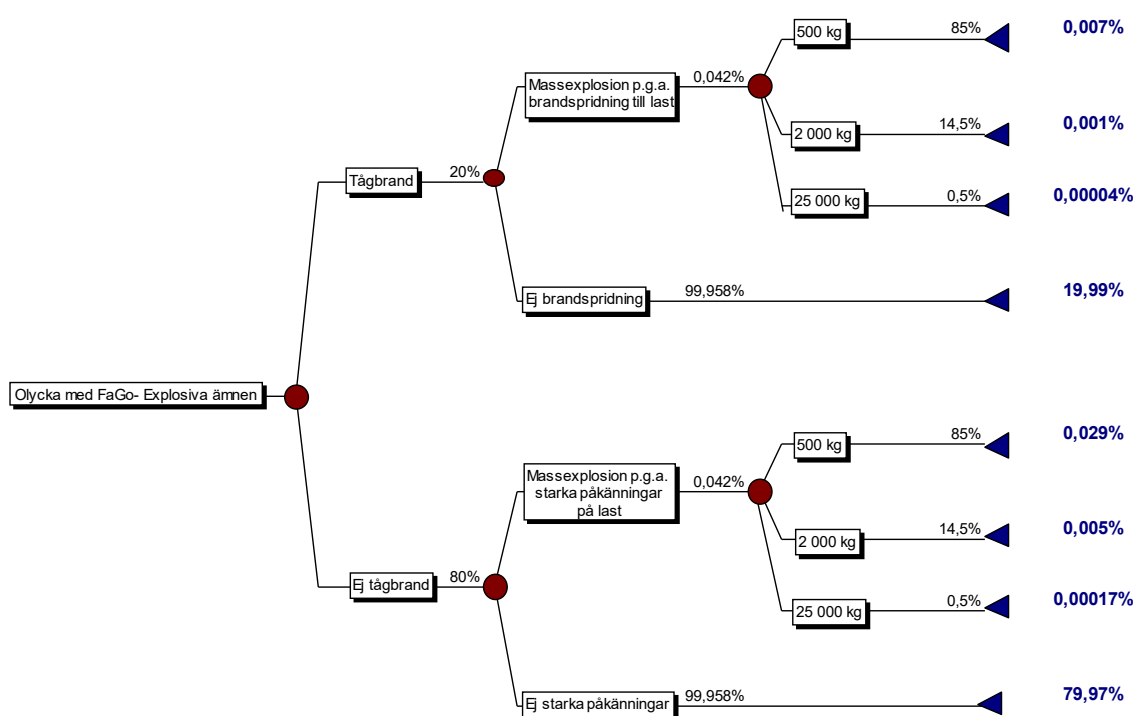
Enligt tabell A.5 och A.6 är den totala frekvensen för järnvägsolycka med klass 1 på den studerade sträckan (1 km) $6,4 \times 10^{-8} + 1,5 \times 10^{-8} = 7,8 \times 10^{-8}$ per år.

Givet järnvägsolycka med vagn med RID-klass 1.1 är sannolikheten för en stor massexlosion då:

$$\frac{3,3 \times 10^{-11}}{7,8 \times 10^{-8}} = 0,00042 = 0,042 \%$$

Det antas att sannolikheten för stor massexlosion är jämnt fördelad över de två orsakerna stora påkänningar vid urspårning eller kollision respektive tågbrand som sprids till lasten. Det som skiljer dessa händelseförlopp är tidsintervallet. En massexlosion p.g.a. starka påkänningar uppskattas ske momentant eller mycket kort efter själva händelsen. En massexlosion 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 bedöms kunna variera.

Figur A.1 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av explosiva ämnen som redovisar de förutsättningar som krävs för att en massexlosion ska antas inträffa. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.7.



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

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

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med explosivämne (klass 1)	7,8E-08
Järnvägsolycka utan brand	6,4E-08
Järnvägsolycka med brand	1,5E-08
Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)	
500 kg	2,4E-11
- P.g.a. starka påkänningar	2,3E-11
- P.g.a. tågbrand	1,1E-12
2 000 kg	4,0E-12
- P.g.a. starka påkänningar	3,9E-12
- P.g.a. tågbrand	1,8E-13
25 000 kg	1,4E-13
- P.g.a. starka påkänningar	1,3E-13
- P.g.a. tågbrand	6,3E-15

3.3.3 Klass 2 – Gaser

Allmänt

Gaser (klass 2) delas in i följande undergrupper:

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

Studerad statistik från Trafikanalys /4/ redovisar ej fördelningen mellan undergrupperna. I MSB:s kartläggning från september månad 2006 /10/ respektive Green Cargos statistik för perioden mars-maj 2005 /13/ redovisas däremot klass 2 uppdelad i de tre undergrupperna. Enligt dessa kartläggningar transporterades endast brännbara gaser på Nynäsbanan. Sett till ett generellt genomsnitt på samtliga järnvägar visar kartläggningen att fördelningen mellan undergrupperna är ca 73 % brännbara gaser, 25 % icke giftiga och icke brännbara gaser respektive 2 % giftiga gaser. I beräkningar tas utgångspunkt i den mer generella statistiken. Gaser ur klass 2.2 utgör sådana gaser som normalt inte orsakar personskador vid utsläpp mer än i det direkta närområdet. Därför beaktas inte transporter av dessa gaser i riskanalysen.

Sannolikheten för läckage av farligt gods till följd av järnvägsolycka varierar beroende på om godset transporteras i en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheten för utsläpp är mycket låg. Generellt gäller att tjockväggiga tankar har en sannolikhet för läckage som är 1/30 av den för tunnväggiga tankar /8/. För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 %.

/13/ RID-transporter utförda av Green Cargo, Älvsjö – Jordbro, mars-maj 2005

Observera att det i /8/ redovisas en *not* att de sannolikheter som är angivna för tjockväggiga tankar främst har angetts för att markera att sannolikheten för utsläpp är mycket nära 0. Med hänsyn till detta kommer utsläppsfördelningen att utgå från ovanstående uppgifter om en generell reducering av sannolikheten för utsläpp från tjockväggiga tankar i förhållande till tunnväggiga tankar. För tjockväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp då 1 %.

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

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

Klass 2.1. Brännbara gaser

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

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

Beroende på utsläppsstorleken varierar sannolikheten för direkt respektive fördröjd antändning. För utsläpp på järnväg finns fördelningsstatistik /14/:

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

Enligt VROM – *Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book"* /15/ kan vidare fördelningen mellan gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion givet en fördröjd antändning ansättas till 60 respektive 40 %.

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.

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

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

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 dimensioneringstryck 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" /12/ redovisas ingångsvärden som kan användas för frekvensberäkning av stor gasmolnsexplosion eller BLEVE i järnvägstransport med RID-klass 2. Den sammanlagda olyckskvoten för en stor gasmolnsexplosion 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 gasmolnsexplosion. 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 /12/ 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 /12/ till 2×10^{-11} per tonkm.

Fram till 2021 har det gått ytterligare åtta år utan någon motsvarande olycka, vilket borde innebära att olyckskvoten kan förväntas vara ännu lägre. Med oförändrade transportvolymerna skulle det innebära en olyckskvot på $1 / (18 \text{ år} \times 7,22 \times 10^9) = 9,9 \times 10^{-12}$ per tonkm. Olyckskvoten som redovisas i /12/ borde med andra ord vara mycket konservativt antagen och riskerar att överskatta frekvensen för aktuella skadescenarier med brännbar gas. För att inte överskatta frekvensen för stor gasmolnsexplosion och BLEVE utifrån mycket konservativa olyckskvoter så kommer olyckskvoten som redovisas i /12/ att justeras med hänsyn tagen till uppdaterat underlag för fler år (på motsvarande sätt som görs i /12/ för att komma fram till föreslagen olyckskvot). De fortsatta beräkningarna kommer att utgå från en olyckskvot på $1,5 \times 10^{-11}$ per tonkm. Detta är också att betrakta som en mycket konservativt antagen olyckskvot sett till tillgänglig statistik.

En tankvagn med gas uppskattas rymma i genomsnitt ca 25 ton gas.

Prognostiserat antal farligt godsvagnar och andel med gaser på den aktuella sträckan år 2040 samt ovanstående fördelning mellan mängder per vagn skulle då innebära följande mängd RID-klass 2:

$$2\,235 \text{ farligt godsvagnar} \times 73\% \text{ klass 2} \times 25,0 \text{ ton} = 9\,557 \text{ ton per år}$$

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

$$9\,557 \text{ ton per år} \times 1 \text{ km} = 95\,570 \text{ tonkm per år}$$

Den sammanlagda olycksfrekvensen för en stor gasmolnsexplosion eller BLEVE skulle baserat på ovanstående olyckskvot enligt /12/ då bli:

$$95\,570 \text{ tonkm/år} \times 1,5 \times 10^{-11} \text{ olyckor/tonkm} = 1,4 \times 10^{-7} \text{ per år}$$

Enligt tabell A.5 och A.6 är den totala frekvensen för järnvägsolycka med klass 2 på den studerade sträckan (1 km) $2,5 \times 10^{-5} + 5,9 \times 10^{-6} = 3,1 \times 10^{-5}$ per år. Frekvensen för olycka med undergrupp 2.1 blir då $73\% \times 3,1 \times 10^{-5} = 1,8 \times 10^{-5}$ per år.

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

$$\frac{1,4 \times 10^{-7}}{1,8 \times 10^{-5}} = 0,0081 = 0,81\%$$

Med hänsyn till det begränsade statistiska underlaget som olyckskvoten enligt /12/ 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.

Fördelningen mellan antändningstyper och följdscenarier enligt ovan är beroende av utsläppsstorleken. Fördelningen varierar mellan olika riskkällor. För utsläpp vid järnvägsolycka redovisar bl.a. /16/ följande fördelningar som utgör en sammanvägning av olika riskkällor:

- ingen antändning: 30 %
- omedelbar antändning: 19 %
- fördröjd antändning: 50 %
- BLEVE: 1 %

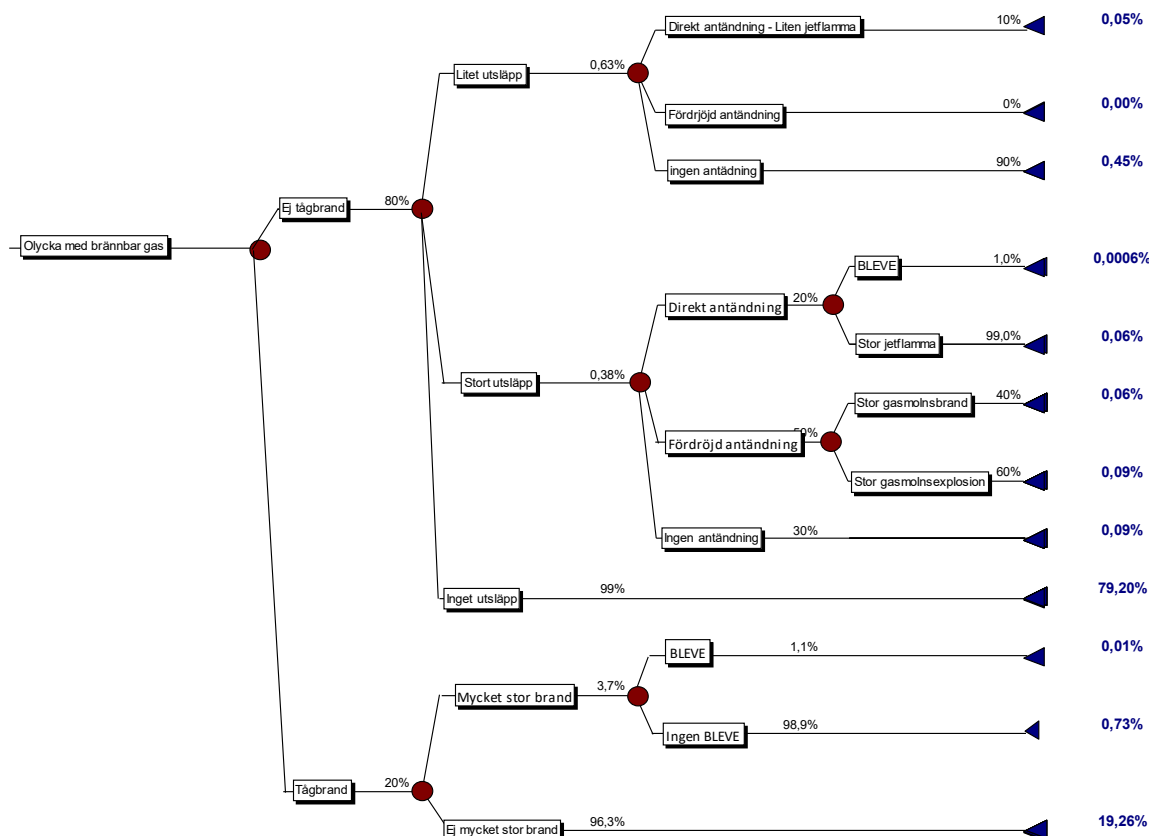
För de fortsatta beräkningarna kommer det göras ett konservativt antagande att sannolikheten för stor gasmolnsexplosion givet olycka är 20 gånger så stor som sannolikheten för BLEVE (jämfört med en faktor 50 enligt ovan). Detta skulle innebära att givet olycka med RID-klass 2.1 så är sannolikheten för BLEVE $0,81 \% \times (1/20) = 0,04 \%$.

Ovanstående beräkning kan jämföras med olycksstatistik över bränder i godståg. De grundläggande förutsättningarna som krävs för att en järnvägsolycka ska kunna leda till BLEVE, d.v.s. en kraftig och långvarig brandpåverkan kan likställas med definitionen av mycket stor brand enligt tabell A.3 i avsnitt 3. 2 (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). I tabell A.3 anges att sannolikheten för mycket stor brand givet brand i godståg är 3,7 %.

Utifrån beskrivningen ovan och med hänsyn till de grundläggande förutsättningarna som krävs för att en järnvägsolycka ska leda till en BLEVE 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 förhållandet mellan sannolikheten för stor gasmolnsexplosion och BLEVE givet olycka med RID-klass 2.1 skulle det innebära att i genomsnitt ca 1 % ($0,04\% / 3,7\%$) av alla mycket stora bränder leder till BLEVE.

Figur A.2 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brännbara gaser som redovisar de förutsättningar som krävs för att olika skadescenarier ska antas inträffa. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.8.

/16/ Skyddsavstånd till transportleder för farligt gods – Översiktlig riskanalys av transporter med farligt gods på väg och järnväg i Borås stad, Wuz risk consultancy AB, daterad 2016-12-19



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

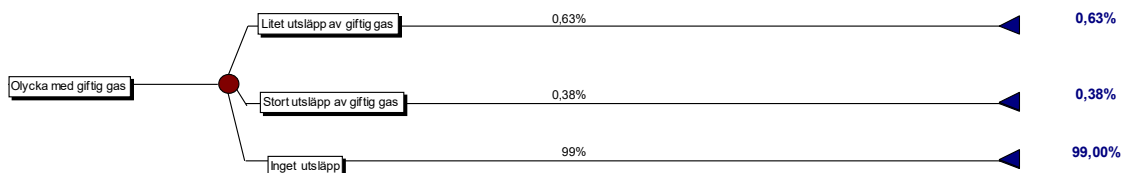
Tabell A.9. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brännbara gaser. **Prognosår 2040.**

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 2.1	2,3E-05
Urspårning	1,9E-05
Tågbrand	4,3E-06
Direkt antändning av litet utsläpp - jetflamma	1,1E-08
Fördröjd antändning av litet utsläpp	0,0E+00
Direkt antändning av stort utsläpp - jetflamma	1,4E-08
Fördröjd antändning av stort utsläpp	3,4E-08
-Stor gasmolnsbrand	1,4E-08
-stor gasmolnsexplosion	2,1E-08
BLEVE	1,8E-09

Klass 2.3. Giftiga gaser

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

Figur A.3 redovisar händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av giftiga gaser. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.9.



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

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

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 2.3	6,3E-07
Litet utsläpp giftig gas	3,9E-09
Stort utsläpp giftig gas	2,4E-09

3.3.4 Klass 3 – Brännbara vätskor

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

För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 % /8/.

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

I konsekvensberäkningarna studeras endast litet respektive stort läckage. I de fortsatta beräkningarna antas det grovt att samtliga medelstora utsläpp motsvarar stora utsläpp. Sannolikheten för litet (punktering) respektive stort utsläpp givet olycka är då ca 19 % respektive ca 11 %.

Sannolikheten för att ett litet (punktering) respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg skall antändas är 10 % och 30 % /8/.

Omfattande brand kan även uppstå om en tågbrand sprider sig till en godsvagn med brandfarliga vätskor och branden hettar upp tanken så att 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.

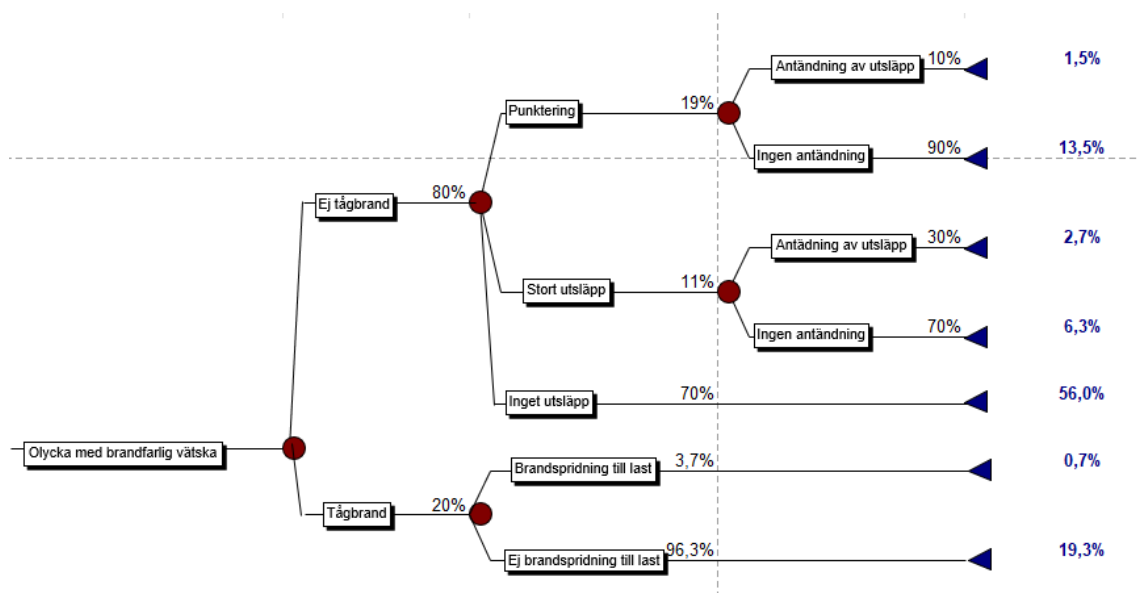
Sannolikheten för brand i brandfarlig vätska givet en brand i godståg antas på motsvarande sätt som sannolikheten för BLEVE i avsnitt *Klass 2. Gaser*. Hänsyn tas till att brandfarlig vätska transporteras i tunnväggig tankvagn som antas kunna rämna vid mindre brandpåverkan än en tjockväggig tank.

Utifrån beräkningarna ovan bedöms brand i godståg utgöra starthändelse till ca 20 % av samtliga järnvägsolyckor med farligt gods på den studerade sträckan.

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.

Enligt tabell A.3 i avsnitt 3.2 är sannolikheten för mycket stor brand givet brand i godståg 3,7 %. Det antas konservativt att sannolikheten för antändning av brandfarlig vätska är 100 % givet mycket stor brand där vagn med RID-klass 3 är inblandad.

Figur A.4 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brandfarlig vätska. Frekvensen för olika utsläppsscenarioer har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.10.



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

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

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 3	5,5E-05
Urspårning	4,4E-05
Tågbrand	1,0E-05
Liten pölbrand	8,2E-07
Stor pölbrand	1,5E-06
Godsvagnsbrand	4,0E-07

3.3.5 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

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

Ämnen ur klass 5 som i ren form kan sönderfalla explosivt utan blandning med något bränsle utgörs enligt /17/ av ammoniumdikromat, ammoniumnitrat, ammoniumperklorat samt väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid. Dessa ämnen och föreningar är termiskt stabila upp till relativt höga temperaturer, vilket innebär att ett explosivt sönderfall vid en transportolycka med dessa ämnen främst kan inträffa som följd av en brand. Ett explosionsscenario med dessa ämnen utan blandning av bränsle har en explosionslast som är ca 20-30 % av massexplosion med motsvarande mängd trotyl.

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.

/17/ FOI Memo 2774 – Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5, FOI, 2009-04-20

Enligt regelverket RID-S /9/ är det inte tillåtet att transportera ej stabiliserade (d.v.s. utan flegmatiseringsmedel) väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid på järnväg. Andelen av de organiska peroxiderna på järnvägen som bedöms kunna självantända explosionsartat vid brand eller vid kontakt med organiskt material antas därför vara mycket begränsad. Utifrån den nationella statistiken från Trafikanalys utgör dock organiska peroxider en liten andel (< 5 %) av de totala transportmängderna av klass 5.

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

Enligt regelverket RID-S /9/ 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.

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 30,0 %, se avsnitt 3.3.4.

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 brandfarlig 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 är högst 10 %.

Förbränningen antas kunna leda till explosionsartade brandförlopp alternativt till en kraftig brand där det utläckta godset fungerar brandunderstödjande. Sannolikheten för att förbränningen leder till explosionsartat brandförlopp uppskattas till högst 10 % och i övriga fall antas det utläckta godset fungera brandunderstödjande så att brandförloppet motsvarar en mycket stor brand.

Sannolikhet för explosion vid tågbrand:

Det finns detaljerade regler för hur oxiderande ämnen och organiska peroxider skall förpackas och hanteras vid transport /9/, 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 6.3.3. Oxiderande ämnen förutsätts också transporteras i tunnväggig tankvagn, se ovan.

Utifrån beräkningarna i avsnitt 2.2.3 bedöms brand i godståg utgöra starthändelse till ca 20 % av samtliga järnvägsolyckor med farligt gods på den studerade sträckan.

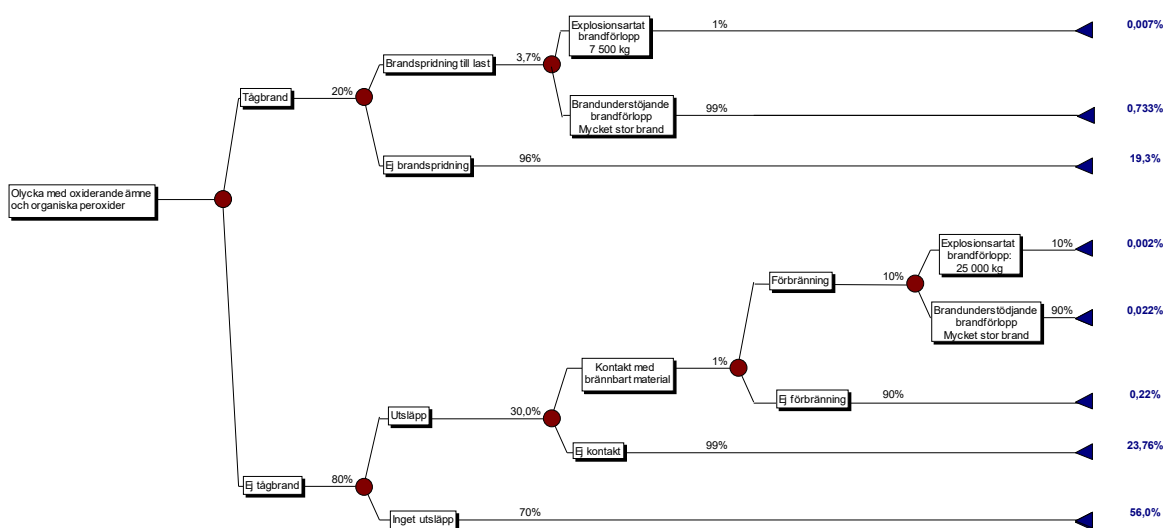
Med hänsyn till gällande transport- och förpackningsregler enligt RID-S förutsätts att tågbranden är så omfattande att större delar av tanken påverkas under en längre tid samtidigt som tanken skadas så mycket att det sker ett utsläpp för att branden ska antas innebära extern upphettning av det oxiderande 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. 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. 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 brandunderstödjande så att brandförloppet motsvarar en mycket stor brand.

Det råder stora osäkerheter kring den explosiva blandning som kan bildas till följd av ett utsläpp av oxiderande ämnen eller organiska peroxider som förorenas med brännbart material. Hur stor den explosiva blandningen blir är beroende på utsläppsmängden oxiderande ämne samt tillgången till brännbart material. I den riskanalys som togs fram för Fördjupad översiktsplan för Göteborg 1996 /18/ angavs att den explosiva blandning som kan bildas vid ett utsläpp av klass 5 på järnväg motsvarar en explosiv blandning med 25 ton trotyl. Detta scenario utgår från antagandet att vagnen med oxiderande ämnen kolliderar med en vagn med brandfarlig vätska (klass 3) som blandas med utsläppet. Mängden massexplisiv vara motsvarar den mängd ideal blandning som då kan uppkomma. Blandningen antas motsvara 100 % mängd ekvivalent TNT (trotyl).

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

Figur A.5 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider. Frekvensen för olika utsläppsscenarier har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.11.



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

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

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med oxiderande ämne (klass 5)	1,8E-05
Järnvägsolycka utan brand	1,5E-05
Järnvägsolycka med brand	3,4E-06
Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarande 7 500 kg ekvivalent trotyl)	1,3E-09
Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarande 25 000 kg ekvivalent trotyl)	4,4E-10
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande godsvagnsbrand med klass 3)	1,4E-07
- P.g.a. tågbrand	1,3E-07
- P.g.a. förorening av brännbart material	3,9E-09

Bilaga B - Konsekvensberäkningar

Uppdragsnamn

Handenterminalen, Haninge kommun

Uppdragsgivare

Handenterminalen Fastighetsaktiebolag

Uppdragsnummer

506418

Datum

2023-10-13

Handläggare

Erik Hall Midholm

Egenkontroll

EMM 2023-10-13

Internkontroll

RKL 2023-10-13

1. Inledning

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

Nynäsbanan

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

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

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

2. Förutsättningar

2.1 Allmänt om det studerade området

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

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



Figur B.1. Översiktsbild över Handen där området för planerad bebyggelse inom kv. Söderbymalm 3:468 m.fl. är rödmarkerat.

Vit markering visar ungefärligt maximalt påverkansområde för olycka på Nynäsbanan, ca 300 meter.

2.2 Handterminalen (kv. Söderbymalm 3:468 m.fl.)

2.2.1 Nollalternativ

I figur B.1 är området för planerad om- och nybyggnation markerat med rött.

Inom planområdet finns befintlig bebyggelse i form av Handterminalen. Bebyggelsen ligger i suterräng och består av en lågdel mot Handens stationsväg och två högre byggnadskroppar mot den bakomliggande Haningeterrassen (där entrén från Haningeterrassen sker på fjärde våningsplanet). Byggnaden används huvudsakligen för kontors- och serviceverksamheter samt restauranger m.m.

Enligt underlag från Wåhlin arkitekter så omfattar den befintliga bebyggelsen sammanlagt ca 46 400 m² BTA/1/. Lågdelen omfattar ca 14 290 m² BTA. Andelen ljus BTA omfattar ca 70-75 %.

Enligt BBR /2/ ska dimensioneringen av utrymningsvägar för lokaler och verksamheter utgå från en genomsnittlig persontäthet på 0,5 personer per m² nettoarea. Motsvarande värde för kontor är 0,1 personer per m² nettoarea. Vid beräkning av totalt personantal inom en byggnad behöver avdrag göras för allmänna utrymmen och utrymmen utan stadigvarande vistelse (t.ex. lager, förråd, teknikutrymmen, korridorer och trapphus m.m.). Med hänsyn till den relativt höga andelen mörk BTA så antas det mycket grovt att persontätheten per BTA är ca 50 % lägre än ovanstående värden.

Utifrån en övergripande kartläggning så uppskattas majoriteten av befintlig bebyggelse utgöras av kontor eller verksamheter med liknande persontäthet. Vid full belastning uppskattas ovanstående förutsättningar och dimensionerande värden motsvara totalt ca 2 320 personer inom befintlig bebyggelse.

Det bör observeras att ovanstående schablonvärden ger mycket höga personantal inom planområdet. De dimensionerande persontätheterna avser dimensionering av en byggnads utrymnings säkerhet, vilket innebär att de utgör maximal personbelastning. Så höga persontätheter bedöms uppstå vid relativt begränsade tillfällen och det är mycket konservativt att förutsätta detta som genomsnittliga persontätheter inom hela bebyggelsen samtidigt.

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

Mellan de högre byggnadskropparna går en gångpassage från Haningeterrassen som övergår i en bro över Handens stationsväg för anslutning mot pendeltågsstationen.

Norrut utgörs planområdet av skogsmark. Inom planområdet löper Handens stationsväg parallellt med Nynäsbanan.

Befintlig bebyggelse ligger ca 20-25 meter från närmaste järnvägsspår. Planområdet sluttar uppåt från sjön Rudan. Handens stationsväg och den befintliga lågdelen ligger ca 1-2 meter högre än Nynäsbanan.

2.2.2 Planalternativ

Syftet med den nya detaljplanen är att behålla befintliga kontorsbyggnader och att möjliggöra fler typer av verksamheter än gällande detaljplan.

/1/ Haninge central – Areauppskattning, Wåhlin Arkitekter, daterad 20230609 -

/2/ Boverkets byggregler – föreskrifter och allmänna råd – BBR 29 (BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. BFS 2020:4), Boverket

Detaljplanen syftar även till att möjliggöra bostadsbebyggelse ovanpå, och som fristående hus norr om, befintliga byggnader, att förnya stationens norra entré samt att möjliggöra ny gångförbindelse över järnvägen till sjön Rudan. Dessutom planeras nya parkeringshus i södra och norra delen av planområdet.

De nya bostadshusen kommer till största del att bestå av lägenheter i storlekarna 1-4 rum och kök. Sammanlagt planeras ca 210 bostadslägenheter. Ca 70 lägenheter planeras som påbyggnad ovanpå befintliga högdelar, ca 20 lägenheter som påbyggnad ovanpå befintliga lågdelar och resterande ca 120 lägenheter planeras inom nybyggt fristående hus norr om befintliga byggnader.

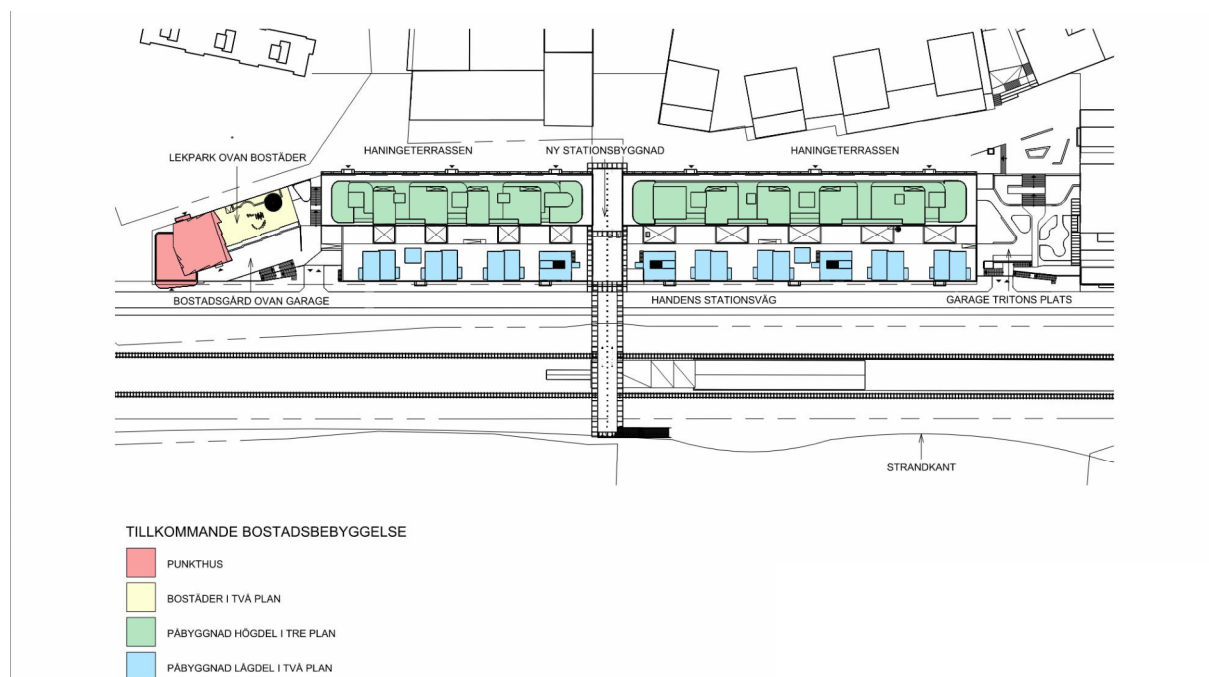
Den totala bruttoarean för nybyggnation uppskattas till ca 18 140 m² nya bostadshus, varav ca 8 070 m² i de nya påbyggnationerna ovanpå befintliga högdelar (5 570 m²) och lågdelar (2 500 m²) samt ca 10 070 m² i det nya punkthuset i områdets norra del.

Med en persontäthet inom kontor motsvarande dimensionerande värden enligt BBR (se avsnitt 2.2.1) skulle detta kunna innebära sammanlagt ca 2 320 personer inom de ombyggda kontorsbyggnader.

För bostäder anger BBR inget värde på dimensionerande persontäthet. Det antas grovt att i genomsnitt bor 2-3 personer per lägenhet beroende på storlek, vilket kan omräknas till 1 person per ca 20-30 m² bostadsyta. Inom flerbostadshus uppskattas därmed en maximal persontäthet på ca 0,033 personer per m² BTA. Detta motsvarar sammanlagt ca 600 personer inom bostäder vid full belastning.

Detaljplanen innefattar dessutom två parkeringshus söder om Handenterminalen respektive i anslutning till det nya punkthuset. Parkeringshusen planeras vardera omfatta ca 150 parkeringsplatser. Parkeringshusen syftar till att främst betjäna den aktuella bebyggelsen så förväntas detta inte generera ytterligare personbelastning inom det studerade området.

Figur B.2 visar planerad bebyggelsestruktur inom planområdet efter föreslagen ny- och ombyggnation enligt beskrivningen ovan.



Figur B.2. Situationsplan Söderbymalm 3:468 m.fl.
(Wählin Arkitekter, Skissförslag daterad 2023-06-09).

Med föreslagen utformning enligt figur B.2 blir avståndet mellan Nynäsbanan och bebyggelse som minst 25 meter (mätt från närmaste spårmit).

2.3 Kringliggande bebyggelse

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

Kringliggande bebyggelse varierar både avseende verksamhet och avstånd till Nynäsbanan.

Öster om Nynäsbanan

I Handen pågår många olika detaljplaneprojekt som syftar till att skapa förutsättningar för fler bostäder, verksamheter och service. Handen ska växa genom förtätning längs befintliga gator, vilket syftar till att omvandla relativt storskaliga trafikmiljöer utmed bland annat Nynäsvägen till mer intima stadsrum.

Direkt söder om Handenterminalen ligger **Najaden** (se figur 2.1) som också ligger i suterräng och består av en terrasserad lågdal mot Nynäsbanan i väster och en högdal upp mot busstorget i öster. 2017 vann en ny detaljplan laga kraft för Najaden som bibehöll befintlig bebyggelsestruktur, men som gjorde det möjligt för fler användningsområden utöver tidigare centrumbebyggelse. Detaljplanen medger nu bostäder kombinerat med centrumfunktioner, skola och kontor. De delar av byggnaden där detaljplanen medger bostäder föreslås att etablera ett äldreboende i den södra delen av byggnaden samt gruppboende i högdelen mellan de mellersta flyglarna. Byggnaden omfattar totala ca 50 000 m² BTA verksamhetslokaler (vilket inkluderar hotell, äldreboende och gruppboende).

Öster om Handenterminalen och vidare söderut mellan Najaden och Haninge kommunhus pågår byggnationen av **Haningeterrassen** (se figur 2.1). Detaljplanen för Haningeterrassen medger dels en ny bussterminal, flerbostadshus, vårdlokaler, biograf och plats för service och handel. Detaljplanen möjliggör för drygt 450 bostäder och ca 47 000 m² verksamhetslokaler (varav ca 45 000 m² i planens norra kvarter).

Det norra kvarteret inom detaljplanen för Haningeterrassen är i första hand tänkt för verksamheter, främst specialistcentrum med vårdverksamheter, men det möjliggörs också för bostäder. Med bostäder så kommer byggrätten i det norra kvarteret att minska till ca 22 000 m² och det bedöms att ca 160 bostäder skulle kunna tillskapas.

Ytan mellan Handenterminalen och Najaden planeras att utföras som en utsiktsplats vid namn Tritons plats. Trappan kommer att erbjuda informella sitt- och hängplatser längs med trappan samt viloplan.

Den norra delen av planområdet angränsar i öster mot befintliga flerbostadshus (lamellhus i sju våningsplan) och vidare österut på andra sidan Nynäsvägen ligger **Haninge Centrum**. Det pågår ett planarbete för ytan mellan Haninge Centrum och Nynäsvägen som syftar till att ersätta befintligt parkeringsdäck och varumottagning för gallerian med en biograf och nya bostäder med lokaler i markplan.

Utifrån beskrivningen ovan så görs en grov uppskattning att vid full belastning så antas upp mot 8 000-9 000 personer kunna vistas inom studerade kringliggande området runt planområdet öster om Nynäsbanan.

Avståndet till befintlig kringliggande bebyggelse på den östra sidan av Nynäsbanan varierar utmed den studerade sträckan. Najaden ligger ca 20-25 meter från Nynäsbanans närmaste spår. Vidare norrut så ökar avståndet till kringliggande bebyggelse eftersom det aktuella planområdet ligger emellan. Befintliga bostadshus utmed Nynäsvägen ligger ca 100 meter från Nynäsbanans närmaste spår, medan den nya bebyggelsen inom Haningeterrassen hamnar ca 75 meter från närmaste spår.

Väster om Nynäsbanan

Bebyggelsen inom det studerade området väster om Nynäsbanan, se figur B.1, är mycket gles. Närmast om Nynäsbanan ligger enligt tidigare sjön Rudan som omfattar ungefär hälften av det studerade området väster om Nynäsbanan. I övrigt så omfattas majoriteten av området utav skogsmark. Några enstaka bostadsfastigheter har identifierats inom området. Vid sjöns södra strand finns en badplats, som uppskattas kunna medföra relativt stora personantal under sommarhalvåret. Det uppskattas mycket grovt att högst 500 personer vistas inom det studerade kringliggande området runt planområdet väster om Nynäsbanan.

2.4 Sammanställning

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

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

Beräkningarna avgränsas vidare till tre scenarier, nämligen:

1. Genomsnittligt normaldygn:

- 1.1 Dagtid (kl 08-22) – Ca 50 % beläggning inom kontor och verksamheter respektive bostadshus m.m. inom planområdena och i omgivningen.
Öster om Nynäsbanan antas ca 10 % vistas utomhus.
Väster om Nynäsbanan antas persontätheten utomhus vara ca 0,005 pers/m² i anslutning till planområdet respektive ca 0,0017 pers/m² inom övriga ytor.
- 1.2 Nattetid (kl 22-08) – i huvudsak personer inom bostadsbebyggelse. 100 % beläggning inom bostadshus och 0 % inom övrig bebyggelse.
Öster om Nynäsbanan antas ca 5 % vistas utomhus.
Väster om Nynäsbanan antas persontätheten utomhus vara ca 0,0025 pers/m² i anslutning till planområdet respektive ca 0,0005 pers/m² inom övriga ytor.
- 1.3 **”Fullsatt område”** – Full beläggning inom all bebyggelse (kontor, verksamheter och bostäder m.m.), vilket bedöms kunna förekomma under begränsade perioder i samband med morgon- respektive eftermiddagsrusningen.
Öster om Nynäsbanan antas ca 10-20 % vistas utomhus (det högre värdet antas inom planområdet i och med närheten till pendeltågsstationen och planerade torgytor som kan förväntas medföra personflöden genom området).
Väster om Nynäsbanan antas persontätheten utomhus vara ca 0,02 pers/m² i anslutning till planområdet respektive ca 0,0017 pers/m² inom övriga ytor.

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

Tabell B.1. Uppskattning av personantal inom planområde och kringliggande bebyggelse (inom 300 meters radie, se figur B.1).

Område	Planalternativ			Nollalternativ		
	Normaldygn - dag	Normaldygn - natt	Fullsatt område	Normaldygn - dag	Normaldygn - natt	Fullsatt område
Planområdet						
<i>Inomhus</i>	1 316	574	2 340	1 044	0	1 856
<i>Utomhus</i>	146	30	585	116	0	464
Kringliggande områden öster om Nynäsbanan						
<i>Inomhus</i>	7 935	4 449	7 935	7 935	4 449	7 935
<i>Utomhus</i>	882	234	882	882	234	882
Kringliggande områden väster om Nynäsbanan						
<i>Inomhus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Utomhus</i>	473	118	473	473	118	473
Totalt	12 253	5 789	14 154	10 760	5 154	11 108
<i>Inomhus</i>	10 752	5 406	12 214	9 406	4 802	9 754
<i>Utomhus</i>	1 501	383	1 939	1 355	352	1 355

3. Beräkning av skadeavstånd/-områden

3.1 Urspårning

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

Skadeområdet vid en urspårning understiger i princip alltid 25-30 meter vinkelrätt ut från spåret. Detta skadescenario motsvarar en helt snedställd tågagn. Sannolikheten för detta värsta tänkbara scenario är extremt låg, se bilaga A.

Med hänsyn till gällande hastighetsbegränsningar på den aktuella järnvägssträckan (140 km/h för persontåg och 100 km/h för godståg) beräknas det maximala vinkelräta avståndet från spåret som vagnen kan hamna till ca 15 meter vid urspårning med persontåg och ca 13 meter vid urspårning med godståg.

De ekvationer som används för beräkning av sannolikhet och frekvens som funktion av avståndet från järnvägen i bilaga A gäller för en obebyggd omgivning som ligger ungefär i samma nivå som järnvägen. Utmed den aktuella sträckan går järnvägen något lägre än bebyggelsen, se avsnitt 2.2. Både befintlig och planerad bebyggelse ligger dessutom minst 25 meter från närmaste spårmit.

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

- Urspårning persontåg (hastighetsbegränsning 140 km/h)
 - Dimensionerande scenario, medel: skadeavstånd <8 meter
 - Dimensionerande scenario, max: skadeavstånd 8-15 meter
 - Worst case scenario: skadeavstånd 30 meter (1 % av frekvens för dim. scenario, max)
- Urspårning godståg (hastighetsbegränsning 100 km/h)
 - Dimensionerande scenario, medel: skadeavstånd < 6 meter
 - Dimensionerande scenario, max: skadeavstånd 6-13 meter
 - Worst case scenario: skadeavstånd 30 meter (1 % av frekvens för dim. scenario, max)

Skadezonen utbredning i längsled utmed järnvägen antas konservativt motsvara den längsta sträcka som den urspårade vagnen kan gå längs med spåret, vilket beräknas i bilaga A. För samtliga scenarier ovan antas skadezonen i längsled utmed järnvägen vara 245 meter vid urspårning med persontåg respektive 125 meter vid urspårning med godståg.

Bedömningskriterier

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

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

3.2 Brand i godståg

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

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

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

Brandeffekt (Q) – Brandeffekten beräknas utifrån pölarean och ansätts till att 1 MW genereras per kvadratmeter pölarea /3/.

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

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

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

Utfallande strålning (I₀) – Den utfallande strålningen (kW/m²) är beroende av pölbrandens diameter. Upp till en viss pölstorlek ökar strålningen från 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 /5/:

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

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

Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flammen och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt /6/: $F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$

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

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

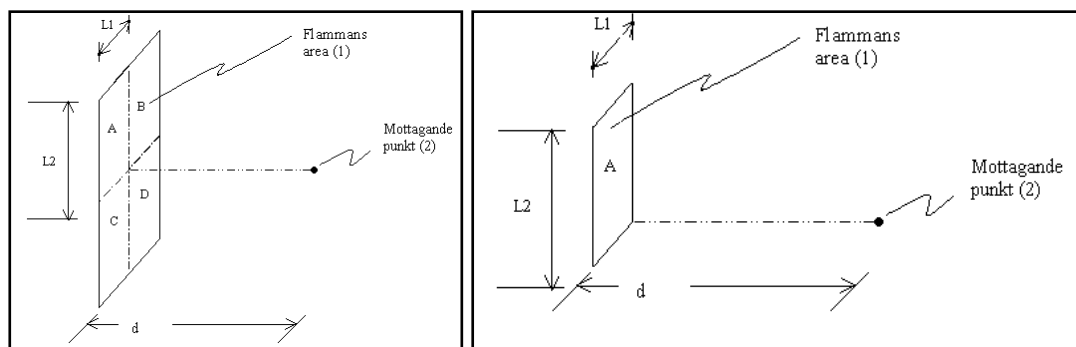
/4/ Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000

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

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

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

$\Theta_1 = \Theta_2 =$ infallande vinkel (d.v.s. 0) och $A_1 = L_1 \times L_2$ enligt figur B.3.



Figur B.3. Synfaktor.

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

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

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

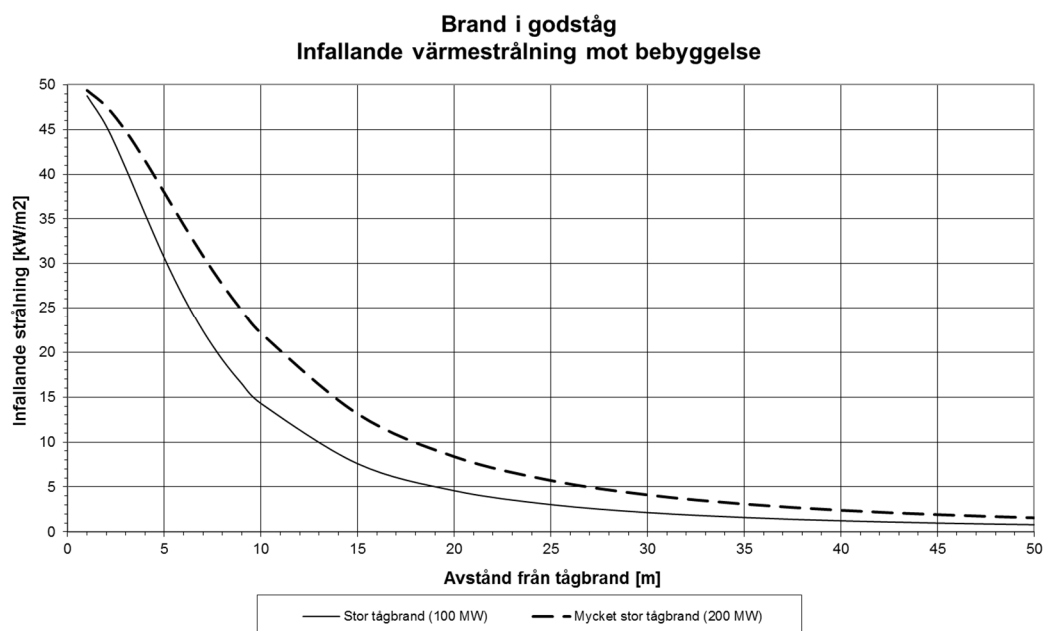
Infallande strålning (I) – Den från branden infallande värmestrålningen (kW/m^2) som når omgivningen minskar med avståndet från branden och beräknas genom: $I = F \times I_0$

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

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

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

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



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

Bedömningskriterier

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

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

Tabell B.3. Effekter av olika strålningsnivåer /3, 8/.

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

Sannolikheten för att personer som befinner sig **inomhus** omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. Den kritiska värmeinstrålningen ansätts till 15 kW/m² om inga byggnadstekniska åtgärder beaktas, vilket motsvarar det kriterium som anges i BBRAD 3 /9/ avseende brandspridning mellan byggnader. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändig brand sprids in i byggnaden. Mycket grovt uppskattas det att 5 % av de personer som befinner sig inomhus inom det område kring tågbranden där strålningsnivån överstiger 15 kW/m² omkommer.

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

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

Resultat

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

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

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

/9/ BBRAD 3 – Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BFS 2013:12; Boverket 2013

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

3.3 Olycka med farligt gods

3.3.1 Klass 1. Explosiva ämnen

Metodik

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

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

- 500 kg ekvivalent TNT (trotyl)
- 2000 kg ekvivalent TNT (trotyl)
- 25 000 kg ekvivalent TNT (trotyl)

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

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

Konsekvensberäkningarna utgår från beräkningar av maximalt övertryck (P_+), impulstäthet (I_+) samt varaktighet (t_+) för de studerade explosionsscenerierna. I figur B.5 och figur B.6 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av 1,8·X kg i fri luft.

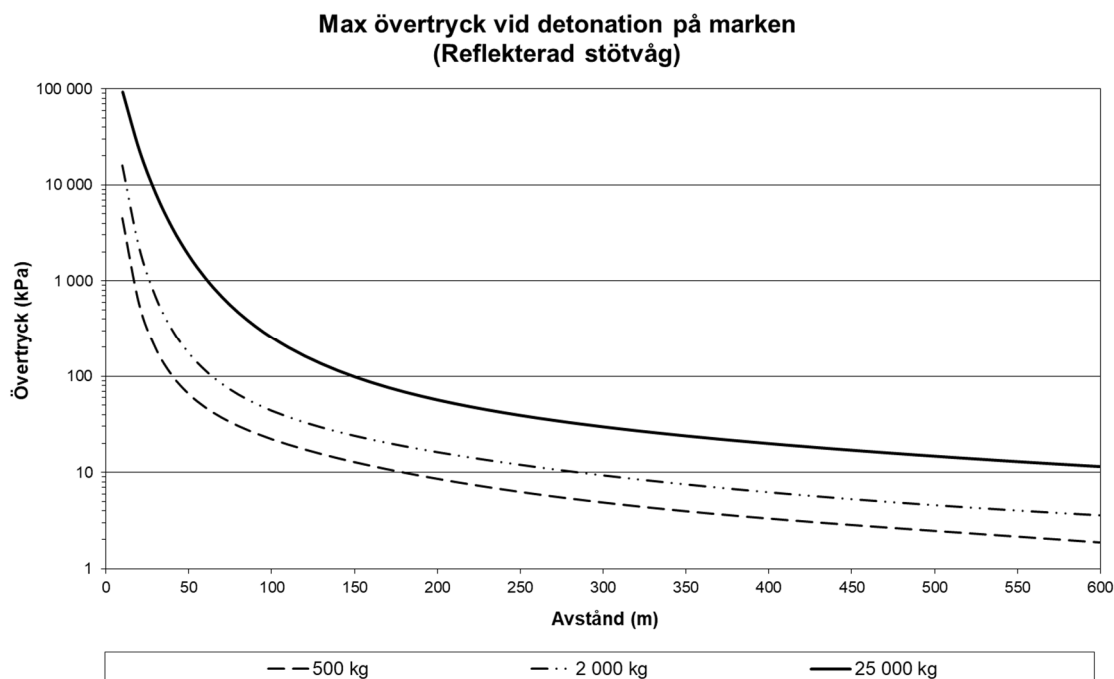
För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

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

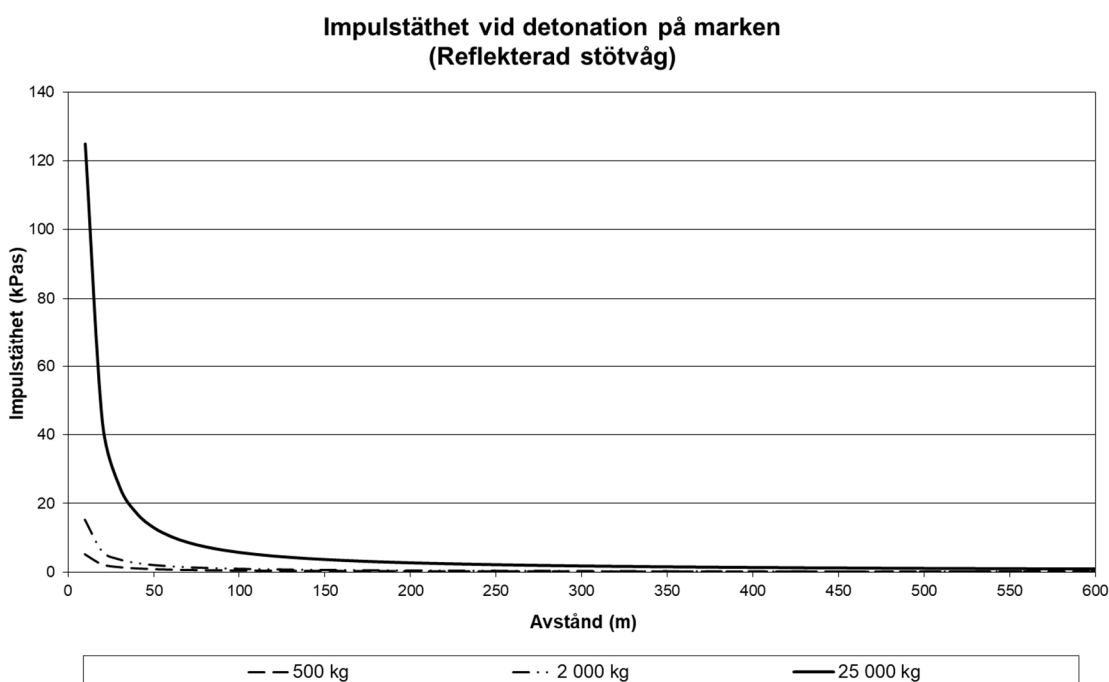
Explosionens varaktighet t_+ beräknas grovt enligt följande ekvation och blir samma oavsett infallande vinkel:

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

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



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



Figur B.6. Impulstäthet som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

Bedömningskriterier

Inomhus: Enligt ovan beror konsekvenserna inomhus på explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) i förhållande till byggnadsdelarnas karaktäristiska tryck (P_c) och impuls (I_c), se ekvationen i avsnitt Metodik. I tabell B.5 anges karaktäristiska tryck (P_c) respektive impulstäthet (I_c) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärighet /11/.

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

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

Sannolikheten för att omkomma inomhus är beroende av antalet våningsplan i byggnaden och ökar med ökande våningsantal. I konsekvensberäkningarna kommer det uppskattas grovt att ca 100 % av personer som vistas inom totalkollapsade byggnadsdelar omkommer. Inom byggnadsdelar som endast rasar lokalt antas ca 15 % omkomma.

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

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

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

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

Resultat

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

/11/ Konsekvenser vid explosioner – kompendium framtaget i samband med FOAs kurs explosivämneskunskap, FOA, Rickard Forsén 1999-09-03 (Bearbetat av Stefan Olsson 2001-09-16)

Byggnadsdelarna har delats upp på bärande byggnadsdelar och icke bärande lätta respektive medeltunga byggnadsdelar. De infallande tryck som redovisas i figur B.5 gäller för en punkt (byggnad eller människa) som är helt oskyddad mot riskkällan. Den första byggnaden reducerar med stor sannolikhet det infallande trycket mot bakomliggande byggnader relativt mycket. Det uppskattas grovt att den första byggnaden medför att trycket och impulstätheten mot nästföljande byggnad reduceras med åtminstone upp till ca 50 % i förhållande till vad som anges i figur B.5 respektive figur B.6. I tabell B.6 redovisas skadeavstånden för dels icke skyddad bebyggelse och dels skyddad bebyggelse.

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

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		Oskyddad bebyggelse	Skyddad bebyggelse
500 kg massexplosion	100 % <i>inomhus</i>	20	< 20
	15 % <i>inomhus</i>	50	< 30
	10 % <i>utomhus</i>	30	< 30
2 000 kg massexplosion	100 % <i>inomhus</i>	30	< 30
	15 % <i>inomhus</i>	120	100
	50 % <i>utomhus</i>	50	< 30
25 000 kg massexplosion	100 % <i>inomhus</i>	90	60
	15 % <i>inomhus</i>	450	250
	100 % <i>utomhus</i>	100	70

3.3.2 Klass 2.1 Brännbara Gaser

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

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

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

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

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

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck vid 15°C
- Lufttryck: 760 mmHg
- Väder: 15°C, 50 % relativ fuktighet, dag och klart
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

- Tankdiameter: 2,5 m
- Tanklängd: 19 m
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Tankens tomma vikt: 50 000 kg
- Designtryck: 15 bar övertryck
- Bristningstryck: 4 x designtrycket

Avseende olycka på järnväg har skadescenarierna jetflamma respektive gasmolnexplosion simulerats för följande utsläppsstorlekar /12/:

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

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

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

BLEVE simuleras utifrån förutsättningen att hela tanken inkluderas i explosionen, d.v.s. 25 ton brännbar gas.

Bedömningskriterier

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

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

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

För gasmolnexplosion och BLEVE bedöms sannolikheten för brandspridning vara låg med hänsyn till kortvariga brandförlopp. Konsekvenser inomhus kan dock uppstå p.g.a. tryckpåverkan. Utifrån detta uppskattas grovt att 5 % av personer som befinner sig inomhus inom belyst skadezon enligt tabell B.7 förväntas omkomma.

Resultat

I tabell B.7 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat, varför dess bredder även presenteras.

/12/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

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

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

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

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

3.3.3 Klass 2.3 Giftiga Gaser

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

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

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

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

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

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

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

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

Bedömningskriterier

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

Resultat

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

Tabell B.8. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarioer vid transport av giftiga gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)							
		Oskyddad bebyggelse				Skyddad bebyggelse			
		Inomhus		Utomhus		Inomhus		Utomhus	
		bredd	längd	bredd	längd	bredd	längd	bredd	längd
Litet utsläpp (packningsläckage)	100%	0	0	4	10	0	0	4	10
	50%	0	0	20	30	0	0	20	15
	5%	4	15	30	50	4	15	30	25
Stort utsläpp (stor punktering)	100%	20	50	140	250	20	25	140	125
	50%	80	260	240	370	80	130	240	185
	5%	190	345	360	430	190	172,5	360	215

3.3.4 Klass 3. Brandfarliga vätskor

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

Utformningen av spårområdet med makadam och dränering innebär att spridningen av ett vätskeutsläpp på järnväg bedöms bli relativt begränsat, även vid ett stort utsläpp, eftersom underlagets genomsläpplighet är god. I försök har det även påvisats att pölens utbredning är kraftigt beroende av underlagets utformning och lutningar /13/. Det krävs relativt små lutningar för att vätskan ska forma rännilar eller ansamlingar i lågpunkter m.m.

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

Konsekvensberäkningar utförs för följande skadescenarier:

- Liten pölbrand: 100 m²
- Stor pölbrand: 200 m²
- Godsvagnsbrand: Max brandeffekt ca 300 MW
(effekten motsvarar det värde som anges i /14/ för tankbilsbrand, vilket härstammar från en bedömning som baseras på den högsta brandeffekt som uppmätts vid eldning av gods i tunnel)

Beräkningsmetodiken följer den som redovisas i avsnitt 3.2.

Med hjälp av gällande samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flamhöjden beräknats för de två skadescenarierna (se tabell B.9).

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

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

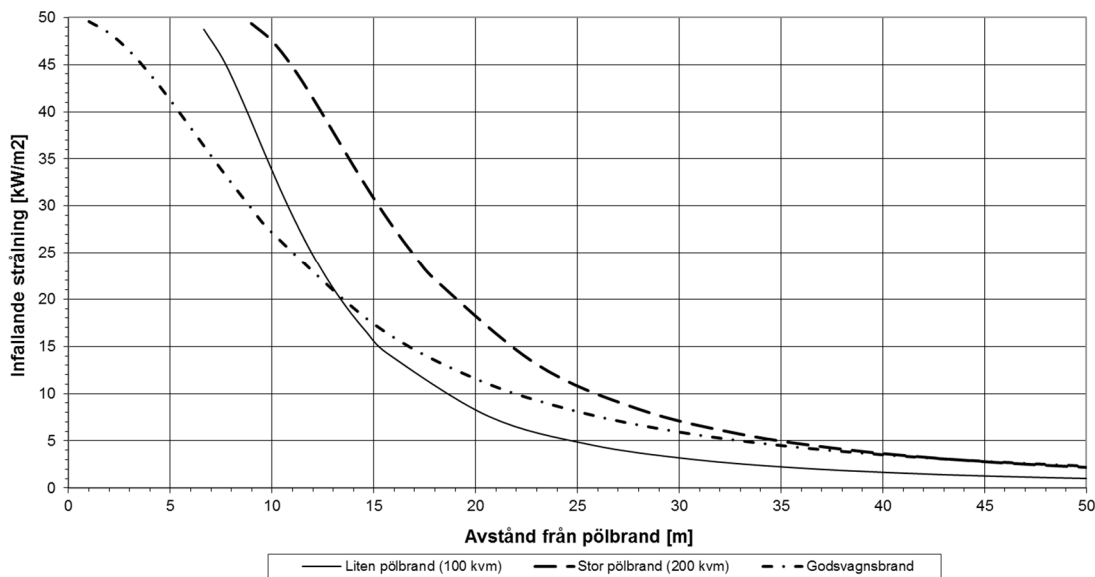
Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.7. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. I diagrammen beaktas även pölarnas radie (ej för godsvagnsbrand), vilket beror på att pölen kan spridas mot det studerade området.

Enligt tabell B.9 sjunker den utfallande strålningen med pölbrandens storlek. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på 50 kW/m² för samtliga brandscenarier.

/13/ Konsekvenser vid tankbilsolycka med bensen i Stockholms innerstad, Stockholms brandförsvär, 1998

/14/ Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee of Road Tunnels, 1999

Infallande värmestrålning mot bebyggelse Ingen barriär - fri spridning av pöl



Figur B.7. Infallande strålning som funktion av avståndet från pölbrand respektive godsvagnsbrand.

Bedömningskriterier

Se avsnitt 3.2.

Resultat

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

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

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
Liten pölbrand (100 MW)	5% inomhus	15
	100% utomhus	9
	50% utomhus	15
	5% utomhus	18
Stor pölbrand (200 MW)	5% inomhus	22
	100% utomhus	13
	50% utomhus	22
	5% utomhus	25
Godsvagnsbrand (300 MW)	5% inomhus	17
	100% utomhus	7
	50% utomhus	17
	5% utomhus	22

3.3.5 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Metodik

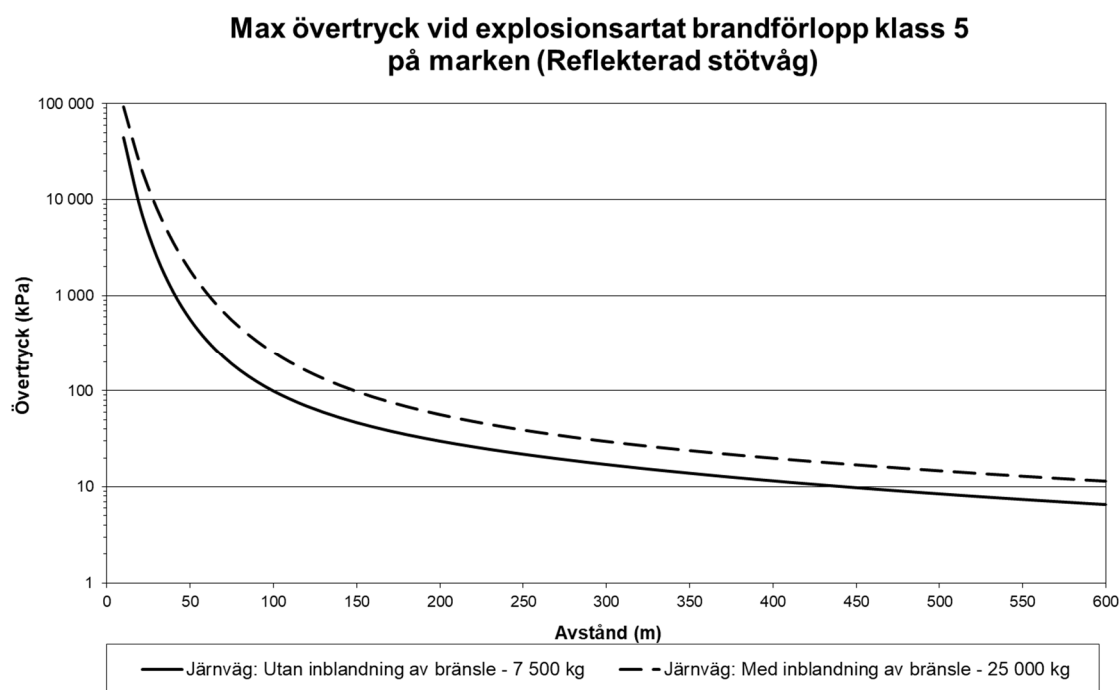
En olycka med utsläpp av oxiderande ämnen eller organiska peroxider ska normalt inte leda till något följdscenario som innebär allvarliga personskador. Det finns dock ämnen inom denna farligt godsklass som, om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t ex bensin, motorolja etc.), kan leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Explosionen kan då liknas vid en explosion av massexplosiva ämnen.

Vid transport på **järnväg** studeras två olika explosionsartade olycksscenarioer med klass 5 utifrån beskrivningen i bilaga A beroende av vilket ämne som transporteras samt om olyckan inkluderar att lasten blandas med bränsle.

- Explosion utan blandning av bränsle bedöms ha en explosionslast som är ca 20-30 % av massexplosion med motsvarande mängd trotyl, ca 25 000 kg x 30 % = 7 500 kg.
- Explosion med blandning av bränsle kan ha en explosionslast som är 70-100 % av massexplosion med motsvarande mängd trotyl, ca 25 000 kg x 100 % = 25 000 kg. Olyckan motsvarar mycket konservativt att det olycksdrabbade tåget också innehåller tankvagn med brandfarlig vätska som också läcker ut och blandas med klass 5-ämnet.

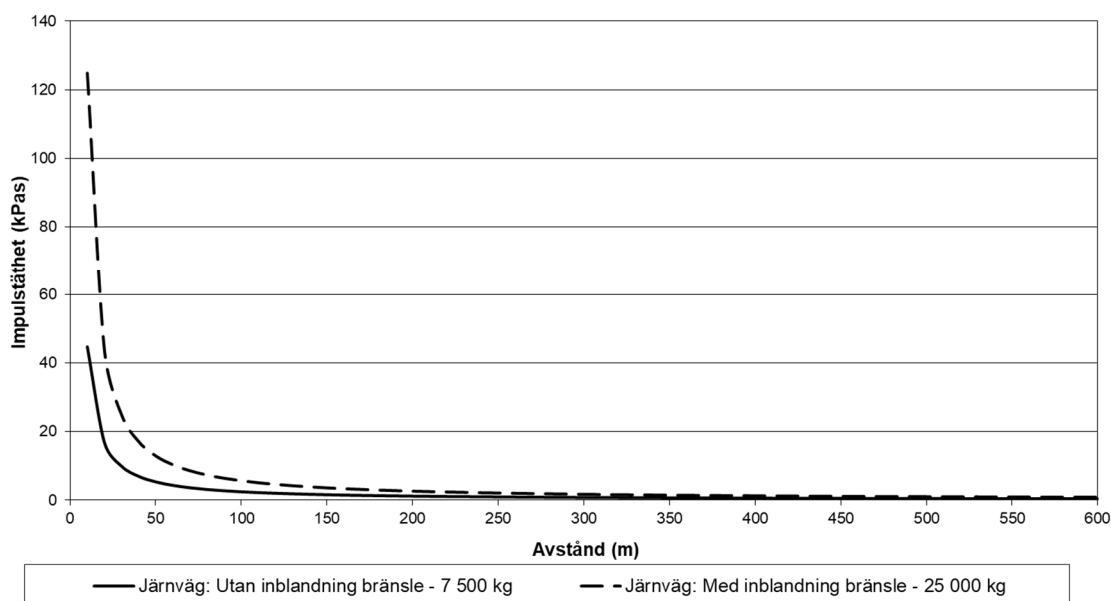
Konsekvensberäkningarna för dessa skadescenarioer följer den metodik som redovisas i avsnitt 3.3.1.

I figur B.8 och figur B.9 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av 1,8·X kg i fri luft. För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.



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

Impulstäthet vid explosionsartat brandförlopp klass 5 på marken (Reflekterad stötvåg)



Figur B.9. Impulstäthet som funktion av avståndet från explosionsartat brandförlopp med klass 5 på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

För de olycksscenarioer där explosion inte inträffar kan klass 5-ämnet ändå vara brandunderstödjande och innebära ett mycket kraftigt brandförlopp. Detta gäller både vid olycka på järnväg och väg. Ett brandunderstödjande brandförlopp vid olycka med klass 5 antas motsvara en godsvagnsbrand med brandfarlig vätska, se avsnitt 3.3.4. Se figur B.7.

Bedömningskriterier

Se avsnitt 3.2 respektive avsnitt 3.3.1.

Resultat

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

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

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		Oskyddad bebyggelse	Skyddad bebyggelse
Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarande 7 500 kg ekvivalent trotyl)	100 % <i>inomhus</i>	60	40
	15 % <i>inomhus</i>	250	120
	50 % <i>utomhus</i>	50	35
Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarande 25 000 kg ekvivalent trotyl)	100 % <i>inomhus</i>	90	60
	15 % <i>inomhus</i>	450	250
	50 % <i>utomhus</i>	100	70
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande godsvagnsbrand med klass 3)	5% <i>inomhus</i>	17	17
	100% <i>utomhus</i>	7	7
	50% <i>utomhus</i>	17	17
	5% <i>utomhus</i>	22	22

4. Beräkning av antal omkomna

4.1 Resultat

I nedanstående tabeller redovisas uppskattat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 2) inom det studerade området.

Beräkningen av antalet omkomna utgår från en beräkning av hur stor andel som skadeområdet för respektive skadescenario utgör av det totala studerade området. Denna andel multipliceras sedan med det dimensionerande personantalet, samt sannolikheten att omkomma, för att på så sätt få ut förväntat antal omkomna. Beräkningarna delas upp i konsekvenser inom planområdet respektive inom kringliggande områden. Skadeområdena har beräknats med hänsyn tagen till minsta avstånd 25 meter mellan spår och bebyggelse (ny och befintlig) samt minst 10 meter mellan spår och obebyggda ytor där personer förväntas kunna vistas (avdraget motsvarar spårområdets bredd utanför det närmaste spåret).

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

Enligt avsnitt 3.1 så utförs konsekvensberäkningarna utifrån förutsättningen där de innebär så stora konsekvenser som möjligt för det studerade planområdet. Detta innebär att samtliga olycksrisker antas inträffa på det närmaste spåret.

Ovanstående förutsättningar innebär att avståndet till kringliggande bebyggelse öster om järnvägen ökar med ca 15 meter i förhållande till vad som redovisas ovan. Detta påverkar de skadescenarier som har ett cirkulärt skadeområde (explosion, BLEVE m.m.). De skadescenarier som endast påverkar en sida åt gången (urspårning, gasutsläpp m.m.) förutsätts enligt tidigare vara riktade mot planområdet.

Tabell B.12. Beräknade konsekvenser – antal omkomna vid olycka på Nynäsbanan.

Skadesscenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
1. Urspårning						
Urspårning persontåg, dim.scenario min						
<i>Normaldygn – dag</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Normaldygn – natt</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	0	0	0	0	0	0
Urspårning persontåg, dim.scenario max						
<i>Normaldygn – dag</i>	0	1	1	0	0	0
<i>Normaldygn – natt</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	0	3	3	0	2	2
Urspårning persontåg, worst case scenario						
<i>Normaldygn – dag</i>	4	2	6	3	2	5
<i>Normaldygn – natt</i>	2	1	2	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	6	10	15	5	8	12
Urspårning godståg, dim.scenario min						
<i>Normaldygn - dag</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Normaldygn - natt</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	0	0	0	0	0	0
Urspårning godståg, dim.scenario max						
<i>Normaldygn - dag</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Normaldygn - natt</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	0	1	1	0	1	1
Urspårning godståg, worst case scenario						
<i>Normaldygn - dag</i>	3	2	6	3	2	5
<i>Normaldygn - natt</i>	1	1	2	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	5	10	15	4	8	12

Tabell B.11. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
2. Brand i godståg						
Stor tågbrand (100 MW)						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Mycket stor tågbrand (200 MW)						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
3. Olycka vid transport av farligt gods						
Klass 1.1 Masseexplosiva ämnen						
500 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	1	1	2	1	0	1
Normaldygn - natt	1	0	1	1	0	1
Fullsatt område	2	2	5	2	2	4
2 000 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	113	12	125	90	9	99
Normaldygn - natt	49	2	52	46	0	46
Fullsatt område	201	43	244	198	35	233
25 000 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	598	60	658	524	50	575
Normaldygn - natt	291	13	304	210	4	214
Fullsatt område	875	195	1069	806	157	964
Klass 2.1 Brännbar gas						
Liten jetflamma						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Liten gasmolnsexplosion						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Stor jetflamma						
Normaldygn - dag	4	9	13	3	7	10
Normaldygn - natt	2	2	4	0	0	0
Fullsatt område	8	34	42	6	27	33

Tabell B.11. Forts.

Skadesscenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Stor gasmolnsexplosion						
Normaldygn - dag	39	57	96	31	45	76
Normaldygn - natt	17	12	29	0	0	0
Fullsatt område	70	227	297	55	180	236
BLEVE						
Normaldygn - dag	109	118	227	96	103	198
Normaldygn - natt	53	27	80	24	12	36
Fullsatt område	160	337	498	136	277	413
Klass 2.3 Giftig gas						
Litet utsläpp						
Normaldygn - dag	0	2	2	0	2	2
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	8	8	0	6	6
Stort utsläpp						
Normaldygn - dag	515	223	739	441	195	635
Normaldygn - natt	244	51	295	87	22	109
Fullsatt område	796	639	1435	663	524	1188
Klass 3 Brandfarlig vätska						
Liten pölbrand						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	1	1	0	1	1
Stor pölbrand						
Normaldygn - dag	0	2	2	0	1	1
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	7	7	0	5	5
Godsvagnsbrand						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	2	2	0	1	1

Tabell B.11. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Klass 5 Oxiderande ämnen						
Explosionsartat brandförlopp utan blandning (motsvarande 7500 kg massexplosion)						
<i>Normaldygn - dag</i>	231	1	232	160	1	161
<i>Normaldygn - natt</i>	101	0	101	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	411	4	415	285	3	288
Explosionsartad brandförlopp med blandning (motsvarande 25000 kg massexplosion)						
<i>Normaldygn - dag</i>	598	60	658	524	50	575
<i>Normaldygn - natt</i>	291	13	304	136	4	140
<i>Fullsatt område</i>	875	195	1069	744	157	901
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande mycket stor brand i godståg)						
<i>Normaldygn - dag</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Normaldygn - natt</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	0	2	2	0	1	1

Bilaga C - Riskberäkningar

Uppdragsnamn

Handenterminalen, Haninge kommun

Uppdragsgivare

Handenterminalen Fastighetsaktiebolag

Uppdragsnummer

506418

Datum

2023-10-13

Handläggare

Erik Hall Midholm

Egenkontroll

EMM 2023-10-13

Internkontroll

RKL 2023-10-13

1. Inledning

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

Den sammanvägda risken kommer att redovisas med riskmått individrisk respektive samhällsrisk.

2. Beräkning av individrisk

2.1 Metodik

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

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

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

1. De konsekvensberäkningar som redovisas i bilaga B visar att andelen personer inom skadeområdet som bedöms omkomna minskar med avståndet från riskkällan. Detta innebär även att sannolikheten för att den fiktiva personen som studeras vid beräkning av individrisk omkommer också minskar med avståndet för respektive skadescenario. Med avseende på respektive skadescenario reduceras därför individrisken för olika avståndsnivåer enligt konsekvensberäkningarna.
2. De beräknade skadeområden för olycksscenarierna skiljer sig i förhållande till den järnvägssträcka som studeras (1 000 m). Detta innebär att det inte är givet att en person som befinner sig inom kritiskt område i planområdet omkommer om en olycka inträffar på den aktuella sträckan. För skadescenarier med mycket stort skadeområde kan fallet vara det motsatta, d.v.s. personer inom planområdet kan omkomma även om olyckan inträffar utanför den studerade sträckan.

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

3. För vissa olycksscenarier förknippade med gaser (både brännbara och giftiga) blir skadeområdet inte cirkulärt. Detta innebär i sin tur att det inte är givet att en person som

Stockholm • Falun • Gävle • Kalmar • Karlstad • Malmö • Uppsala • Örebro

befinner sig inom det kritiska området omkommer. För dessa scenarier reduceras frekvensen ytterligare med avseende på gasplymens spridningsvinkel.

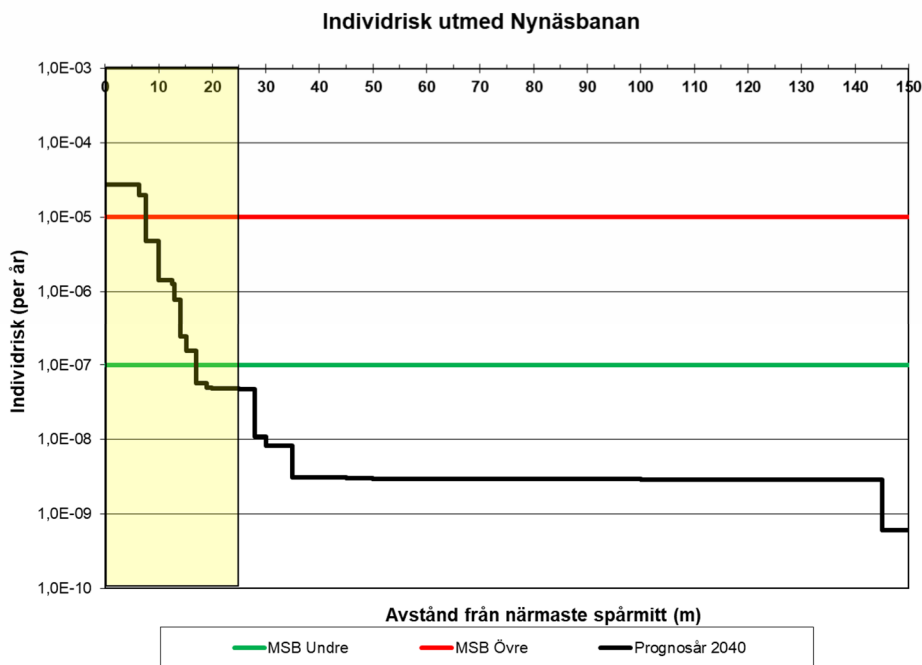
2.2 Bedömningskriterier

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

2.3 Resultat

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

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



Figur C.1. Individriskprofil för oskyddad person som funktion av avståndet till Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmittpå).

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

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

3. Beräkning av Samhällsrisk

3.1 Metodik

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

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

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

Vid sammanställningen av samhällsrisk antas att de beräknade konsekvenserna kan inträffa oavsett var på den studerade järnvägssträckan som olyckan inträffar. Detta är ett mycket konservativt antagande som säkerställer att risknivån för det aktuella planområdet inte underskattas med hänsyn till kringliggande bebyggelse.

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

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

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

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

Genomsnittligt normaldygn:

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

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

"Fullsatt område" – Ca 10 % av ett år (vilket motsvarar ca 2,5 timme per dygn).

3.2 Bedömningskriterier

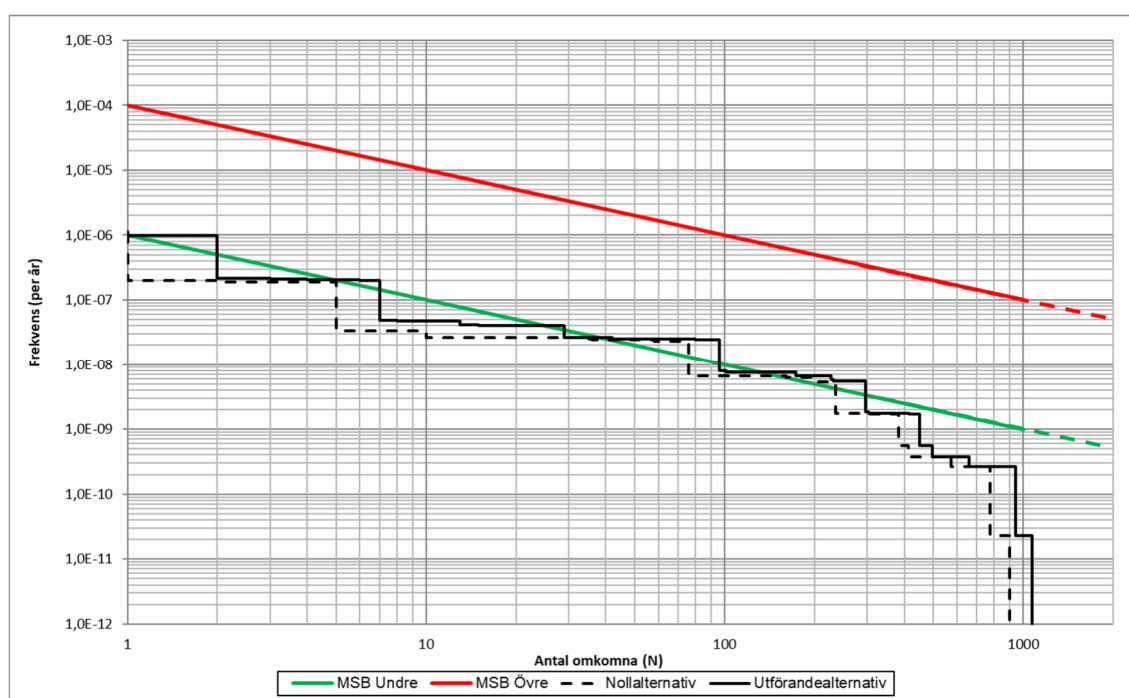
Den beräknade samhällsrisk kommer att värderas utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk /1/*, se avsnitt 5.2.3 i huvudrapporten. Riskkriterierna redovisas även i diagrammet nedan.

3.3 Resultat

3.3.1 Samhällsrisk utan åtgärder

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

Samhällsrisk redovisas för prognosår 2040.



Figur C.2. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Nynäsbanan i anslutning till Handenterminalen.

3.3.2 Samhällsrisk med åtgärder

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

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

För utförandealternativ med åtgärder antas att åtgärderna har följande reducerande effekter:

Planering och placering av ny bebyggelse samt markanvändning

Ny bebyggelse ska placeras så att avstånden är minst 25 meter till Nynäsbanans närmaste spår, mätt från spårmittpunkt.

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

Aktuell situationsplan medger bebyggelse 25 meter från närmaste järnvägsspår. Åtgärdsförslaget har därför beaktats i riskberäkningarna och innebär ingen förändring i förhållande till utförda beräkningar.

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

Åtgärden reducerar antalet omkomna utomhus för olycksrisker med skadeavstånd som understiger dessa avstånd samt reducerar antalet omkomna utomhus för övriga olycksrisker. Åtgärdsförslaget har delvis beaktats i riskberäkningarna genom att ange ett genomsnittligt avstånd på minst 10 meter mellan närmaste spår och ytor där personer förväntas vistas (avdraget motsvarar spårområdet bredd utanför det närmaste spåret) samt att persontätheten inom de obebyggda ytorna närmast järnvägen har ansatts som låg med hänsyn till föreslagen situationsplan och markanvändning närmast järnvägen. Konsekvensberäkningarna beaktar inte i detalj placering av ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse eftersom dessa förutsättningar kan förändras. Att reglera åtgärden genom en planbestämmelse bedöms ytterligare reducera sannolikheten för att personer vistas inom området mellan järnväg och ny bebyggelse. Det antas grovt att åtgärderna, i kombination med den planerade utformningen av ytorna närmast järnvägen som bl.a. innefattar nivåskillnader reducerar antalet omkomna utomhus i planområdet med minst 50 % vid urspårning, tågbrand samt olycka med brandfarliga vätskor. För skadescenarier med mycket stora skadeavstånd, som massexplosion, stor gasmolnexplosion och BLEVE samt stort utsläpp giftig gas uppskattas den reducerande effekten bli mindre, uppskattningsvis högst 10 %.

Byggnadstekniska åtgärder

Allmänt om utformning av ny bebyggelse

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

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

Skydd mot brand

För bostadsbebyggelse inom 50 meter samt för kontorsbebyggelse inom 30 meter från järnvägens närmaste spår gäller följande med hänsyn till gällande avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd:

- Fasader som vetter direkt mot Nynäsbanan utan framförliggande bebyggelse ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.

- Fönster som vetter direkt mot Nynäsbanan utan framförliggande bebyggelse ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.

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

Föreslagen bebyggelsestruktur innebär att det är en relativt omfattande del av bebyggelsen som omfattas av åtgärdsförslaget. För aktuell situationsplan har åtgärderna därför en relativt hög effekt. Det antas grovt att åtgärderna reducerar antalet omkomna inomhus med 100 % vid tågbrand och olycka med brandfarliga vätskor samt minst 50 % vid olycka med brännbar gas inom planområdet. Riskreducerande effekt utomhus antas vara 0 %. Inom kringliggande bebyggelse har åtgärderna ingen effekt.

Skydd mot gaser

För bostadsbebyggelse inom 50 meter samt för kontorsbebyggelse inom 30 meter från järnvägens närmaste spår gäller följande med hänsyn till gällande avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd:

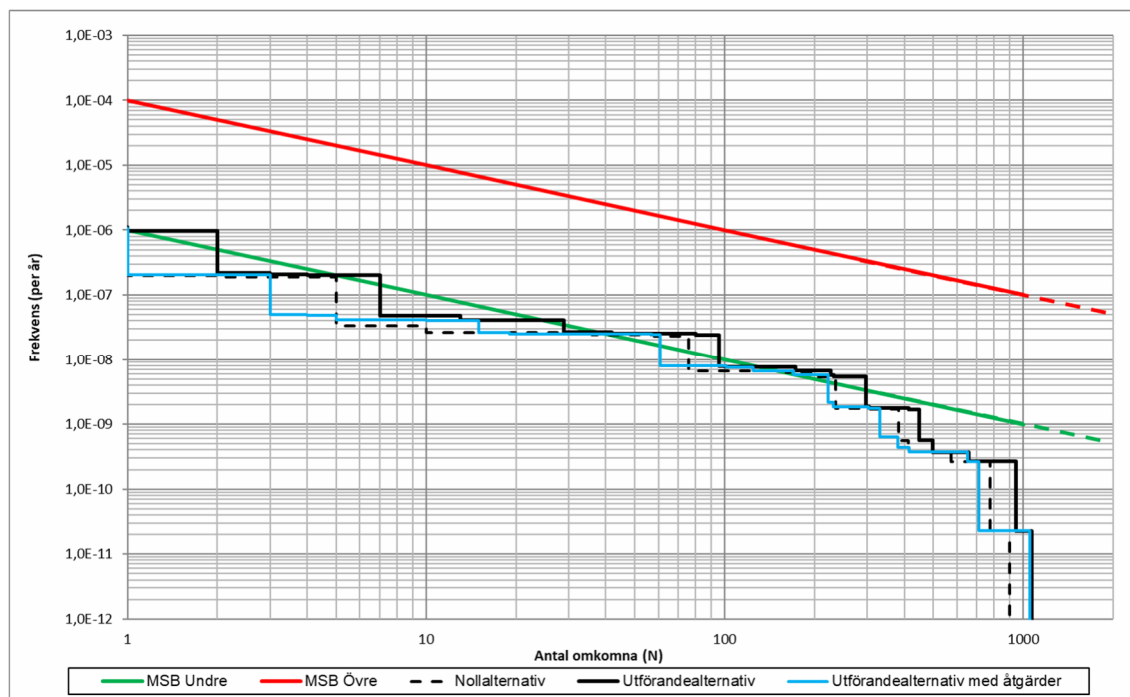
- Ny bebyggelse som vetter direkt mot Nynäsbanan utan framförliggande bebyggelse ska utföras med friskluftsintag placerade mot trygg sida, d.v.s. bort från Nynäsbanan alternativt på byggnadernas tak. Mekaniska ventilationssystem ska utföras med central nödavsängningsfunktion (manuell).

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

Föreslagen bebyggelsestruktur innebär att det är en relativt omfattande del av bebyggelsen som omfattas av åtgärdsförslaget. För aktuell situationsplan har åtgärderna därför en relativt hög effekt. Inom de delar där åtgärder vidtas antas det att konsekvenserna reduceras med 50 % vid utsläpp av giftig gas (de reducerande konsekvenserna för brännbar gas sker i kombination med skyddsåtgärder mot brand och explosion). Riskreducerande effekt utomhus antas vara 0 %. Inom kringliggande bebyggelse har åtgärderna ingen effekt.

Sammanvägning

De rekommenderade åtgärderna innebär att samhällsrisken minskar genom att reducera konsekvenserna av de studerade olycksscenarierna. I figur C.4 redovisas den beräknade samhällsrisken för utförandealternativet utan respektive med rekommenderade åtgärder. Samhällsrisken redovisas för prognosår 2040.



Figur C.3. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Nynäsbanan i anslutning till Handenterminalen för studerat utförandealternativ utan, respektive, med rekommenderade restriktioner och åtgärder. Prognosår 2040.

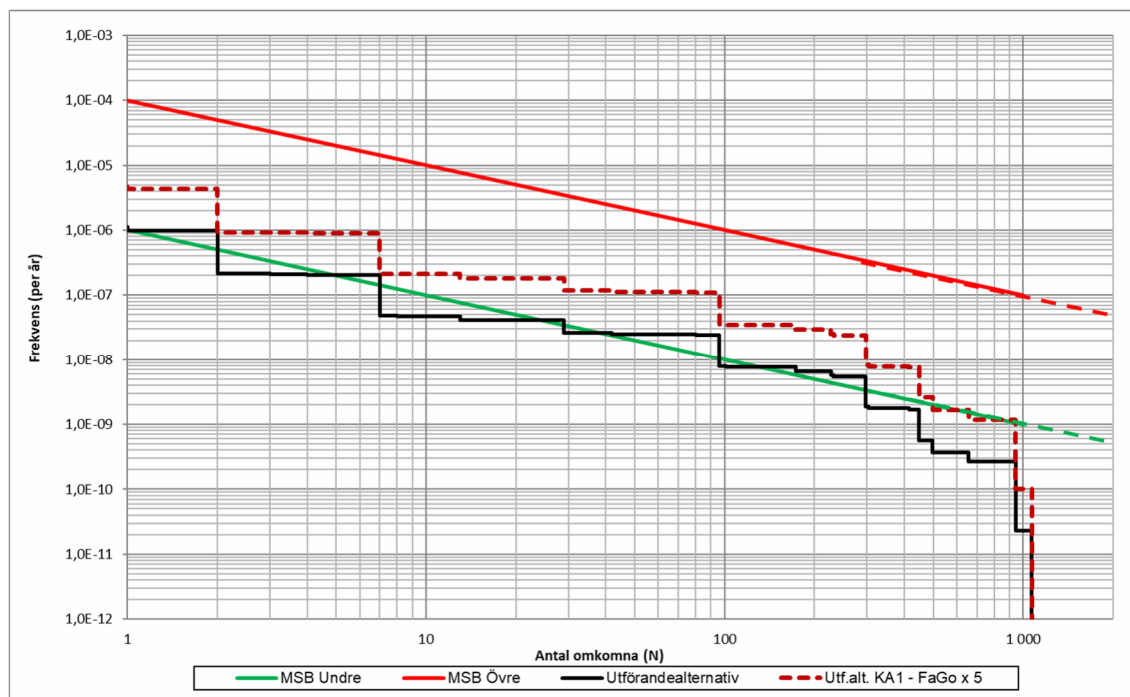
4. Känslighetsanalys

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

4.1 Känslighetsanalys 1 – Förändrat antal godståg och farligt godsvagnar

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

I figur C.4 redovisas resultatet av Känslighetsanalys 1.



Figur C.4. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Nynäsbanan i anslutning till Handenterminalen.

Känslighetsanalys del 1 – Förändrat antal godståg och farligt godsvarnar.

4.2 Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetod

4.2.1 Motiv till val av beräkningsmetod

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

Sannolikheten för en tågurspårning i medeltal (oberoende av bankaraktär och tågtyp) blir då ca $6,5 \times 10^{-8}$ per tågkilometer. Denna siffra ligger relativt nära värden presenterade i *UIC Code 777-2* (Utslaget på den totala tågtrafiken så innebär beräknade urspårningsfrekvenser en genomsnittlig olyckskvot på ca $2,7E-08$ per tågkm, se bilaga A) och tar vidare ingen hänsyn till specifika korrelationer såsom exempelvis växlaras förväntade påverkan på urspårningsfrekvensen. Jämförelsen indikerar att metodik enligt *UIC Code 777-2* återger rimliga resultat.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

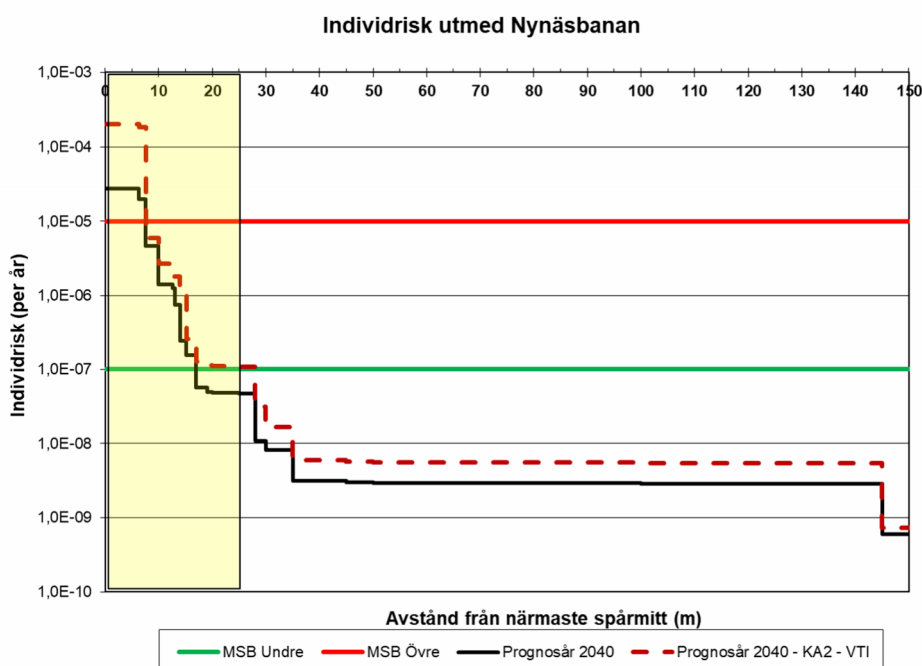
Allt indikerar att beräkningar av urspårningsfrekvenser mest representativt utförs med olyckskvoter enligt UIC Code 777-2.

4.2.2 Känslighetsanalys

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

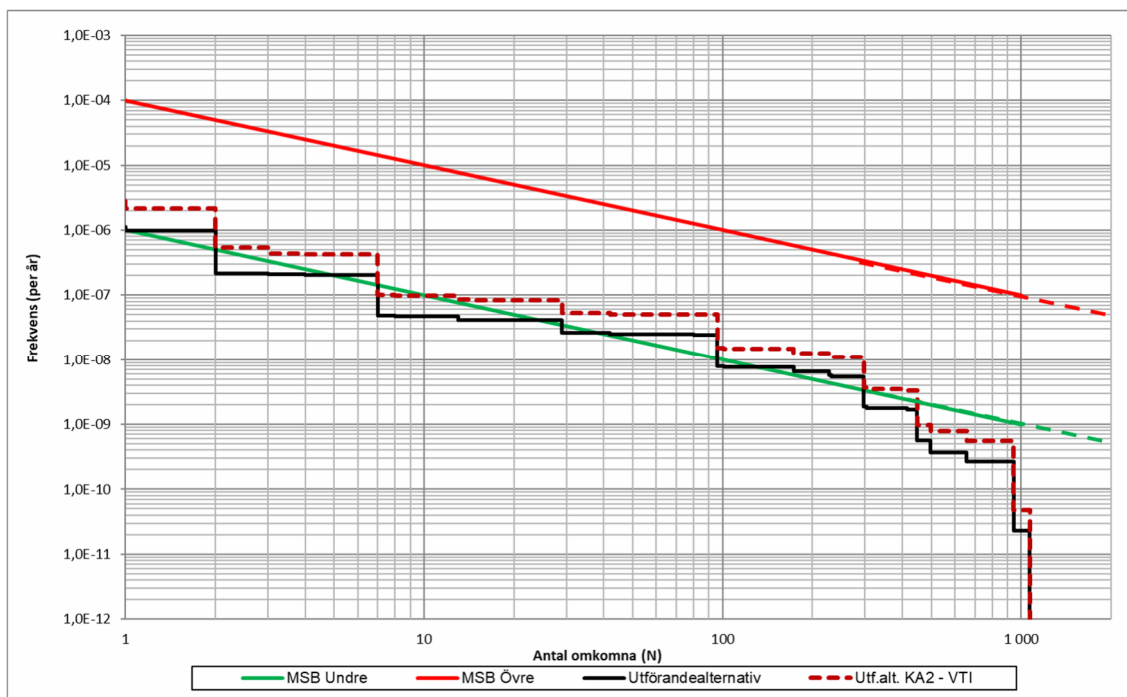
I figur C.5 - C.6 redovisas resultatet av Känslighetsanalys 2.

Observera att beräkningsmetodik ej ändras avseende olycksrisk Tågbrand och inte heller de delscenarier för olycka med farligt gods som utgår från frekvensberäkningarna för tågbrand.



Figur C.5. Individrisk för oskyddad person som funktion av avståndet från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt efter utbyggnad).

Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetodik.

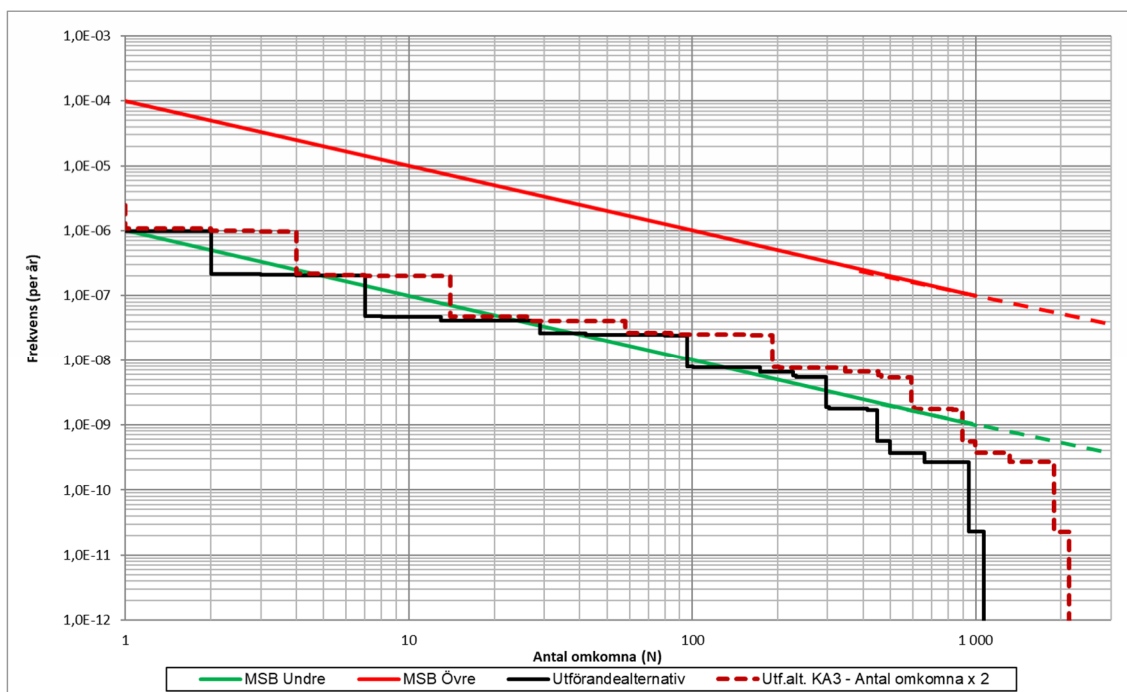


Figur C.6. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivå med avseende på skadescenarier på Nynäsbanan i anslutning till Handenterminalen.
Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetodik.

4.3 Känslighetsanalys 3. Förändrade konsekvenser

Samhällsriskberäkningar presenterade i figur C.7 återger hur resultaten kan förväntas variera beroende av antagande om persontäthet inom det studerade området.

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



Figur C.7. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivå med avseende på skadescenarier på Nynäsbanan i anslutning till Handenterminalen.
Känslighetsanalys 3 – Förändrade konsekvenser.