

Underlag till järnvägsplan

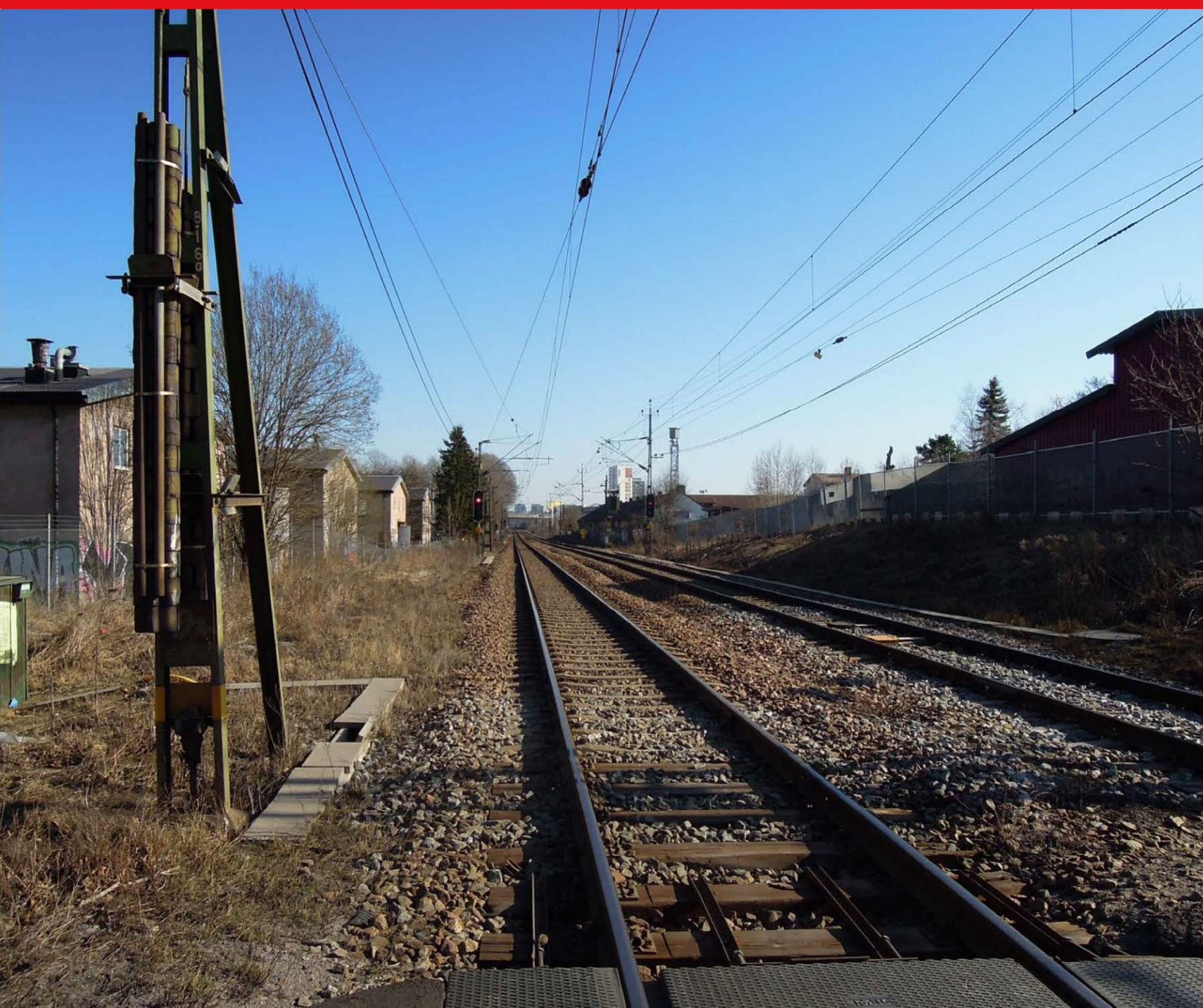
Mälarbanan Duvbo - Spånga

Sundbybergs och Stockholms kommun, Stockholms län

Underlagsrapport Risk – Fördjupade riskbedömningar av riskreducerande åtgärder

TRV 2013/65117

2021-10-28



Dokumenttitel: Mälarbanan Duvbo - Spånga. Underlagsrapport Risk – Fördjupade riskbedömningar av riskreducerande åtgärder

Publiceringsdatum: 2021-10-28

Ärendenummer: TRV 2013/65117

Utgivare: Trafikverket

Projektchef: Erik Lundman

Kontaktperson: Fredrik Lidberg, Trafikverket

Ansvarig konsult: Emelie Laurin och Johannes Lärkner, WSP Sverige AB

Granskad av: Henrik Selin, WSP Sverige AB

Godkänd av: Peter Fors, WSP Sverige AB

Kartmaterial: ©Lantmäteriet, Geodatasamverkan

Distributör: Trafikverket, Projekt Mälarbanan, 172 90 Sundbyberg

Telefon: 0771-921 921

Innehåll

1	Inledning	5
1.1	Syfte och mål	5
1.2	Avgränsningar	5
1.3	Styrande dokument	6
1.3.1	Lag om byggande av järnväg	6
1.3.2	Riktlinjer	6
1.4	Underlagsmaterial	7
1.5	Samråd	7
1.6	Internkontroll	7
1.7	Metod	7
2	Möjliga åtgärder	8
2.1	Skyddsmur	8
2.2	Skyddsrel	9
2.3	Förstärkning av byggnad	9
2.4	Brandtekniska åtgärder	10
2.5	Ventilationsåtgärder	10
2.6	Övriga åtgärder	10
3	Beräkningar och resultat	10
3.1	Resultat från Fredéns modell	11
3.2	Resultat utifrån beräkningsmodell enligt UIC 777-2	12
3.3	Jämförelse mellan resultaten	13
4	Bedömningsgrunder	14
5	Beskrivningar och bedömningar	15
5.1	Projekt Mälarbanan	15
5.2	Duvbo-Spånga	15
5.2.1	Annedal (1)	16
5.2.2	Duvbo (2)	16
5.2.3	Solvalla (3)	17
5.2.4	Bromsten småhusområde Skattegränd m.m. (4)	22
5.2.5	Bromsten småhusområde Tallåsvägen m.m. (5)	24
5.2.6	Magasinsvägens industriområde (6)	27
5.3	Sammanfattning av bedömningen	31
6	Förslag till utformning av skyddsmur	35
7	Diskussion	35
7.1	Analys av beräkningar	35

7.2	Inträffande händelser	37
7.3	Analysens resultat	38
8	Slutsatser	39

1 Inledning

I samband att järnvägsplan togs fram för Mälarbanan, sträckan Duvbo – Spånga, 2016 upprättades en underlagsrapport PM Riskbedömning – Olyckors påverkan på människors hälsa och på miljön under driftskedet. Bedömning av behov av riskreducerande åtgärder längs med berörd järnvägssträcka redovisades översiktligt i PM med utgångspunkt i uppskattade risknivåer.

Med hänsyn till att förändringar av befintliga verksamheter längs järnvägen har skett sedan 2016 har behov uppkommit att ersätta ovan nämnd Riskbedömning med en ny riskbedömning med uppdatering av befintliga byggnader och verksamheter som underlag till mer detaljerade förslag för utformning av riskreducerande åtgärder längs järnvägssträckan.

En kvantitativ riskuppskattning enligt så kallade Fredéns modell har i denna riskbedömning utökats med en kvantitativ riskuppskattning baserad på UIC-modellen. Resultaten från respektive kvantitativ metod används inte som absoluta numeriska mått på krav på skyddsavstånd. För varje enskild fastighet görs istället en samlad kvalitativ bedömning med utgångspunkt i resultaten från båda dessa kvantitativa analyser.

1.1 Syfte och mål

Syftet och målet med denna fördjupade riskbedömning är att gjorda bedömningar och analyser ska resultera i tydliga rekommendationer avseende lämpliga riskreducerande åtgärder till järnvägsplanen för Mälarbanan, delen Duvbo – Spånga så att individrisknivån i intilliggande byggnader längs järnvägen kan betraktas som acceptabel.

1.2 Avgränsningar

Denna riskbedömning är avgränsad till att enbart omfatta Mälarbanans påverkan på berörda fastigheter.

Vid bedömning av Solvallas verksamhet är det endast människors liv och hälsa som beaktas. Ingen hänsyn tas till hästarna. Det noteras dock att vid större evenemang kan det finnas ett stort antal hästar på plats i stallbyggnader nära spårområdet.

Endast fastigheter som har bebyggelse alternativt verksamhet inom 30 meter från närmsta spår beskrivs och bedöms. Elsäkerhet och Trafikverkets krav på skyddsavstånd hanteras inte. Inte heller Trafikverkets möjlighet till snöröjning och övrigt underhåll beaktas i denna riskbedömning, som enbart utreder olycksrisk i driftskedet.

I tidigare framtagna PM Riskbedömning från 2016 redovisas en samhällsrisk som generellt ligger lågt inom ALARP och som högst når upp till mitten av ALARP. Samhällsriskerna hanteras därför inte vidare i denna fördjupade riskbedömning då den inte bedöms ha någon direkt påverkan i dessa fall. Närområdets relativt höga persontäthet påverkas inte nämnvärt av personerna som befinner sig inom enstaka fastigheter.

Denna fördjupade riskbedömning ersätter i huvudsak tidigare upprättad PM Riskbedömning från 2016.

1.3 Styrande dokument

I detta avsnitt redogörs för de dokument som huvudsakligen varit styrande i framtagandet och utformningen av riskbedömningen.

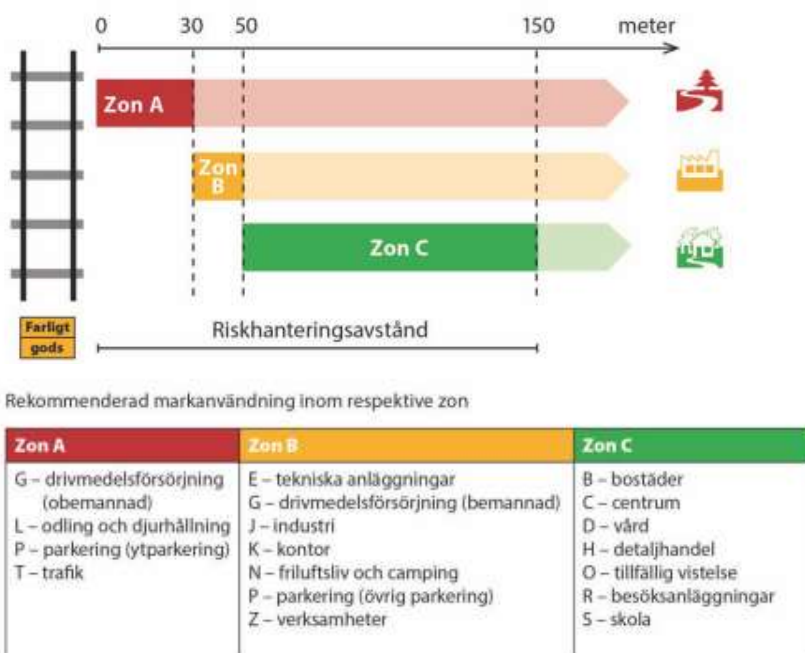
1.3.1 Lag om byggande av järnväg

I Lag (1995:1649) om byggande av järnväg anges bland annat att planen ska innehålla uppgifter om:

1. skyddsåtgärder och försiktighetsmått som ska vidtas för att förebygga störningar och andra olägenheter från trafiken eller anläggningen,
2. verksamheter eller åtgärder som enligt bestämmelser i miljöbalken ska undantas från förbud eller skyldigheter enligt balken, och
3. åtgärder som undantas från krav på bygglov för upplag, materialgårdar, murar, plank och transformatorstationer med stöd av ett medgivande från berörd kommun.

1.3.2 Riktlinjer

I Länsstyrelsen i Stockholms rekommendationer *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods* [1] delas marken intill järnvägar där det transporteras farligt gods upp i olika zoner, där olika typer av markanvändning är lämplig. I zon A, mellan 0 och 30 meter från spår och där risknivån är som högst, rekommenderas verksamheter som ytparkering och trafik. Bostäder, detaljhandel och besöksanläggningar rekommenderas i zon C, bortom 50 meter från spår. Industri och verksamheter rekommenderas i zon B, bortom 30 meter från spår.



Figur 1. Rekommenderade skyddsavstånd från järnväg enligt Länsstyrelsen i Stockholm.

1.4 Underlagsmaterial

Den fördjupade riskbedömningen som presenteras i denna PM baseras på följande underlagsmaterial:

- PM Riskbedömning – Olyckors påverkan på människors hälsa och på miljön i driftskedet, WSP, 2015-05-06.
- Bilaga F – Markanvändning och riskreducerande åtgärder, Duvbo-Spånga, WSP, 2018-11-30.
- Ortofoton erhållna från Trafikverket.
- Information från berörda fastighetsägare, erhållen via Trafikverket.

1.5 Samråd

Samråd gällande metodval har hållits med Länsstyrelsen i Stockholm, 2020-09-22. Med på samrådet fanns representanter från WSP, Trafikverket och Länsstyrelsen.

1.6 Internkontroll

Rapporten är upprättad av Emelie Laurin (Brandingenjör och Civilingenjör riskhantering) och Johannes Lärkner (Civilingenjör System i teknik och samhälle). I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bland annat att en från projektet fristående person granskar förutsättningar och resultat i rapporten. Ansvarig för denna granskning har varit Henrik Selin (Civilingenjör riskhantering och ekosystemteknik).

1.7 Metod

Nedan sammanfattas metoden i punktform:

1. En förteckning över samtliga aktuella fastigheter tas fram.
2. Först undersöks effekten av följande åtgärds paket i fallande ordning för att se vilka åtgärdsalternativ eller kombination av dessa som kan medföra acceptabel risknivå för respektive fastighet på listan: 1. Brandklassade fönster och/eller fasad. 2. Ventilationsåtgärder. 3. Förstärkning av fasad och/eller bärande konstruktion. 4. Eventuella andra byggnadstekniska åtgärder som inte medför krav på markanspråk.
3. Tidigare riskberäkningar för sträckan uppdateras med förutsättningen att skyddsåtgärden skyddsräk införs. Skyddsräk antas inte ha någon effekt på tåg med hastigheter över 160 km/h, i enlighet med European Union of Railways.
4. För de fastigheter där skyddsräk enligt punkt 3 inte är tillräckligt för att uppnå acceptabel risk anges vilka byggnader som behöver kompletteras med skyddsbarriär. För de identifierade fastigheterna görs en bedömning av om skyddsbarriär som dimensioneras för att klara av påkörning av persontåg, respektive av både persontåg och godståg, medför en acceptabel risknivå samt om förutsättningarna för att uppföra ett sådant skydd finns.

5. Ange vilka fastigheter där det finns byggnader som helt eller delvis behöver exproprieras och/eller rivas för att uppnå en godtagbar risknivå enligt krav på beaktande av olyckslast till följd av påkörning i Eurokoderna 1991-1-7 (med hänvisning till UIC).
6. Ange vilka markområden där framtida bebyggelse bör förhindras och/eller där särskilda krav på bebyggelsen inom detta område behöver ställas i detaljplan för att hantera risken från järnvägsanläggningen.
7. Samråd med Länsstyrelsen avseende föreslagna lösningar.

2 Möjliga åtgärder

I detta kapitel presenteras och beskrivs ett antal olika riskreducerande åtgärder som generellt används, enskilt eller i kombination med varandra, för att en förhöjd individrisk och/eller samhällsrisk invid järnväg ska kunna reduceras till acceptabla nivåer.

2.1 Skyddsmur

Ett sätt att sänka risknivån invid en järnväg är att införa någon form av barriär som förhindrar att ett urspårat tåg lämnar spårområdet. Detta innebär att exempelvis en stödmur som även ska fungera som en skyddsmur måste dimensioneras för att kunna uppfånga och kvarhålla ett urspårat tåg inom spårområdet. Skyddsmuren måste placeras/vara tillräckligt lång så att den även förhindrar mekaniska skador från tåg som spårar ur nära men inte i direkt anslutning till berörd fastighet.

En skyddsmur medför även ett visst skydd mot farligt gods-olycka, exempelvis genom att förhindra att utrunnen vätska kan rinna in mot byggnaderna. Skyddsmur kan även med fördel kombineras med bullerskyddsåtgärder så som skärmar som placeras ovanpå muren. Genom att utföra detta plank i obrännbart material ges även visst skydd mot värmestrålning och brandspridning, vilket påverkar individrisknivån på mycket korta avstånd med hänsyn till farligt gods-olyckor.

Dessutom måste markens beskaffenhet mellan järnväg och byggnad vara av sådan karaktär att det är tekniskt möjligt att upprätta en barriär vars grundläggning kan säkerställa kraven på uppfångning och kvarhållning av urspårat tåg. Exempelvis kan sankmark medföra behov av att påla djupt för att uppnå tillräcklig stabilitet, medan exempelvis bergig mark har bättre förutsättningar för grundläggning av stabil barriär.

En skyddsmur måste placeras och dimensioneras utifrån ett antal parametrar, så som förekommande tågtyper (längd, vikt, hastighet), avstånd, höjdskillnad etc., som är specifika för varje järnväg och berörd fastighet.

Givet de förutsättningar, främst i form av begränsat markutrymme, som finns längs sträckan bedöms det svårt att utforma någon form av standardlösning avseende skyddsmur. I några fall skulle muren inte få plats på den tillgängliga ytan mellan järnvägen och huset. I andra fall skulle muren få plats, men då uppta en signifikant del av tomt/gräsmatta, vilket sannolikt skulle påverka fastighetsägarens möjliga användande av sin fastighet negativt.

Det går inte att utesluta en möjlig utformning, som uppfyller de funktionskrav som kommer behöva ställas avseende skyddsmurens förmåga att motstå ett urspårat tåg, som dessutom inte tar allt för stort markanspråk. Förutsättningarna måste därför bedömas av en konstruktör.

En möjlig väg framåt kan vara att utgå från vilka dimensioner på skyddsbarriär som skulle få plats på den tillgängliga ytan (utan att få orimliga proportioner utifrån respektive fastighets användbarhet) och beräkna vilka laster som då skulle kunna uppfångas. Med ett värde på skyddsbarriärens möjliga kapacitet kan detta värderas tillsammans med införandet av kompletterande skyddsåtgärder, alternativt värderas med utgångspunkt i ALARP-principen.

2.2 Skyddsräl

Skyddsmuren kan eventuellt kompletteras med skyddsräl. I Sverige bestäms användningen av skyddsräler av TDOK 2014:0389 [5]. Skyddsräler ska anordnas i huvudspår och sidospår på sådana spåravsnitt där konsekvenserna av en urspårning kan bli särskilt allvarliga, exempelvis vid broar och tunnlar över vissa längder. Risken förknippad med att tåget kolliderar med exempelvis en tunnelvägg kan jämföras med risken förknippad med att tåget kolliderar med fast objekt nära spår. Skyddsrälernas utformning är normalt två rälprofiler monterade på ett givet avstånd inåt spårmitte från farrälerna. Skyddsrälerna skall nå minst 10 meter utanför båda ändarna av det objekt där skyddsräler monteras.

TDOK 2014:0389 anger ingen övre gräns för vid vilken hastighet skyddsräl är en effektiv åtgärd. På europainivå anses skyddsräler vara effektiva för hastigheter upp till 160 km/h [8].

2.3 Förstärkning av byggnad

Förstärkning av byggnadens konstruktion för att motstå påkörning av tåg bedöms inte vara en möjlig eller rimlig åtgärd för småhusbebyggelse. För industribyggnader skulle en förstärkning av byggnad som motverkar fortskridande ras kunna vara aktuell. Detta åstadkoms exempelvis genom att byggnaden förses med ett horisontellt dragband längs hela husets omkrets, med syfte att omfördela last vid en lokal skada utan att medföra ett ras. Dragbandet skall tillåta att godtycklig fasadpelare i ett olycksfall slås ut, utan att takkonstruktioner rasar in. Undantaget är hörnpelare där influensarean vid ett eventuellt ras understiger 15 m². Denna lösning motsvarar de krav som ställs i Eurokod 1 – Laster på bärverk, avsnitt 3.3 [2].

Vidare så kan ytterligare skydd uppnås beroende på hur byggnadens bottenplatta är konstruerad. Antingen kan bottenplattan i sig ge ett visst skydd vid påkörning, alternativt kan bottenplattan nyttjas som motvikt för skyddsmurens konstruktion.

Ovanstående bedöms dock generellt inte vara rimligt att införa givet byggnaders ålder, skick och användningsområde. Detta utifrån ett kostnad-/nyttoperspektiv där värdet på byggnaden generellt understiger kostnaden för åtgärden.

2.4 Brandtekniska åtgärder

Åtgärden innebär att ytterväggar, tak, fasad och/eller fönster utformas på ett sätt vilket reducerar konsekvensen i händelse av brandpåverkan till följd av pölbrand och/eller jetflamma. Obrännbara fasadmateriell och takytsskikt kan användas för att försvåra brandspridning till byggnaden, men innebär inte explicit att brand- eller brandgasspridning in i byggnaden till följd av ledning eller otätheter förhindras. Brandtekniskt klassade ytterväggar och fönster kan användas som komplement till obrännbara fasadmateriell för att förhindra brand- och brandgasspridning till inomhusmiljön.

2.5 Ventilationsåtgärder

Åtgärden innebär att friskluftsintag placeras högt på oexponerad sida, vanligen bort från riskkällan. Syftet med åtgärden är att minska den mängd gas som kommer in i byggnaden via ventilationssystemet. Åtgärden minskar konsekvensen för personer som vistas inomhus vid utsläpp av brandgaser och andra giftiga gaser. Åtgärdens effekt minskar om det finns andra öppningar i fasad, som fönster och dörrar. Åtgärden kan vara lämplig att reglera i detaljplan om den är projekteringsanpassad.

2.6 Övriga åtgärder

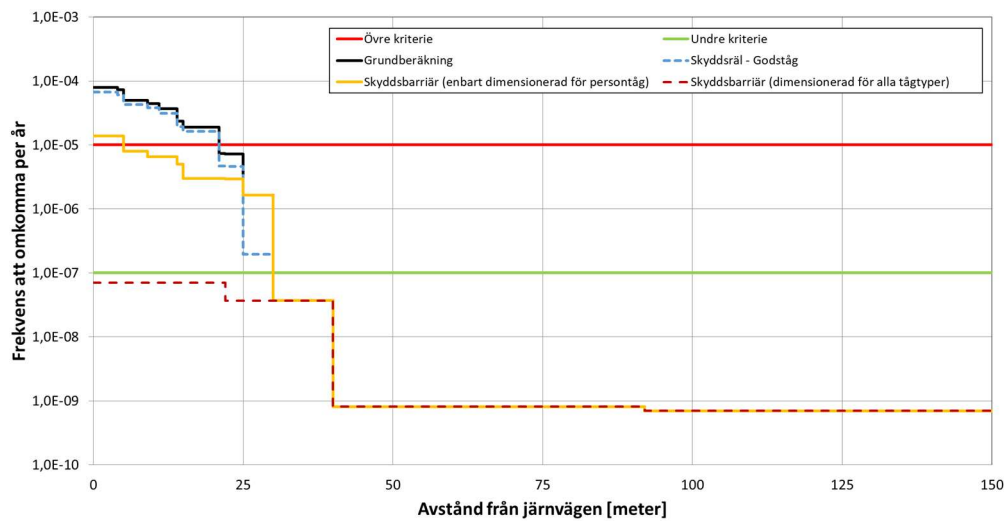
Ett ytterligare alternativ för att sänka risknivån på fastigheten är att disponera om ytan så att de personintensiva delarna flyttas bortom 30 meter från spåret. Detta kan vara en mycket effektiv åtgärd för fastigheter med exempelvis industri- eller handelsverksamhet. Åtgärden är dock sällan genomförbar för fastigheter med bostäder, där personintensiteten är låg och där alla byggnadens delar generellt betraktas som stadigvarande vistelseplats.

3 Beräkningar och resultat

I detta kapitel presenteras resultat från genomförda kvantitativa riskuppskattningar. För utförligare beskrivningar av indata, metod och beräkningar hänvisas till Bilaga A.

Vid samrådet med Länsstyrelsen diskuterades olika beräkningsmodeller vid uppskattning av risknivåer genererade av järnvägen, för närmare beskrivning av dessa se Bilaga A. Den sammantagna slutsatsen vid samrådet var att Länsstyrelsen varken vill förorda eller avråda från någon av beräkningsmodellerna. I stället rekommenderas ett angreppssätt där båda modellerna används och att resultaten sedan ligger till grund för kvalitativa bedömningar, men ej ska tolkas eller användas exakt då alla beräkningsmodeller är behäftade med olika grad av osäkerhet.

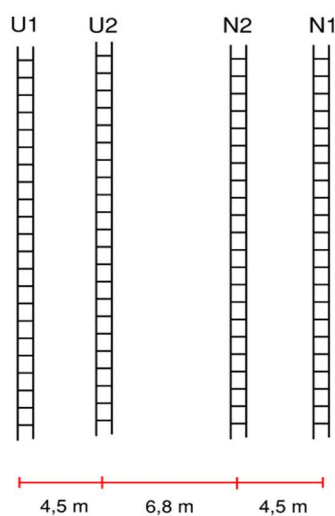
3.1 Resultat från Fredéns modell



Figur 2. Individrisk uppskattad med Fredéns modell.

I Figur 2 illustreras uppskattad individrisknivå, med Fredéns modell, utan respektive med hänsyn till olika utformningar av skyddsåtgärder för att hantera urspåringsrisken. Nedan listas förutsättningar och antaganden för respektive beräknad individrisknivå i figuren:

Grundberäkning: Trafiken fördelas över respektive spår (U1/U2/N2/N1) enligt trafikeringsprognosen för horisontår 2030. Bredden av spårområdet beaktats när individrisknivån uppskattas, se Figur 3. Det vill säga ett urspårat fordon på spår U2 behöver först passera spår U1 innan fordonet riskerar att kollidera med objekt utanför anläggningen. Vidare antas urspårningar med en vinkelrätt spridning från spårcentrumlinjen som understiger 1 meter ej kunna medföra mekanisk påverkan på omgivningen.



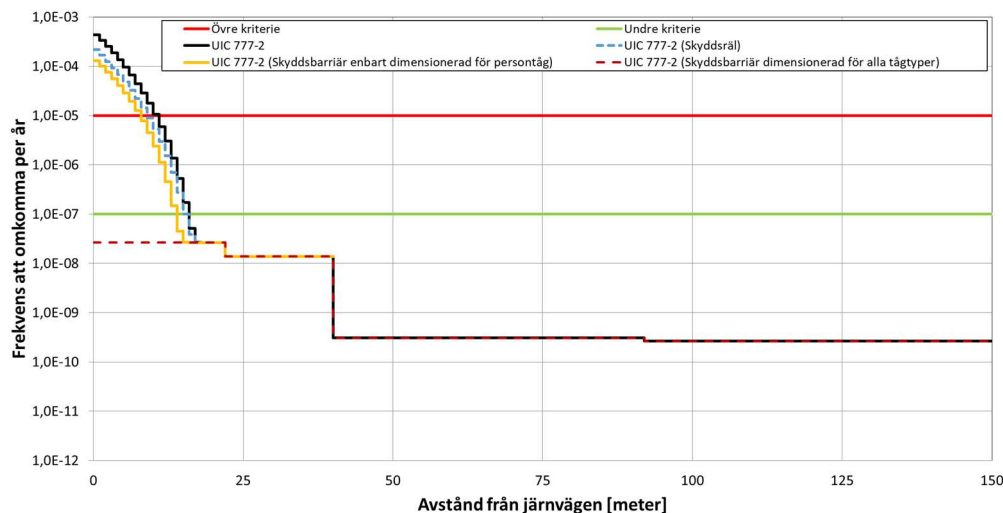
Figur 3. Inbördes avstånd mellan respektive spårcentrumlinje.

Skyddsbarriär enbart dimensionerad för persontåg: Skyddsbarriären säkerställer att urspårade persontåg ej kan lämna spårområdet och orsaka mekanisk påverkan på omgivningen. Åtgärden antas dock i modellen inte ha någon konsekvensreducerande effekt avseende urspåringsolyckor med godståg. Det ska påpekas att detta är en beräkningsteknisk avgränsning och att skyddsbarriären i realiteten skulle verka uppbromsande även på urspårat godståg, även om den uppfångande effekten inte kan antas vara 100 %. I övrigt samma förutsättningar och antaganden som i *Grundberäkningen*.

Skyddsbarriär dimensionerad för alla tågtyper: Skyddsbarriären är dimensionerad för att hantera urspåringslaster för alla tågtyper som trafikerar sträckan. Det vill säga inga urspårade fordon antas kunna lämna spårområdet. Individrisknivån utgörs i denna modell enbart av olycksscenarier som involverar farligt-gods. I övrigt samma förutsättningar och antaganden som i *Grundberäkningen*.

Skyddsräl: Skyddsrälen antas reducera andelen urspårningar som har en spridning större än 1 meter med 90 %. I övrigt samma förutsättningar och antaganden som i *Grundberäkningen*. I beräkningen redovisas effekten med förutsättningen att skyddsrälen är effektiv upp till 160 km/h, och att konsekvensen för tåg med högre hastighet än så inte reduceras av skyddsrälen.

3.2 Resultat utifrån beräkningsmodell enligt UIC 777-2



Figur 4. Uppskattad individrisknivå längs järnvägen beroende på vidtagna skyddsåtgärder när urspåringsrisken beräknas enligt UIC-modellen.

Grundberäkning: Trafiken fördelas över respektive spår (U1/U2/N2/N1) enligt trafikeringsprognosen för horisontår 2030. Bredden av spårområdet beaktats när individrisknivån uppskattas, se Figur 3. Det vill säga ett urspårat fordon på spår U2 behöver först passera spår U1 innan fordonet riskerar att kollidera med objekt utanför anläggningen.

Skyddsbarriär enbart dimensionerad för persontåg: Skyddsbarriären säkerställer att urspårade persontåg ej kan lämna spårområdet och orsaka mekanisk påverkan på omgivningen.

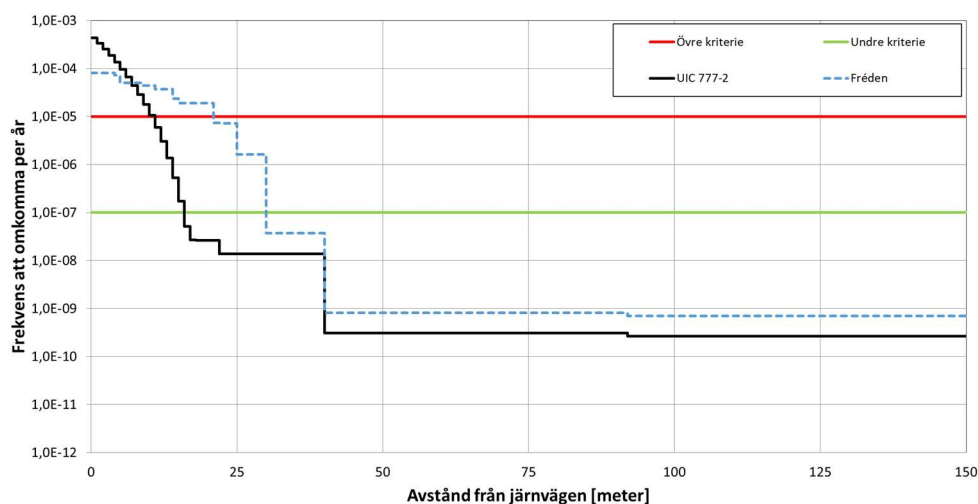
Åtgärden antas dock i modellen inte ha någon konsekvensreducerande effekt avseende urspåringsolyckor med godståg. Det ska påpekas att detta är en beräkningsteknisk avgränsning och att skyddsbarriären i realiteten skulle verka uppbromsande även på urspårat godståg, även om den uppfångande effekten inte kan antas vara 100 %. I övrigt samma förutsättningar och antaganden som i *Grundberäkningen*.

Skyddsbarriär dimensionerad för alla tågtyper: Skyddsbarriären är dimensionerad för att hantera urspåringslaster för alla tågtyper som trafikerar sträckan. Det vill säga inga urspårade fordon antas kunna lämna spårområdet. Individrisknivån utgörs i denna modellen enbart av olycksscenarier som involverar farligt-gods. I övrigt samma förutsättningar och antaganden som i *Grundberäkningen*.

Skyddsräil: Skyddsräilen antas reducera sannolikheten för att urspårning lämnar spårområdet med en faktor på 0,5. Antagandet baseras på att UIC-modellen ansätter en faktor 0,5 för att räilerna i sig utgör visst motstånd mot en urspårning. Enligt detta resonemang bör skyddsräil dubbla effektiviteten av motståndet i räilerna.

3.3 Jämförelse mellan resultaten

En jämförelse mellan grundberäkningarna visar att de kvantitativa modellerna skiljer sig åt:



Figur 5. Jämförelse av grundberäkningarna för respektive kvantitativ modell.

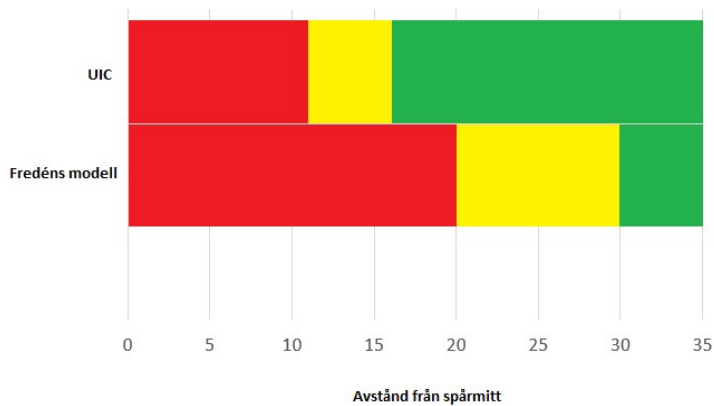
I Figur 5 illustreras uppskattad individrisknivå (grundberäkning), med UIC-modellen och jämförs med grundberäkning enligt Fredéns modell.

Beräkningar med Fredéns modell indikerar att i grundberäkningen är risknivån:

- Oacceptabel (röd) mellan 0 – 20 meter
- I ALARP-området (gul) mellan 20 – 30 meter
- Acceptabel (grön) bortom 30 meter

Beräkningar med UIC-modellen indikerar att risknivån är:

- Oacceptabel (röd) mellan 0 – 11 meter
- I ALARP-området (gul) mellan 11 – 16 meter
- Acceptabel (grön) bortom 16 meter



Figur 6. Visualisering och jämförelse av resultaten från respektive kvantitativ modell.

4 Bedömningsgrunder

Utifrån resultatet i kapitel 3 utgör följande sammanställning utgångspunkt vid bedömning av behov av riskreducerande åtgärder (se även Figur 6):

- Oacceptabelt mellan 0-11 meter
- Motsvarande högt inom ALARP, lämpliga och rimliga åtgärder ska övervägas och eventuellt vidtas mellan 11-16 meter
- Motsvarande lågt inom ALARP, lämpliga och rimliga åtgärder bör övervägas och eventuellt vidtas mellan 16-20 meter
- Acceptabelt, om det inte föreligger försvårande omständigheter så som ogynnsam topografi, särskilt känslig verksamhet osv., mellan 20-30 meter
- Acceptabelt bortom 30 meter

Detta kompletteras sedan med ett antal andra aspekter vid bedömningen av behov av riskreducerande åtgärder, exempelvis:

- Åtgärders effekt och genomförbarhet
- Lokala förutsättningar längs banan med avseende på markanvändning och närliggande byggnaders användningsområden
- Resultat av samrådsmöte med Länsstyrelsen i Stockholms län
- Erfarenheter från andra projekt
- Arbetsmöten mellan konsult och Trafikverket, bland annat med diskussioner om genomförbarhet av olika åtgärder
- Reflektioner kring inträffade händelser

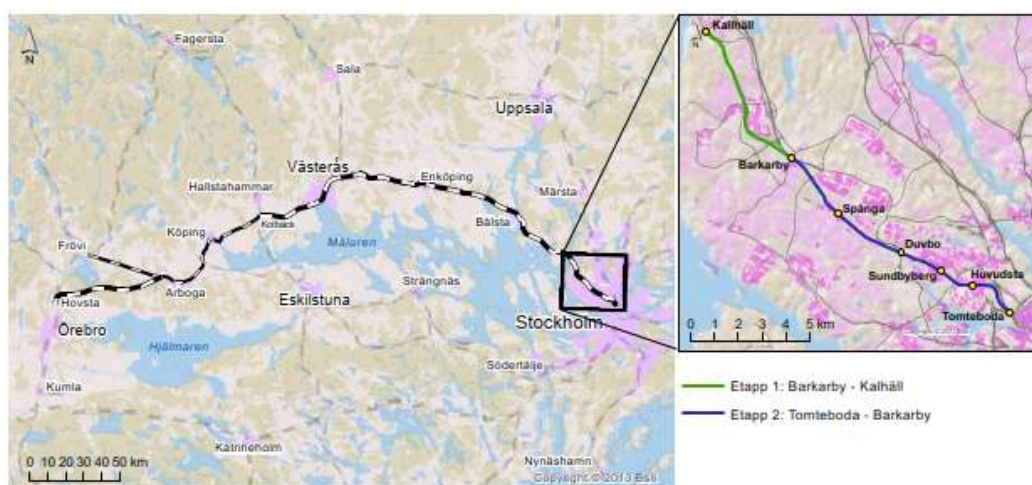
5 Beskrivningar och bedömningar

I detta kapitel görs först översiktliga beskrivningar av Mäljarbanan och den berörda delsträckan, för mer detaljerad information hänvisas till projektets MKB. Därefter beskrivs varje enskild berörd fastighet och bedömning av behov av riskreducerande åtgärder görs utifrån de resultat som presenterades i kapitel 3.

5.1 Projekt Mäljarbanan

För att öka kapaciteten i Stockholmsregionen genomför Trafikverket investeringar i järnvägsnätet. Mäljarbanan trafikerar av regional-, fjärr- och godståg. Banan används för godstrafik men är inte ett utpekad godsstråk, vilket medför att inga stora öknings av godstrafik förväntas i framtiden. På sträckan mellan Bålsta och Stockholm trafikerar banan även av pendeltåg. I takt med att regionen växer och befolkningen ökar har kapaciteten på banan förstärkts och Mäljarbanan har idag dubbelspår från Stockholm till Kolbäck väster om Västerås. Det stora antalet tåg som trafikerar Mäljarbanan på enbart två spår leder dels till vanliga förseningar, dels till ytterligare förseningar på grund av tidigare förseningar. I nuläget finns det inte utrymme för fler tåg på Mäljarbanan under högttrafiktid.

Projekt Mäljarbanan omfattar en utbyggnad från två till fyra spår mellan Tomtebodas och Kallhäll. Spårutbyggnaden innebär att pendeltågstrafiken kan separeras från övrig tågtrafik, vilket ger förutsättningar för tätare turer, bättre punktlighet och kortare restid.



Figur 7. Mäljarbanans sträckning i Mäljarregionen samt omfattning av Projekt Mäljarbanan.

5.2 Duvbo-Spånga

Utbyggnaden av Mäljarbanan mellan Duvbo och Spånga innebär att kapaciteten på banan ökar, vilket skapar förutsättningar för en ökad turtäthet och minskad trängsel på tågen samt minskade störningar i tågtrafiken.

I samband med utbyggnaden kommer nuvarande plankorsningar att ersättas av planskilda alternativ varför säkerheten kring järnvägsanläggningen kommer att förbättras. Utbyggnaden av Mäljarbanan mellan Duvbo och Spånga är 2,4 kilometer lång och går huvudsakligen genom Stockholms stad (Annedal, Solvalla och Bromsten).

Längs en 200 meter lång sträcka i Duvbo angränsar järnvägen även till Sundbybergs stad. Banan passerar genom tätbebyggd stadsmiljö och omges av såväl bostäder som verksamhetsområden.



Figur 8. Sträckan Duvbo – Spånga med utpekade delområden.

I nedanstående stycken beskrivs respektive delområde kortfattat samt utifrån riskbedömningens avgränsningar. Siffror i rubrik motsvarar delområdets numrering i Figur 8. Vidare beskrivs och bedöms samtliga enskilda fastigheter tillhörande respektive delområde samt kilometerangivelse (KM X-XXX) enligt längdmätningen i järnvägsplanens plankartor. WSP:s rekommendationer för varje fastighet redovisas i ruta tillhörande respektive stycke.

5.2.1 Annedal (1)

Annedal tillhör stadsdelen Mariefält och är under utveckling till en stadsdel med både bostäder och arbetsplatser. Bällstaån och den stadsdelspark som nyligen anlagts utmed denna, skiljer bostadsområdet från järnvägen. Mellan Mälarbanan och parken finns en hög bullerskyddsskärm.

Inga byggnader inom Annedal har ingått i den tidigare inventeringen eller i denna fördjupade riskbedömning. Samtliga byggnader inom Annedal, som tillhör delsträckan Duvbo – Spånga, ligger bortom 30 meter från närmsta spår (dvs. helt inom acceptabel individrisknivå).

5.2.2 Duvbo (2)

I anslutning till spårområdet finns Ekbackens sjukhem och växthusbyggnader tillhörande Sundbybergs stad.

Ekbacken 4, KM 8+050 – 8+100 norr

Två stycken växthus, en träbyggnad samt carport och förråd. Samtliga byggnader har rivits eller ska rivas.

Rekommendation:

Bevaka framtida detaljplaneprocess och säkerställa att mark inom 20 meter från järnvägen omvandlas till prickmark för att förhindra eventuella framtida byggnationer, alternativt att riskreducerande åtgärder som hanterar urspåringsolyckor införs som planbestämmelser.

5.2.3 Solvalla (3)

Solvallaområdet tillhör stadsdelen Bällsta. Omedelbart söder om järnvägen ligger travanläggningen Solvalla. Västerut finns några småhus längs Skiftesvägen samt öppna grusytor (rasthagar och parkeringar) mot järnvägen. Längs Banmästarvägen finns en mindre industritomt samt ytor för lagerhållning ute i det fria. Direkt norr om järnvägen finns ett före detta verksamhetsområde. Sulkvägen, med bom- och signalreglerad korsning över järnvägen, förbinder områdena på vardera sidan om Mälarbanan.

Bällsta 1:34, KM 8+150 söder

Solvallas traktorgarage/verkstad och fika/pausrum som utgörs av plåtbyggnad i samma nivå som spårområdet. Byggnaden används av cirka 2-3 personer. Kortaste avstånd mellan byggnad och närmsta spår är 25 meter.

Utifrån skyddsavståndet, byggnadens användning, den låga personbelastningen samt att pausrummet ligger bort från järnvägen bedöms det inte föreligga något krav på åtgärder.

Rekommendation:

Inte vidta några åtgärder för Bällsta 1:34 (traktorgarage och verkstad med pausrum).

Bällsta 1:34, KM 8+500 söder

Kontor för bland annat veterinär under travtävlingar, 2-3 personer under pågående tävlingar. Kortaste avstånd mellan byggnad och närmsta spår är 19 meter.

Byggnaden bemannas under travtävling men kan inte generellt sägas utgöra stadigvarande vistelseplats. När den bemannas är personbelastningen låg. Byggnadens placering, i relation till Solvallas stora stall, bedöms delvis vara skyddad i händelse av urspårning av tåg som färdas mot Stockholm.

Rekommendation:

Inte vidta några åtgärder för Bällsta 1:34 (veterinär)

Bällsta 1:34, KM 8+600 söder

Solvallas stora stall med putsad fasad och glasblocksfönster mot järnvägen. En butikslokal längst österut i huslängan används vardagar av två stycken i personalen, kunder uppskattas i huvudsak utgöras av personer som redan befinner sig inom stallområdet. Solvallas städpersonal städar stallet, vanligtvis dagtid mellan tävlingarna. I övrigt utnyttjas stallet inte av Solvallas anställda, men av de tävlande. De tävlande kommer dit på onsdagslopp som sker på kvällstid, (cirka 42 gånger per år) samt lunchtrav (cirka 25 gånger per år). Maximalt befinner sig cirka 50 personer i stallet vid event på vardagar, något färre på lunchtraven. Snitttid från att ekipagen kör in genom grinden till de kör ut igen är 4-5 timmar. Vissa stannar över natten men de är få och då är bara hästarna i stallet. Större tävlingsdagar är det cirka 10 gånger per år och dessa inträffar på helger. Då är det maximalt cirka 75 personer i stallarna, under cirka 5 timmar som mest. En grov överslagsräkning visar att de tillfällen som tävlingar medför förhöjd personbelastning utgör ca 5 % av totala antalet timmar på ett år. I praktiken är det fåtal personer i stallet 95 % av årets timmar.

Cirka 150 meter öster om stallet ligger ett växelpaket med växlar mellan vändspår och innerspår U2 respektive N2. Ett liknande växelpaket ligger cirka 50 meter väster om stallet. Kortaste avstånd mellan stall och närmsta spår är 6 meter, vilket innebär att delar av stallet ligger inom området för oacceptabla risknivåer och stora delar av stallet bedöms ligga inom ALARP-området, oavsett vilken beräkningsmodell som används. Vid workshop med Trafikverket konstaterades att det inte är möjligt att införa en riskreducerande åtgärd i form av barriär i anslutning till stallet på grund av det begränsade utrymmet.

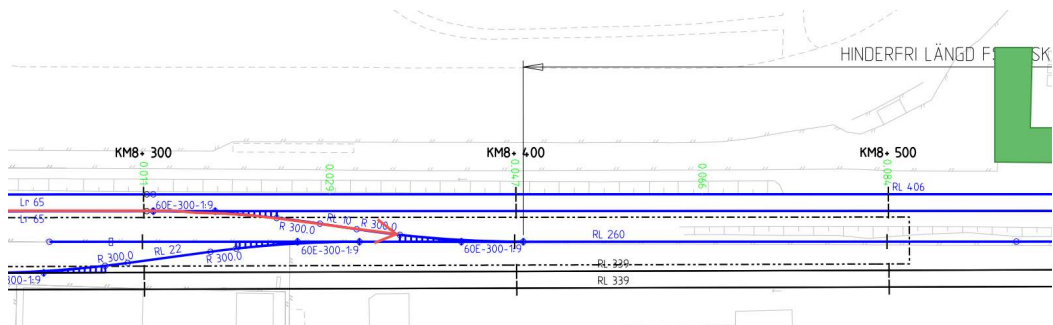
En annan möjlighet är att stomförstärka byggnaden, alternativt att verifiera att befintlig konstruktion är robust och inte förväntas bidra till fortskridande ras (och därmed ge begränsad skada) vid påkörning. Det sista alternativet är att Trafikverket erbjuder inlösen med flytt av stallet, med tanke på byggnadens storlek bedöms detta medföra en signifikant kostnad.

Det kan konstateras att stallet i dagsläget är uppfört 11 meter från närmsta spår på ej detaljplanlagt område. Detta innebär att vid nybyggnad skulle stallets placering i relation till järnvägen inte tillåtas ur risksynpunkt (oavsett om befintlig eller ny spårlinje beaktas och oavsett vilken beräkningsmodell som tillämpas). Användningen av byggnaden medför att det periodvis är hög personbelastning, dock bedöms personerna vara utspridda över hela byggnadens area och ingen övernattning sker.

Detta rör sig om en relativt stor befintlig byggnad som redan i dagsläget ligger för nära spåret. Riskreducerande åtgärder krävs utifrån uppskattade risknivåer, men går ej att få till på erforderligt vis. Stallet inhyser, oftare än vid enstaka tillfällen, ett större antal personer (och hästar).

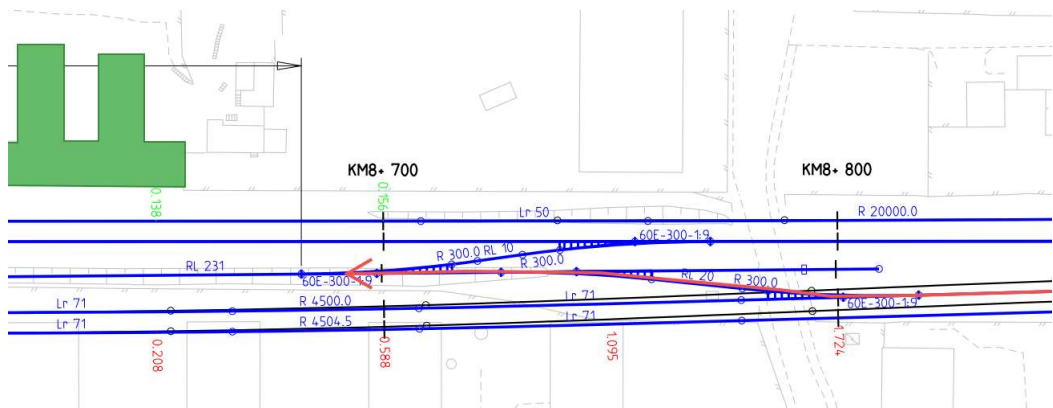
En försvårande omständighet är de bågiga växelpaketen som ligger på sträckan förbi stallet. Växlarnas effekt på risknivån tas hänsyn till i de kvantitativa beräkningarna, men eftersom risknivån beräknas per kilometer finns det anledning att belysa växlarnas faktiska placering och dess bedömda inverkan på den platsspecifika individrisknivån. Det kan konstateras att växlarna uteslutande kommer att användas för att växla tåg in/ut på vändspåret som ligger framför stallet, vilket medför att hastigheten kommer att vara låg vid växlingsrörelserna.

Då tågen kör i vänstertrafik, kommer växlingsrörelser vid växelpaketet öster om stallet innebära att tåg som rör sig i riktning mot stallet kommer att förflyttas norrut (bort från stallet) i sidled. Se röd pil i Figur 9.



Figur 9. Växlingsrörelse och riktning (röd pil) i växelpaket öster om stallet (grön byggnad). Observera att söder är uppåt i bilden.

På samma vis kommer växlingsrörelser vid växelpaketet väster om stallet innebära att tåg som rör sig i riktning mot stallet kommer att förflyttas söderut (mot stallet) i sidled. Se röd pil i Figur 10. I teorin medför detta att tåg som spårar ur i denna växel har en ökad sannolikhet att röra sig i riktning mot stallet. På grund av spårens läge i relation till växlarna så innebär detta dock att ett urspårat tåg först måste passera över minst ytterligare två spår för att kunna nå stallbyggnaden. Detta innebär i praktiken både ett ökat avstånd mellan tågets urspårningspunkt och stallets fasad, samt att spåren förväntas ha en viss uppfångande effekt (likt skyddsräll).



Figur 10. Växlingsrörelse och riktning (röd pil) i växelpaket väster om stallet (grön byggnad). Observera att söder är uppåt i bilden.

Ovan förda resonemang om växelpaketet och dess påverkan på risknivån bedöms beskriva den mest sannolika konsekvensen i händelse av att tåg spårar ur i växelpaketet. Det finns andra, förmodat mer sällsynta, händelseutvecklingar som skulle kunna vara en konsekvens av växlarnas placering. En sådan är om växeln i sig felfungerar, det vill säga står i felaktigt läge antingen när tåg ska växla in på vändspåret eller när det inte är tänkt att tåg ska växla in på vändspåret utan ska fortsätta rakt fram. En annan är att det rullande materieleet på något sätt redan är skadat utan att det har upptäckts och att passage genom växeln är den utlösande faktorn för att tåget faktiskt ska spåra ur.

Denna typ av scenarion bedöms vara ännu mer osannolika än situationerna beskrivna i Figur 9 och Figur 10, givet att det är ny järnväg som byggs och att de således inte bidrar signifikant till riskbilden kopplad till växlarnas placering.

Stallets närhet till järnvägen innebär att det delvis ligger inom oacceptabla risknivåer, dessutom finns växelpaket i stallets närhet som betraktas som en försvårande omständighet. Men givet typ av verksamhet, kostnader flytt av stall skall innebära, att dagens äldre spår byts mot nya, att järnvägsanläggningen består av rakspår (det vill säga att det inte ligger vid någon kurva) bedöms de åtgärder som krävs för att få acceptabla risknivåer som oskäliga. Däremot bör framtida planläggning av området bevakas så att när tillfälle ges bör stallet flyttas längre från järnvägen (exempelvis om stallet i en framtid ändå ska ersättas).

Rekommendation:

Inte vidta åtgärder vid Bällsta 1:34, KM 8+600 söder i samband med utvidgning av spårområdet.

Bevaka framtida detaljplaneprocess och säkerställa att mark inom 20 meter från järnvägen omvandlas till prickmark för att förhindra eventuella framtida byggnationer, alternativt att riskreducerande åtgärder som hanterar urspårningsolyckor införs som planbestämmelser.

Bromsten 9:2, KM 8+250 – 8+750 norr

Bilförsäljning, drivmedelsförsäljning, grillrestaurang, däcksförsäljning, försäljning av släpvagnar, camping samt småindustri. Samtliga verksamheter och byggnader har rivits.

Rekommendation:

Bevaka framtida detaljplaneprocess och säkerställa att mark inom 20 meter från järnvägen omvandlas till prickmark för att förhindra eventuella framtida byggnationer, alternativt att riskreducerande åtgärder som hanterar urspårningsolyckor införs som planbestämmelser.

Bällsta 1:34, KM 8+675 söder

Bostadshus med två stycken stadigvarande personer. Kortaste avstånd mellan byggnad och närmsta spår är 25 meter. Byggnaden ligger ovan en sluttning med kraftig kant, som uppskattas ge god barriäreffekt.

Rekommendation:

Inte vidta några åtgärder för Bällsta 1:34 (bostadshuset).

Bällsta 1:34, KM 8+675 söder

Komplementbyggnad i Solvalla som används som förråd utan stadigvarande vistelse. Kortaste avstånd mellan byggnad och närmsta spår är 15 meter.

Rekommendation:

Inte vidta några åtgärder för Bällsta 1:34 (förrådet).

Bällsta 1:3, KM 8+725 söder

Anordning på Solvalla i form av tak över gödselcontainer. Kortaste avstånd mellan anordningen och närmsta spår är 22 meter. Anordningen bedöms inte utgöra stadigvarande vistelseplats och inga åtgärder krävs.

Bällsta 1:3, KM 8+750 söder

Stallbyggnad i trä med kortsidan mot järnvägen och som ligger cirka 1 meter ovan spårområdet. Ytan mellan stall och järnväg utgörs av en relativt brant slänt som bedöms kunna verka konsekvensreducerande vid urspårning. Byggnaden används som gäststall och används till vardags för tränings- och tävlingsdagar för startande ekipage. Stallet används för hästar och kuskare som är inne och träningskör mellan klockan 8-14, cirka 5-20 personer och hästar i snitt. Vid tävlingar är det ofta fullt i stallet, vilket innebär 70 hästar och 50-100 personer under 5-7 timmar. Stallet bedöms utgöra stadigvarande vistelseplats under dagtid.

Kortaste avstånd mellan stall och närmsta spår är 10 meter. I höjd med stallet ligger växelpaket med växlar mellan vändspår och innerspår U2 respektive N2. Vid workshop med Trafikverket diskuterades en möjlig barriär som utgörs av L-stöd med motfyllnad mellan slänt och stödet. Åtgärden bedömdes ha hög genomförbarhet och vara kostnadseffektiv. Att införa bästa möjliga, givet platsens förutsättningar, L-stöd med motfyllnad bedöms vara en erforderlig och rimlig åtgärd.

Rekommendation:

Att införa bästa möjliga, utifrån platsens förutsättningar, L-stöd med motfyllnad mellan slänt och stödet.

Banmästaren 10, KM 8+840 söder

Tegelvilla i form av kontor och lager som hyrs av en riv- och saneringsfirma. Byggnaden används av cirka 2-4 personer som har fast arbetsplats med stadigvarande vistelse. Fastigheten befinner sig cirka 1 meter ovan spårområdet. Mellan byggnaden och spårområdet finns containrar och skjul som tillhör fastigheten. Kortaste avstånd mellan byggnad och närmsta spår är 20 meter. Inom detta område bedöms risknivån som acceptabel om inga försvårande omständigheter föreligger, vilket det inte bedöms göra här.

Rekommendation:

Inte vidta några åtgärder för Banmästaren 10.

Banmästaren 11-14, KM 8+900 – 9+025 söder

Obebyggd mark som till viss del uthyrs som lageryta i det fria. Ingen stadigvarande vistelse.

Inga åtgärder krävs under förutsättning att marken förblir obebyggd.

Rekommendation:

Bevaka framtida detaljplaneprocess och säkerställa att mark inom 20 meter från järnvägen omvandlas till prickmark för att förhindra eventuella framtida byggnationer, alternativt att riskreducerande åtgärder som hanterar urspårningsolyckor införs som planbestämmelser.

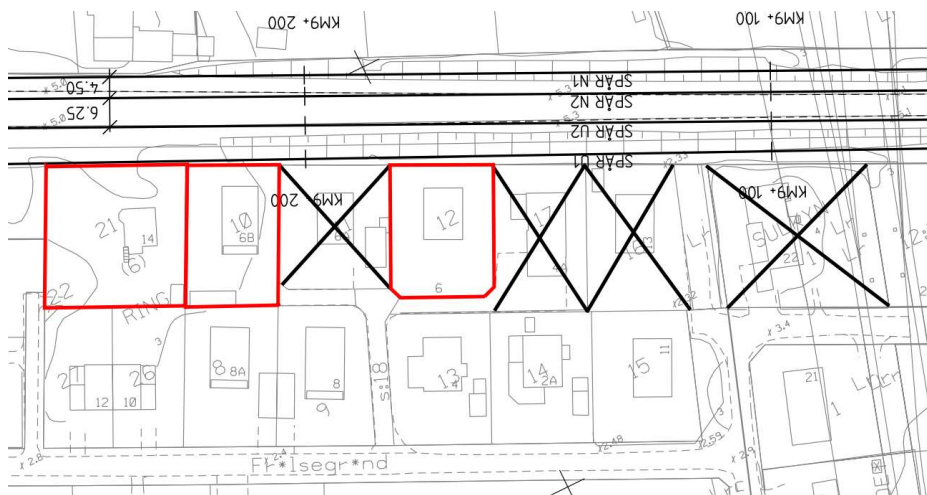
5.2.4 Bromsten småhusområde Skattegränd m.m. (4)

I området, som utgör en del av stadsdelen Bromsten, finns villor och radhus på båda sidor om järnvägen. I ett av radhusen längs Ekstocksvägen finns Smaragdens förskola. Norr om järnvägen ligger fastigheterna generellt något högre än spårområdet, medan det motsatta förhållandet gäller söder om järnvägen där fastigheterna ligger något lägre.

Nedan beskrivs utformning, samt övriga relevanta faktorer för respektive fastighet inom Bromsten småhusområde Skattegränd m.m. Efter detta görs en gemensam bedömning för hela området.

Ring 21, 10, 11, 12, 16, 17 och Sulkyn 1 KM 9+100 – 9+250 söder

Sju stycken villor i direkt anslutning till spårområdet. Sedan PM Riskbedömning upprättades har spårlinjen flyttats något norrut samt några fastighetsägare meddelat att de inte vill få sina fastigheter inlösta utan önskar bo kvar även efter Mälardalens utbyggnad, se Figur 11.



Figur 11. De sju berörda fastigheterna i Kvarteret Ring. Röd ram indikerar att fastighetsägaren önskar bo kvar, svart kryss indikerar att fastigheten kommer att lösas in.

Avståndet mellan spårmittpunkt på närmsta spår och fastighetsgräns på de fastigheter där fastighetsägaren önskar bo kvar varierar mellan cirka 3-6 meter. Avståndet mellan spårmittpunkt och fasad på berörda hus varierar mellan cirka 8-13 meter, vilket medför att stora delar av respektive fastighet ligger inom oacceptabel risknivå förutom ett hus (Ring 21) där risknivån ligger högt inom ALARP.

Garvaren 7, KM 9+125, norr

Tvåplans trävilla i lätt sluttning ovan järnvägen. Ny bullerskärm planeras framför huset i samband med utbyggnad av järnvägen. Kortaste avstånd mellan byggnad och närmsta spår är 25 meter.

Ring 5, KM 9+275, söder

Tvåplansvilla i trä något lägre än järnvägsområdet. Kortaste avstånd mellan byggnad och närmsta spår är 22 meter.

Ring 3, KM 9+300, söder

Tvåplansvilla i trä något lägre än järnvägsområdet. Kortaste avstånd mellan villan och närmsta spår är 29 meter.

Ring 2, KM 9+325, söder

Tvåplansvilla i trä något lägre än järnvägsområdet samt tillhörande garage. Kortaste avstånd mellan villan och närmsta spår är 25 meter.

Garvaren 1, KM 9+325, norr

Tvåplansvilla med putsad fasad i lätt sluttning ovan järnvägen. Mindre hus (lusthus) ligger i projekterad slänt för utbyggnaden av järnvägen och måste flyttas/rivas. Lusthus som inbjuder till stadigvarande vistelse bör inte finnas på tomten mellan byggnad och spåret. Kortaste avstånd mellan byggnad och närmsta spår är 29 meter.

Emund 20 och 9, KM 9+350- 9+450, söder

Fyra stycken flerfamiljshus i två plan med träfasad som är belägna något över spårområdet. En av byggnaderna innehåller en förskola. Kortaste avstånd mellan byggnaderna och närmsta spår är 30 meter.

Bron över Bromstensvägen bedöms reducera risken för kollision från urspårande tåg västerifrån. Förskolan är belägen så att ytor för utevistelse vetter bort från järnvägen.

Samlad bedömning för Bromsten småhusområde Skattegränd m.m

I detta stycke presenteras en samlad bedömning för samtliga fastigheter som beskrivs ovan och som hör till Bromsten småhusområde Skattegränd m.m.

Tabell 1. Sammanställning över fastigheter i Bromsten småhusområde Skattegränd m.m. Grönt beskriver att åtgärder inte behöver vidtas, rött beskriver att åtgärder ska vidtas.

Fastighet	Kortaste avstånd till spår
Ring 21, 10, 11, 12, 16, 17 och Sulkyn 1 KM 9+100 – 9+250 söder	8-13 m
Garvaren 7, KM 9+125, norr	25 m
Ring 5, KM 9+275, söder	22 m
Ring 3, KM 9+300, söder	29 m
Ring 2, KM 9+325, söder	25 m
Garvaren 1, KM 9+325, norr	29 m
Emund 20 och 9, KM 9+350 - 9+450, söder	30 m

I Tabell 1 framgår att fastigheterna Garvaren 7 och 1, Ring 5, 3 och 2 samt Emund 20 och 9 ligger i området 22-30 meter från järnvägen. Inom detta område bedöms risknivån som acceptabel om inga försvårande omständigheter föreligger, vilket det inte bedöms göra här.

Fastigheterna Ring 21, 10, 11, 12, 16, 17 och Sulkyn 1 skiljer sig från övriga fastigheter inom detta område genom att ligga mycket nära spårområdet, 8-13 meter mellan fasad och spårmitt på närmsta spår. Alla villor här bedöms omfattas av samma åtgärdsförslag då villorna ligger inom oacceptabel risknivå förutom hus på Ring 21 som ligger högt inom ALARP. Samma åtgärdsförslag gäller trots att avstånden mellan fasad och spår varierar något. Åtgärd i form av barriär måste vidtas. Barriär som endast klarar persontåg bedöms ej vara erforderlig då detta ger en risknivå som fortfarande ligger mycket högt i ALARP.

Rekommendation:

Inga åtgärder vidtas för Garvaren 7/1, Ring 5/3/2 samt Emund 20/9

Vid Ring 21/10/11/12/16/17/1 och Sulkyn 1 anläggs en skyddsbarriär som klarar alla tågtyper. Om sådan barriär inte får plats på tillgänglig yta rekommenderas att villorna löses in.

5.2.5 Bromsten småhusområde Tallåsvägen m.m. (5)

Även detta område ingår i stadsdelen Bromsten, men omfattar endast fastigheter norr om järnvägen. Närmast järnvägen ligger villor i flera rader samt några radhus och parhus. I delområdet västra del finns Bromstens idrottsplats. Fastigheterna i detta område ligger generellt högre än spårområdet.

Nedan beskrivs utformning, samt övriga relevanta faktorer för respektive fastighet inom Bromsten småhusområde Tallåsvägen m.m. Efter detta görs en gemensam bedömning för hela området.

Telefonen 4, KM 9+550, norr

Tvåplansvilla i trä i samma nivå som järnvägen. Kortaste avstånd mellan byggnaden och närmsta spår är 21 meter.

Telefonen 6, KM 9+575, norr

Tvåplansvilla i tegel i samma nivå som järnvägen. Kortaste avstånd mellan byggnaden och närmsta spår är 19 meter. Vid kartstudier bedöms endast ett mindre uterum ligga på 19 meter, övrig fasad uppskattas ligga på 21 meter och i linje med Telefonen 4.

Telefonen 10, KM 9+650, norr

Treplansvilla i tegel i sluttning ovan järnvägen. Kortaste avstånd mellan byggnaden och närmsta spår är 15 meter. Vid kartstudier bedöms endast en mindre utbyggnad/altan ligga på 15 meter, övrig fasad uppskattas ligga på drygt 17 meter. Risknivån ligger lågt inom ALARP och åtgärder bör övervägas.

Telefonen 12, KM 9+675, norr

Flerfamiljshus i sluttning ovan järnvägen. Kortaste avstånd mellan byggnaden och närmsta spår är 17 meter. Risknivån ligger lågt inom ALARP och åtgärder bör övervägas.

Telefonen 16, KM 9+725, norr

Tvåplansvilla i trä i lätt sluttning ovanför järnvägen. Kortaste avstånd mellan byggnaden och närmsta spår är 15 meter. Risknivån ligger högt inom ALARP och åtgärder ska övervägas.

Telefonen 18, KM 9+750, norr

Tvåplansvilla i trä i sluttning ovanför järnvägen. Kortaste avstånd mellan byggnaden och närmsta spår är 23 meter.

Telefonen 41, KM 9+775, norr

Tvåplansvilla i trä i sluttning ovanför järnvägen. Kortaste avstånd mellan byggnaden och närmsta spår är 13 meter. Denna villa ligger något närmare spåret än omkringliggande bebyggelse. Risknivån ligger högt inom ALARP och åtgärder ska övervägas.

Telefonen 22, KM 9+800, norr

Trävilla i två plan och i nivå med järnvägen. Kortaste avstånd mellan byggnaden och närmsta spår är 18 meter. Altan närmast spår. Risknivån ligger lågt inom ALARP och åtgärder bör övervägas.

Telefonen 24 och 26, KM 9+850, norr

Två stycken tvåplansvillor i trä. Kortaste avstånd mellan byggnaderna och närmsta spår är 15 meter. Risknivån ligger högt inom ALARP och åtgärder ska övervägas.

Telefonen 29, KM 9+900, norr

Treplansvilla i tegel med ett trähus på tomten nära järnvägen. Kortaste avstånd mellan villan och närmsta spår är 18 meter. Befintligt trähus återfinns på ett sådant kort avstånd från järnvägen att huset ej får nyttjas för stadigvarande vistelse. Risknivån ligger lågt inom ALARP och åtgärder bör övervägas.

Telefonen 32, KM 9+950, norr

Tvåplansvilla med plåtfasad i sluttning ovan järnvägen. Kortaste avstånd mellan villan och närmsta spår är 22 meter.

Telefonen 35, KM 9+975, norr

Tvåplansvilla i trä med lekstuga nära järnvägen. Kortaste avstånd mellan villan och närmsta spår är 16 meter. Lekstugan återfinns på ett sådant kort avstånd från järnvägen att huset ej får nyttjas för stadigvarande vistelse. Risknivån ligger lågt inom ALARP och åtgärder bör övervägas.

Magnus 22, KM 10+050, norr

Tvåplansvilla i trä belägen något högre än järnvägen. Kortaste avstånd mellan villan och närmsta spår är 22 meter.

Spången 2, KM 10+150, norr

Tvåplansvilla i tegel belägen något lägre än järnvägen. Kortaste avstånd mellan villan och närmsta spår är 22 meter.

Spången 4, KM 10+175, norr

Tvåplansvilla i trä belägen något lägre än järnvägen. Kortaste avstånd mellan villan och närmsta spår är 26 meter.

Spången 5, KM 10+200, norr

Tvåplansvilla i trä belägen något lägre än järnvägen. Kortaste avstånd mellan villan och närmsta spår är 30 meter.

Samlad bedömning för Bromsten småhusområde Tallåsvägen m.m

I detta stycke presenteras en samlad bedömning för samtliga fastigheter som beskrivs ovan och som hör till Bromsten småhusområde Tallåsvägen m.m.

Tabell 2. Sammanställning över fastigheter i Bromsten småhusområde Tallåsvägen m.m. Grönt beskriver att åtgärder inte behöver vidtas, gult beskriver att åtgärder bör övervägas, orange beskriver att åtgärder ska övervägas.

Fastighet	Kortaste avstånd till spår
Telefonen 4	20 m
Telefonen 6	20 m
Telefonen 10	17 m
Telefonen 12	17 m
Telefonen 16	15 m
Telefonen 18	23 m
Telefonen 41	13 m
Telefonen 22	18 m
Telefonen 24 och 26	15 m
Telefonen 29	18 m
Telefonen 32	22 m
Telefonen 35	16 m
Magnus 22	22 m
Spången 2	22 m
Spången 4	26 m
Spången 5	30 m

I Tabell 2 framgår att cirka hälften av fastigheterna ligger i området 20-30 meter från järnvägen. Inom detta område bedöms risknivån som acceptabel om inga försvårande omständigheter föreligger, vilket det inte bedöms göra här. Övriga fastigheter ligger i området 13-18 meter från järnvägen, vilket innebär att lämpliga och rimliga åtgärder ska (11-16 meter) eller bör (16-20 meter) övervägas och eventuellt vidtas.

Rekommendation:

Inga åtgärder vidtas för Telefonen 4/6/18/32, Magnus 22 samt Spången 2/4/5.

Åtgärder bör övervägas för Telefonen 10/12/22/29/35.

Åtgärder ska övervägas för Telefonen 16/41/24/26.

5.2.6 Magasinsvägens industriområde (6)

Direkt söder om Mälarbanan löper Magasinsvägen parallellt med järnvägen. I området finns ett tiotal verksamhetsbyggnader med i huvudsak varierande småindustri.

Byggvaruhuset Bygma upptar knappt halva områdets längd parallellt med järnvägen.

Vid Fristadsvägen finns en bom- och signalreglerad järnvägs korsning för gående och cyklister. I kvarteret Ferdinand längst i väster finns ett verksamhetsområde som är under utveckling.

I samband med utbyggnaden av järnvägen kommer Magasinsvägens sträckning att justeras för att ge plats åt spårområdet.

Nedan beskrivs utformning, verksamhet, personbelastning samt övriga relevanta faktorer för respektive fastighet inom Magasinsvägens industriområde. Efter detta görs en gemensam bedömning för hela området.

Hallsten 21, KM 9+550, söder

I verkstadsbyggnaden i trä utförs snickerier, främst av reparationskaraktär. Fastigheten är belägen något lägre än järnvägen. Det finns ytterligare en mindre byggnad som används som förråd. På gården finns uppställningsplats för upp till fyra lastbilar, dessa hyrs ut i perioder. Lastbilarna står oftast uppställda under helgerna för att sedan åka iväg kommande måndag. Det sker dock trafik från och till fastigheten även under veckorna. Normal personbelastning är 1-2 personer under vardagar. Vid enstaka tillfällen vistas det fler personer inom fastigheten. Arbete sker normalt vardagar mellan klockan 9-17. Kundbesök sker vid enstaka tillfällen.

Kortaste avstånd mellan byggnaden och närmsta spår är 33 meter. Utifrån befintligt skyddsavstånd och låg personbelastning bedöms inga åtgärder vara relevanta.

Hallsten 27, KM 9+550, söder

Kraftig långsmal betongbyggnad tillhörande Ellevio (tidigare Fortum) med kortsidan mot järnvägsspåret. Fastigheten ligger belägen något lägre än järnvägen. Verksamheten kategoriseras troligtvis som teknisk anläggning och inte som industri. Byggnaden är en fördelningsstation, vilket är en kopplingspunkt i regionnätet för strömförsörjning till större områden.

Betongdelen av anläggningen innehåller transformatorbås medan den röda tegelbyggnaden inhyser ett ställverk och diverse kontrollrum, samt annan utrustning som behövs för anläggningens drift. Fördelningsstationen utgör inte stadigvarande vistelse, men har i separat utredning konstaterats utgöra samhällsviktig verksamhet.

Kortaste avstånd mellan byggnaden (transformatordelen) och närmsta spår är 20 meter. Ställverksdelen ligger cirka 31 meter från spåret.

Hallsten 29, KM 9+575, söder

Industribyggnad, Bromma Stål AB, belägen något lägre än järnvägen. I byggnaden bedrivs verkstadsverksamhet. Det utförs svets- och smidesarbeten och det finns ett stållager. Utomhus finns materialupplag och parkering. Det sker många tunga transporter med material och gods till och från fastigheten dagligen (främst vardagar). Detta är allt från små lastbilar och pick-ups till stora godslastbilar mm. På fastigheten arbetar cirka 35 personer på vardagar mellan klockan 7-16.

Det förekommer även sena kvälls- och helgarbeten vid enstaka tillfällen, uppskattningsvis två gånger i månaden. Inga arbeten sker nattetid. Fastigheten har en jämn ström av besökare och leverantörer under vardagar mellan klockan 7-16 (vilket motsvarar öppettiderna). Uppskattningsvis har fastigheten cirka 40 stycken besökare per vardag. Maximal personbelastning uppskattas till cirka 40 personer.

Kortaste avstånd mellan byggnaden och närmsta spår är 26 meter.

Hallsten 9, KM 9+650, söder

Äldre villa på fastighet som används främst till mellanlager för julgranar och är belägen något lägre än järnvägen. Detta innebär att granar upp till 30 meter forslas till fastigheten under oktober till december för att sedan levereras till kund. Efter jul hämtas de tillbaka och mellanlagras på fastigheten. För hanteringen behöver cirka 5 stycken 24-meters lastbilar per dag ta sig in och ut på fastigheten. Infart till fastigheten sker i norra delen och utfart i södra delen. Det finns även cirka 10 stycken hyresgäster på fastigheten. Uthyrningen omfattar bland annat lager.

Byggnaden som ligger på ytan med tillfällig nyttjanderätt är ett garage. Villan hyrs ut till olika hyresgäster i perioder, den har använts som boende men framförallt kontor. Den mindre byggnaden strax innanför villan används till förråd, omklädningsdel och en uthyrningsdel. Gårdsytan används bl.a. som upplagsplats (maskiner, bodar mm) för en byggfirma. För övrigt ändras nyttjandet av fastigheten beroende på vilka uppdrag och hyresgäster som finns, exempelvis finns just nu en provisorisk verkstad för fönsterrenoveringar.

Under perioden oktober till december är det cirka 15 personer på plats. Det sker en kontinuerlig trafik till- och från fastigheten från tidig morgon och hela dagen. Under november till jul sker arbeten även på helger. Resterande del av året uppskattas cirka 4-5 personer arbeta inom fastigheten på vardagar. Detta kan dock variera under året då fastighetens nyttjande varierar beroende på aktuella projekt. Det sker inga kundbesök på fastigheten. Normal arbetstid under januari till oktober är klockan 7-16. Från oktober till 24:e december är arbetstiderna cirka 6-22, även helgarbete förekommer under denna period.

Kortaste avstånd mellan villan och närmsta spår är 21 meter.

Hallsten 19, KM 9+675, söder

Det finns två plåtbyggnader på fastigheten, båda dessa används som snickerier för bland annat mäss-/utställningsmaterial och har fönster mot järnvägen. Fastigheten är belägen något lägre än järnvägen. Fria markytor används till parkering och upplag.

Byggnaderna hyrs ut till två hyresgäster som har cirka 10 personer arbetande i respektive byggnad, totalt 20 personer under vardagar 6-18.

Under dessa tider sker även vissa kundbesök. Ibland förekommer helgarbete. Till/från fastigheten sker virkestransporter under vardagar.

Kortaste avstånd mellan byggnad och närmsta spår är 24 meter.

Hallsten 20, KM 9+700, söder

Smidesverkstad samt uthyrning och magasinering av byggställningar för fyra olika företag (endast intern verksamhet). Verksamheten har varmlokal, kallokal och utomhusyta. Huset närmast järnvägen används av hyresgäst som magasinerar verktyg och byggmaterial. I den avlånga byggnaden längre bort finns hyresgäst som håller på med håltagning för rördragningar. I samma lokal finns smidesverkstad och fikalokal. Det befinner sig maximalt 25 personer på fastigheten, men normalt 6-7 personer, både natt och dag. På vardagar sker arbete cirka 7-18. Vissa jobbar skift (6 personer dag och 6 personer natt). Under helger är det cirka 5 personer som jobbar. För bakre byggnad finns framtidsplaner på cirka 3-5 års sikt. Där vill ägaren riva byggnaden och bygga en nyare verkstad. Det finns önskemål om att komma in med bil från baksidan och inte via Magasinsvägen.

Kortaste avstånd mellan byggnaden och närmsta spår är 24 meter.

Hallsten 6, KM 9+700, söder

Plåtbyggnad med ett fåtal fönster mot järnvägen. Fastigheten är belägen något lägre än järnvägen. Det är svårt att bedöma vilka byggnader som tillhör vilka verksamheter utifrån kartstudier. Det bör noteras att delar av verksamheten ligger inom området för den nya sträckningen av Magasinsvägen och kan behöva rivas eller flyttas.

Kortaste avstånd mellan byggnaden och närmsta spår är 15 meter. Risknivån ligger högt inom ALARP och åtgärder ska övervägas.

Hallsten 13, KM 9+775, söder

Plåtslageri mot Bromstensvägen, men ingen butik som är tillgänglig för kunder. Fastigheten är belägen något lägre än järnvägen. Planerna är att hela hallen ska användas som snickeri (verkstad). Förråd finns idag närmast järnvägen. Cirka 10 anställda som arbetar måndag till fredag och ibland på helger. Före jul och före semestern är det som mest produktion, då är det ett 15-tal anställda på plats. Normala arbetstider är cirka klockan 5-18. Nattarbete förekommer inte.

Kortaste avstånd mellan byggnaden och närmsta spår är 22 meter.

Sverker 2 och 3, KM 9+825 - 9+925, söder

Bygma bygghandel med stora lagerbyggnader och virkeslager i plåt samt tvåvåningsbaracker för kontor och dylikt. Fastigheten är belägen något lägre än järnvägen. Byggnaden inom järnvägens nya spårområde kommer att rivas. Övriga byggnader kan flyttas och göras smalare vid behov. Butiken har öppet måndag-fredag, 06.00-17.00. Uppskattad maximal personbelastning (personal och kunder) är cirka 50 personer vid en och samma tidpunkt.

Kortaste avstånd mellan byggnader som inte rivs och närmsta spår är ca 8-11 meter, vilket innebär att oavsett vilken beräkningsmodell som tillämpas så ligger del av byggnader inom oacceptabelt riskområde och stora delar inom ALARP-området.

Vid workshop kunde dessutom konstateras att en barriär som dimensioneras för att kunna fånga upp samtliga tågtyper inte skulle få plats på den tillgängliga ytan.

Sverker 1, KM 9+950 - 10+000, söder

Bygma bygghandel i två plan. Plåtfasader och fönster mot järnvägen.

Kortaste avstånd mellan byggnaden och närmsta spår är ca 8-11 meter.

Samlad bedömning för Magasinsvägens industriområde

I detta stycke presenteras en samlad bedömning för samtliga fastigheter som beskrivs ovan och som hör till Magasinsvägens industriområde.

Tabell 3. Sammanställning över fastigheter längs Magasinsvägen. Grönt beskriver att åtgärder inte behöver vidtas, orange beskriver att åtgärder ska övervägas, rött beskriver att åtgärder ska vidtas.

Fastighet	Kortaste avstånd till fasad	Maximal personbelastning
Hallsten 21, KM 9+550, söder	33 m	2 personer*
Hallsten 27, KM 9+550, söder	20 m	-
Hallsten 29, KM 9+575, söder	26 m	40 personer
Hallsten 9, KM 9+650, söder	21 m	15 personer
Hallsten 19, KM 9+675, söder	24 m	20 personer*
Hallsten 20, KM 9+700, söder	24 m	25 personer
Hallsten 6, KM 9+700, söder	15 m	**
Hallsten 13, KM 9+775, söder	22 m	15 personer
Sverker 2 o 3, KM 9+825-9+925, söder	8-11	50 personer
Sverker 1, KM 9+950 -10+000, söder	8-11	***

*Vid ett fåtal enstaka tillfällen kan det vistas fler personer inom fastigheten.

**Okänt men troligtvis låg.

***Personer inom den här fastigheten inkluderas i Bygmas totala personantal om 50 personer.

I Tabell 3 ges en översiktlig sammanställning över maximalt personantal samt kortaste avstånd mellan spår och närmsta fasad för respektive fastighet. Följande fastigheter skiljer sig från mängden:

- Hallsten 6: Relativt litet skyddsavstånd på 15 meter, åtgärder ska övervägas för denna fastighet.
- Sverker 1-3: Bygma bygghandel med butik och hämtlager. Mycket kort avstånd mellan byggnader och spår, i kombination med hög personbelastning. Åtgärder krävs.

Övriga fastigheter har liknande förutsättningar som varandra och ligger inom ett avståndsintervall på 20-33 meter, i snitt ca 26 meter, från spåret. Den totala personbelastningen för området kan ligga mellan 150-200 personer, dock bedöms det inte som sannolikt att en tågolycka skulle påverka samtliga fastigheter samtidigt. Givet detta görs bedömningen att det inte är motiverat att skydda enbart Hallsten 6.

Rekommendation:

Inga åtgärder vidtas för Hallsten 21/27/29/9/19/20/6/13

Åtgärder ska vidtas för Sverker 1/2/3. Följande ska ses över:

- Bygmas butikslokal ska flyttas bortom 20 meter från järnvägen.
- Förstärka planerad stödmur, förbi Bygma, till de dimensioner (dvs. så nära som möjligt dimensionerna för en skyddsmur) som medges av utrymmet på platsen.

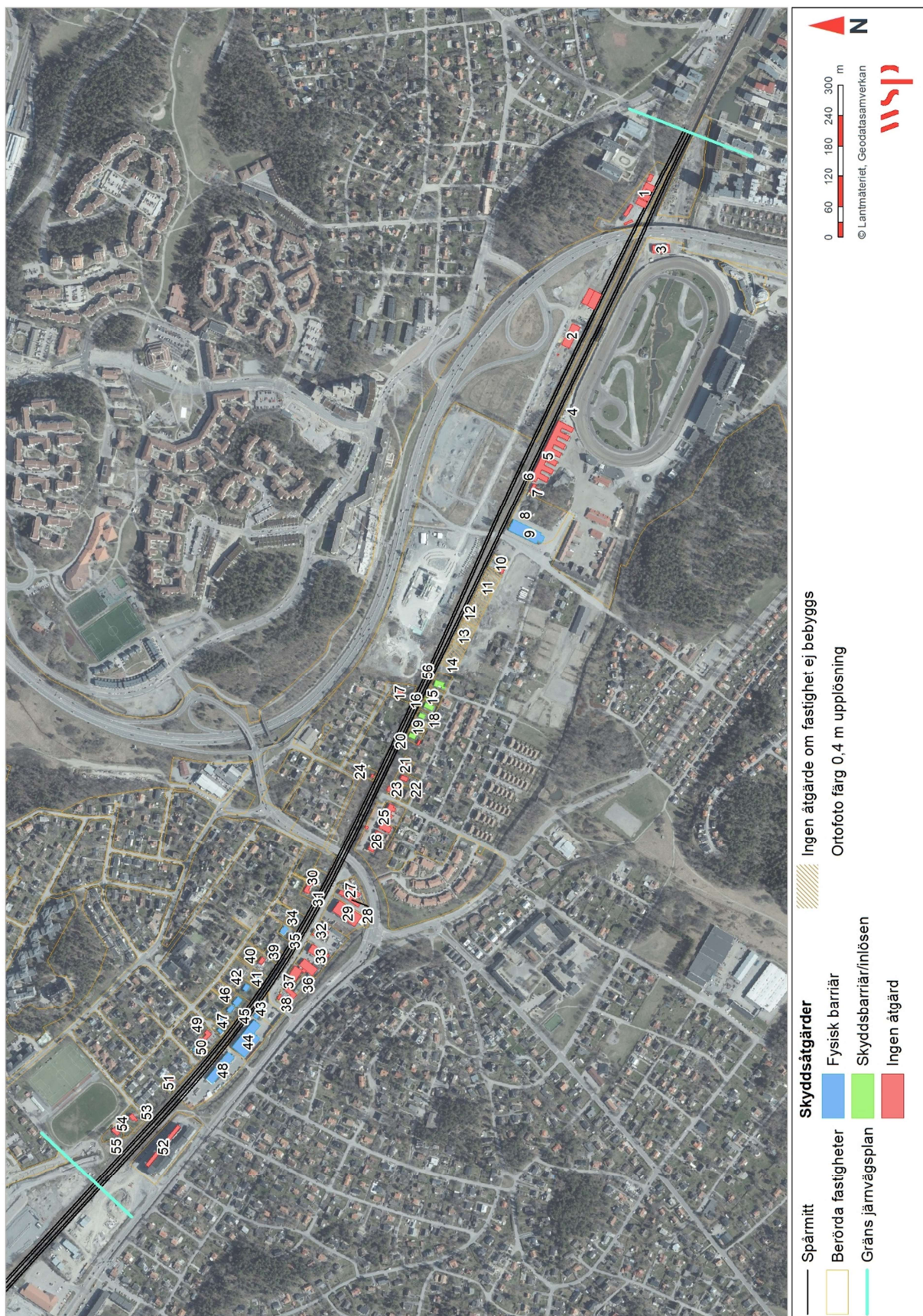
Ferdinand 8, KM 10+100 - 10+200, söder

Nybyggnation av flerbostadshus belägen något högre än spårnivå. Kortaste avstånd mellan byggnaden och närmsta spår är 28 meter.

Utifrån plankartan tillhörande detaljplan Dp 2010-13517-54 för denna fastighet, ska skyddsplank anordnas tätt mot mark i fastighetsgräns framför denna byggnad, till en lägsta höjd av 2,5 meter över ny marknivå. Vidare ska fasader mot järnvägen enligt plankartan, utföras med obrännbart material och brandklassade fönster. Friskluftsintag ska placeras mot sida som inte vetter mot järnvägen. Inga ytterligare riskreducerande åtgärder utöver de som anges i plankartan bedöms vara nödvändiga.

5.3 Sammanfattning av bedömningen

I Figur 12 samt i Tabell 4 åskådliggörs och sammanfattas rekommendation på skyddsåtgärder, för respektive berörd fastighet, enligt denna bedömning.



Figur 12. Illustration över rekommenderade skyddsåtgärder.

Tabell 4. Sammanfattning rekommenderade skyddsåtgärder.

Fastighet med byggnad inom 30 m från spår	Markering i karta	Redovisning av vald riskreducerande åtgärd vid byggnad/anläggning
Ekbacken 4	1	Inga åtgärder. Motiv: Byggnader har rivits eller kommer att rivas.
Bromsten 9:2	2	Inga åtgärder. Motiv: samtliga verksamheter eller byggnader har rivits.
Bällsta 1:34 (traktorgaraget)	3	Inga åtgärder. Motiv: Skyddsavstånd, användning, låg personbelastning.
Bällsta 1:34 (veterinär)	4	Inga åtgärder. Motiv: Ingen stadigvarande vistelse, låg personbelastning, byggnadens läge.
Bällsta 1:34 (stora stallet)	5	Inga åtgärder. Motiv: Verksamhetens art, kostnad, inga kurvor eller växlar.
Bällsta 1:34 (förrådet)	6	Inga åtgärder. Motiv: Förråd utan stadigvarande vistelse.
Bällsta 1:34 (bostadshuset)	7	Inga åtgärder. Motiv: Brant sluttning som bedöms ge god barriäreffekt.
Bällsta 1:3 (gödselcontainer)	8	Inga åtgärder. Motiv: Ingen stadigvarande vistelse.
Bällsta 1:3 (stallbyggnad kortsida)	9	Fysisk barriär i form av L-stöd med motfyllnad.
Banmästaren 10	10	Inga åtgärder. Motiv: Skyddsavstånd, gynnsam topografi samt inga försvårande omständigheter.
Banmästaren 11-14	11-14	Ingen åtgärd krävs under förutsättning att marken förblir obebyggd.
Ring 16 Ring 17 Ring 12 Ring 11 Ring 10 Ring 21	15-16 18-20	Skyddsbarriär alternativt inlösen.
Garvaren 7	17	Inga åtgärder. Motiv: Skyddsavstånd, gynnsam topografi samt inga försvårande omständigheter.
Ring 5, Ring 3, Ring 2	21-23	Inga åtgärder. Motiv: Skyddsavstånd, samt inga försvårande omständigheter.
Garvaren 1	24	Inga åtgärder. Motiv: Skyddsavstånd, gynnsam topografi samt inga försvårande omständigheter.
Emund 20, Emund 9	25-26	Inga åtgärder. Motiv: Skyddsavstånd, gynnsam topografi, viss barriäreffekt från brofundament samt inga försvårande omständigheter.
Hallsten 21	27	Inga åtgärder. Motiv: Skyddsavstånd, mycket låg personbelastning, inga försvårande omständigheter.

Fastighet med byggnad inom 30 m från spår	Markering i karta	Redovisning av vald riskreducerande åtgärd vid byggnad/anläggning
Hallsten 27 (Ellevio) Hallsten 29	28-29	Inga åtgärder. Motiv: Skyddsavstånd.
Telefonen 4 Telefonen 6	30-31	Inga åtgärder. Motiv: Skyddsavstånd (endast uterum inom 20 meter) samt inga försvårande omständigheter.
Hallsten 9 Hallsten 19 Hallsten 20 Hallsten 13	32 33 36 38	Inga åtgärder. Motiv: Skyddsavstånd.
Telefonen 10 Telefonen 12 Telefonen 22 Telefonen 29 Telefonen 35	34 35 42 47 50	Fysisk barriär som dimensioneras för att fånga upp samtliga tågtyper.
Hallsten 6	37	Inga åtgärder. Motiv: Verksamheten, personbelastningen samt läget i området bedöms inte motivera skyddsbarriär.
Telefonen 16 Telefonen 41 Telefonen 24 Telefonen 26	39 41 45 46	Fysisk barriär som dimensioneras för att fånga upp samtliga tågtyper.
Telefonen 18	40	Inga åtgärder. Motiv: Skyddsavstånd, gynnsam topografi samt inga försvårande omständigheter.
Sverker 1, 2 och 3. (Bygma)	43-44, 48	Bästa möjliga fysisk barriär givet tillgänglig yta, butikslokal flyttas bortom 20 meter från järnvägen (gäller ej om fysisk barriär kan dimensioneras för att fånga upp samtliga tågtyper).
Telefonen 32 Magnus 22	49 51	Inga åtgärder krävs. Skyddsavstånd, gynnsam topografi samt inga försvårande omständigheter.
Ferdinand 8 (studentbostäder)	52	Ingen åtgärd. Motiv: Åtgärder inarbetade i detaljplanen.
Spången 2 Spången 4 Spången 5	53-55	Ingen åtgärd. Motiv: Skyddsavstånd samt inga försvårande omständigheter.
Sulkyn 1	56	Skyddsbarriär alternativt inlösen.

6 Förslag till utformning av skyddsmur

Schematisk skiss över hur en skyddsmur kan uppföras redovisas i Bilaga C. Följande indata har legat till grund för utformningen:

- Påkörningskraft enligt kapitel 4.5.1.4 i Eurocode 1991-1-7. Dessa laster gäller förvisso endast för banor där hastigheten uppgår till max 120km/h och banan ska byggas för en hastighet om 200km/h, dock kommer godstågen som är flerfält tyngre än passagerartågen att ge största påkörningskraften och dessa har en hastighet som är < 120km/h.
- Befintliga markförhållanden är sådana att skyddsbarriären kan plattgrundläggas.
- Grundläggningsnivå för fastigheter längs banan är sådana att schaktning till frostfri nivå är möjlig (spont kan behövas)
- Avstånd till skyddsbarriär sätts till 3,5 m vilket är minsta avstånd från cl-spår till långsträckt objekt (om konstruktionen placeras närmare måste dispens sökas vilket kan vara svårt för en konstruktion som denna). Beräkning av skydd påverkas dock inte av avståndet till cl-spår.
- En grov skattning av priset är 40-50 000 kr/m.
- Det bör noteras att den utformning av skyddsmur som föreslås i denna analys är just ett förslag. Finns andra konstruktioner som uppfyller samma funktion men bedöms vara mer fördelaktiga så finns det inget hinder att nyttja en sådan konstruktion istället.

7 Diskussion

I detta kapitel diskuteras och resoneras kring analysen och dess resultat.

7.1 Analys av beräkningar

Aktuell delsträcka av Mälarbanan består bitvis av mycket trånga sektorer. För att bedöma behovet av skyddsåtgärder med avseende på risknivåer har bedömningarna baserats på resultaten från två olika kvantitativa modeller, med två olika kvantitativa resultat som följd.

En osäkerhet i Fredéns modeller är de ingående frekvenserna för fel som orsakar urspårning. De baseras på gammal statistik över gamla järnvägsbanor och aggregeras till en allmängiltig frekvens för urspårning. I praktiken betyder detta att den urspårningsfrekvens som ligger till grund för analys med Fredéns modell baseras på urspårningar som skedde mellan 1985–1995 och som då skedde på banor som kan förmodas var slitna redan då. Att utifrån sådan statistik dra slutsatsen att urspårningsfrekvensen kommer vara samma på en nybyggd bana förstås intuitivt vara en konservativ utgångspunkt.

En annan osäkerhet i samma modell är skattningen av konsekvenserna. Modellens skattning av fördelningen mellan avstånden urspårade tåg hamnar på bygger på en metodik där antalet olyckor sammanställts samt vilka avstånd tågen hamnat på efter

urspårning, och sedan en slutsats om att ca 2 % av urspårningar hamnar på 25 meter (exempelvis). Ingen koppling finns mellan banans skick, omgivande topografi, om urspårningen skett i en kurva, om järnvägen gått på hög bank etc. Denna brist påpekar Sparre i sitt examensarbete (Sparre, 1995) som sedan har legat till grund för utvecklingen av modellen:

”Att en hög hastighet skulle bidra till stor spridning är svårt att visa. En annan, kanske troligare, faktor som skulle påverka hur mycket ett tåg sprids är det omgivande landskapet. I mitt material har jag inte noterat hur landskapet såg ut vid olycksplatsen. Det är möjligt att tänka sig att stor spridning enbart uppkommer då delar av tåget kanar ner för banvallen men detta påstående kan jag inte styrka.”

Då riskbegreppet består av två komponenter, sannolikhet samt konsekvens, och båda dessa komponenter har uppenbara brister i modellen inses det att det är vanskligt att dra för kategoriska slutsatser utifrån endast denna modell.

För att dra slutsatser från en så stor kunskapsmassa som möjligt har även beräkningar med hjälp av UIC-modellen genomförts. Analysmodellen har en annan utgångspunkt än Fredéns modell, och utgår från regelverken kring krav på byggnaders motståndskraft mot mekanisk påverkan från urspårning. Något förenklat kan man säga att modellen genom ett riskanalytiskt förhållningssätt försöker ge svar på frågan när särskilda krav ska ställas på bärverk i byggnader som ska uppföras nära järnväg,

och således vid vilket avstånd som inga särskilda åtgärder krävs. Detta beroende på typ av tåg, hastighet på bana, vilken typ av byggnad som ska uppföras på etc.

Modellerna har olika utgångspunkter och kan komplettera varandra. Även UIC-modellen har beräkningstekniska förenklingar som kan ifrågasättas. En sådan är att det grovt approximeras att avståndet ett urspårat tåg når går att beskrivas med $V_0,55$, där $V = \text{km/h}$ som tåget färdas med vid urspårning. Modellen säger inte att tåget inte kan komma längre från spåret än så, men sannolikheten för att det ska hamna så långt från järnvägsområdet är så pass liten att det inte ska utgöra dimensionerande parameter i beräkningen.

Båda de kvantitativa modellerna har inneboende osäkerheter, och därför utgör resultaten av genomförda beräkningar en utgångspunkt vid bedömningarna om behov av riskreducerande åtgärder, men inte ett absolut svar.

Även skyddsrälers effektivitet och hur de ska analyseras kvantitativt utgör en osäkerhet. På Europainivå anses skyddsrärl vara effektiva upp till 160 km/h, i högre hastigheter än så finns indikationer på att de snarare är kontraproduktiva och kan förvärra konsekvenserna vid en urspårning, UIC anger:

”[...] the maximum speed of 160 kph is application limit. Above this speed, guardrails are no longer regarded as positive and beneficial.”

Samt:

“At high speeds the impact of derailment is much bigger because guardrails are deadly obstructive for derailed vehicles. Countries outside Europe with high speed routes abdicate from guardrails in areas of high speed traffic.”

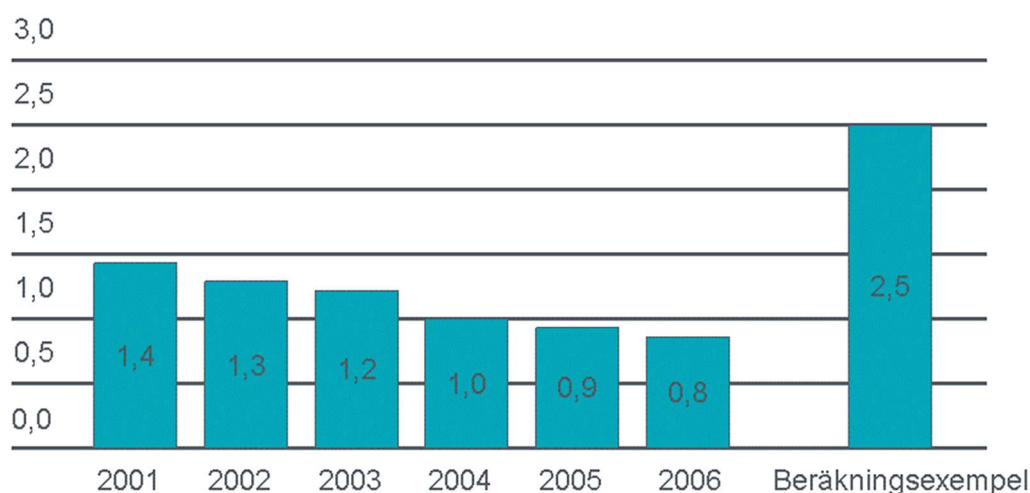
När det kommer till skyddsrälers effekt på risknivåerna har utgångspunkten i denna analys varit att skyddsräler har en effektivitet om 90 %, det vill säga att i nio fall av tio kommer skyddsrälen säkerställa att tåget håller sig inom järnvägsområdet. Detta antagande har använts i ett antal järnvägsprojekt och bedöms som rimligt, men det går inte att verifiera. Vidare har Trafikverkets styrande dokument formuleringar som antyder att skyddsräl alltid är en effektiv åtgärd, samtidigt som europeiska järnvägsunionen i sin slutrapport om skyddsräl konstaterar att skyddsräl bör användas med försiktighet i hastigheter över 160 km/h, då de snarare kan förvärra konsekvenserna vid en olycka. Den kvantitativa analysen visar att med ett antagande om att skyddsräl endast är effektivt upp till 160 km/h har installation av skyddsräl en marginell effekt på risknivån, och därför har det i denna analys inte setts som en universallösning. Möjligen är detta en försiktig tolkning, men den bästa utifrån den kunskapsmassa som finns i frågan.

7.2 Inträffande händelser

I Sverige är katastrofer till följd av urspårningar väldigt ovanliga. Statistik visar att urspårningar oftast sker i låga hastigheter på bangårdar och/eller vid rangering. En jämförelse mellan faktiska urspårningsfrekvenser och den teoretiska frekvensen framräknad med Fredéns modell kan ses i Figur 13.

Antal urspårningar per 10 milj tågkm

Rullande tre års medelvärden



Figur 13. Jämförelse mellan faktisk och teoretisk urspårningsfrekvens

Det finns således skäl att ifrågasätta hur bra verkligheten representeras av de teoretiska modellerna, då genomgång av inträffade händelser indikerar att både sannolikheten för att ett tåg ska spåra ur och konsekvenserna av urspårning verkar överdrivas i modellerna. Det ska dock påpekas att internationellt har allvarliga urspårningar inträffat på moderna järnvägar. Exempel på detta är bland annat urspårningen i Santiago de Compostela år 2013 eller urspårningen i Illinois år 2019.

7.3 Analysens resultat

Analysens resultat baseras på en sammanvägd bedömning av kvantitativa beräkningar med två modeller, erfarenheter från andra projekt, samrådsmöte med Länsstyrelsen i Stockholms län, arbetsmöten mellan konsult och Trafikverket, lokala förutsättningar längs banan med avseende på markanvändning och närliggande byggnaders användningsområden samt reflektioner kring inträffade händelser. Denna breda utgångspunkt ger å ena sidan välgrundade rekommendationer, å andra sidan är det svårt att beskriva resultatet i några få meningar. Analysens resultat går inte att beskriva i termer av "är det 15 meter mellan husvägg och närmsta spår mitt ligger byggnaden i ALARP-området", utan alla perspektiv måste vägas samman för varje enskild fastighet. Detta innebär en viss svårighet att snabbt få en överblick över analysen.

En aspekt som har varit svår att hantera är vilken effekt det faktum att gammal teknik byts ut mot ny innebär. Exempelvis kan följande resonemang föras: banan kommer förvisso något närmare vissa fastigheter, men dagens järnvägsanläggning byts ut och ersätts med ny teknik, med slutsatsen att risknivån kanske snarare förbättras än försämras. Detta resonemang går inte att styrka med kvantitativa analyser, knappt heller med kvalitativa resonemang, varför det heller inte har utgjort en grundpelare vid bedömningen. Å andra sidan ska aspekten heller inte ignoreras, vilket den heller inte har gjorts. Det faktum att ny järnvägsanläggning planeras betraktas som positivt som helhet, även för riskbilden.

Bristerna i de kvantitativa modellerna till trots har de till viss del utgjort utgångspunkten vid bedömningen om behov av riskreducerande åtgärder. En annan viktig aspekt vid den samlade bedömningen har varit markanvändningen och närliggande byggnaders användningsområden. Oavsett persontäthet finns det ett högre skyddsvärde i bostäder än i industrilokaler. Bostäderna i kvarteret Ring ligger för nära. Cirka 5 meters avstånd mellan fasad och närmsta järnvägsspårs mitt innebär oacceptabla risknivåer, oavsett kvantitativ modell, erfarenheter från andra projekt eller inträffade händelser. En sådan situation kräver åtgärder. Samma avstånd till fasaden på ett stall innebär inte samma krav på skyddsåtgärd. Samtidigt bör det vid framtida stadsutveckling säkerställas att stallet flyttas när möjlighet uppstår.

Analysen har i mångt och mycket utgått från nuläget, med avstånd till befintliga byggnader på befintliga fastigheter. Om en fastighetsägare vill uppföra ny byggnad på sin fastighet är detta snarare ett bygglovsärende än något som kan regleras i planprocessen. Bedömningen tar inte höjd för den aspekten i rekommendationerna, det vill säga resonemang i stil med "här skulle en industribyggnad kunna uppföras i framtiden eftersom detaljplanen medger det, så därför föreslår vi att riskreducerande åtgärder vidtas proaktivt och införs redan nu." Att den aspekten inte inkluderas kan betraktas som en svaghet i analysen, men samtidigt bedöms det vara det enda praktiskt rimliga sättet att förhålla sig till frågan. Dessutom bör kommunens byggnadsnämnd ha möjlighet att kräva den typen av skydd vid bygglov för att den enskilda byggnaden skall leva upp till PBL. Vidare rekommenderas Trafikverket att bevaka framtida detaljplaneprocesser i området för att säkerställa att riskperspektivet beaktas även vid framtida planläggning.

8 Slutsatser

För att utröna vilka riskreducerande åtgärder som krävs för att risknivån längs Mälarbanan ska bedömas som acceptabel har två olika kvantitativa modeller för beräkning av risknivå använts. Resultaten från de kvantitativa beräkningarna har utgjort utgångspunkten för kvalitativa resonemang som landar i bedömningen att följande åtgärder rekommenderas vid utbyggnaden av Mälarbanan, delsträcka Duvbo-Spånga:

- Vid Km 8+750 söder (Solvalla, stallet med gavel mot banan): en skyddsbarriär anordnas, dimensionerad för att klara av både person- och godståg. Genomförbarheten har vid workshop bedömts som god.
- Km 9+100 – 9+250 (Kv. Ring): en skyddsbarriär anordnas, dimensionerad för att klara av både person och godståg. Genomförbarheten har vid workshop bedömts som låg, men bostäderna kommer ligga inom oacceptabla risknivåer, och åtgärder måste vidtas. Alternativt erbjudande om inlösen.
- För Telefonen 10/12/22/29/35/16/41/24/26 införs fysisk barriär som dimensioneras för att fånga upp samtliga tågtyper.
- Åtgärder ska vidtas för Sverker 1/2/3. Följande ska ses över:
 - Bygmas butikslokal ska flyttas bortom 20 meter från järnvägen.
 - Förstärka planerad stödmur, förbi Bygma, till de dimensioner (dvs. så nära som möjligt dimensionerna för en skyddsmur) som medges av utrymmet på platsen.

Vid kommande stadsutveckling rekommenderas Trafikverket att bevaka att mark planläggs som prickmark inom minst 20 meter från järnvägsanläggningen.

Referenser Anders Nilsson. (2017-09-14). *Erhållen via mejl: Statistik över RID-S-transporter genom Sundbyberg år 2008-2016*,. Trafikverket.

Brandteknik, Lunds tekniska högskola. (2012). *Brandskyddshandboken, Rapport 3161*. Lund.

Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola. (u.d.). *Datorprogrammet Gasol*.

FOA. (1997). *Våda utsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker*, FOA - R-00490-990-SE. Försvarets forskningsanstalt.

Forsén, R., & Lamnevik, S. (2010). *Verkan av explosioner i det fria*. Stefan Lamnevik AB.

Fredén, S. (2001). *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*. Borlänge: Banverket.

Fredén, S. (2001). *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*. Borlänge: Banverket.

Havs- och vattenmyndigheten. (2016). *Miljögifter i vatten - klassificering av ytvattenstatus. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2016:26*.

- HMSO. (1991). *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances*. London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission.
- International Union of Railways (UIC). (2002). Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone (UIC 777-2, andra utgåvan). UIC.
- Lamnevik, S. (2000). Explosivämneskunskap. Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA).
- Lamnevik, S. (2006). *Konsekvensanalys explosioner*. Stefan Lamnevik AB.
- MSB. (2009). *ADR-S Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter (MSBFS 2009:2) om transport av farligt gods på väg och i terräng*. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- MSB. (2013-08-09). Trafikflödet på järnväg – 2006. .
- Pettersson, J. (2012). Säkerhetsansvarig Green Cargo. *Muntligt*.
- Purdy, G. (1993). Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail. *Journal of Hazardous materials*, 33.
- RIB, Statens räddningsverk. (u.d.). Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank.
- SIKA. (2001). *Vägtrafikskador*. Statens institut för kommunikationsanalys.
- Sparre, E. (1995). *Urspåringar, kollisioner och bränder på svenska järnvägar mellan åren 1985-1995*. Lunds tekniska högskola.
- Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad. (1997). *Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS*.
- Svenska gasföreningen. (2004). *Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter*.
- Trafik analys - TRAFKA. (2011). *Bantrafik 2010, Statistik 2011:24*.
- Trafikverket. (2020). Uppgift erhållen via mejl: Åsa Von Malmberg (2020-06-05). Trafikverket.
- VTI. (2003). Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS). *Uppgifter erhållna från Arne Land*. Statens Väg- och trafikforskningsinstitut.
- Väg- och transportforskningsinstitutet. (1994). *Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4*.

Bilaga A. Frekvensberäkningar

I denna bilaga redovisas hur beräkningarna av de uppskattade individrisknivåerna längs järnvägen delsträckan Duvbo – Spånga har genomförts. I denna riskbedömning har följande två modeller använts för att uppskatta urspårningsrisken på den aktuella järnvägssträckan:

- Trafikverkets (tidigare Banverkets) *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* (Fredén, Modell för skattning av

sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, 2001). (Benämns hädanefter som *Frédens¹ modell*)

- UIC:s (International Union of Railways) modell som redovisas i rapporten *Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone (UIC 777-2)* (International Union of Railways (UIC), 2002).

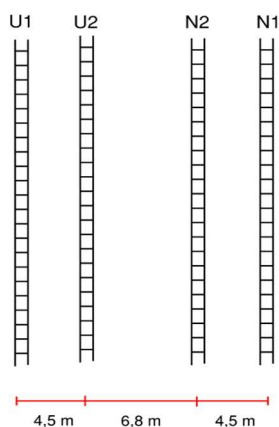
Beräkningsgången när urspårningsrisken uppskattas enligt Frédens modell redovisas i avsnitt A.2. I avsnitt A.3 redovisas beräkningsgången för urspårningsrisken uppskattas enligt UIC-modellen.

A.1. Trafikering och spårområde

I Tabell 5 redovisas den förväntade trafikeringen för respektive spår vid utbyggd anläggning horisontår 2030 (Trafikverket, 2020). I Figur 14 illustreras spårområdet för utbyggd anläggning samt det inbördes avståndet mellan respektive spår². Individrisknivån utgår ifrån spårmitte från respektive ytterspår (U1/N1).

Tabell 5. Årsmedeldygnstrafik för respektive spår för utbyggd anläggning Mälarbanan Duvbo – Spånga (Trafikverket, 2020).

Spår	Persontåg per årsmedeldygn	Kommentar	Godståg per årsmedeldygn
U1 (Ytterspår)	46	Regionaltrafik (X40, X2)	5
U2 (Innerspår)	126	Pendeltågstrafik (X60)	-
N2 (Innerspår)	126	Pendeltågstrafik (X60)	-
N1 (Ytterspår)	46	Regionaltrafik (X40, X2)	5



Figur 14. Inbördes avstånd² mellan respektive spår.

I UIC-modellen har hastigheten på sträckan en central betydelse då denna parameter bland annat avgör hur långt från spåret (vinkelrätt) urspårade fordon kan hamna (International Union of Railways (UIC), 2002). I Tabell 6 redovisas största tillåtna hastighet (STH) för respektive spår och trafikslag. Den troliga hastigheten för pendeltågstrafiken på innerspårarna är 135 km/h. Trolig hastighet för regional- och

¹ Sven Fréden har författat rapporten *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*.

² Observera att måttet 6,8 m har minskat till 6,0 m, detta bedöms dock endast ge försumbar påverkan på beräkningsresultatet.

godstrafiken på ytterspårarna är 160 km/h respektive 100 km/h (Trafikverket, 2020). Vid uppskattningarna av urspårningsrisken enligt UIC-modellen används konservativt den största tillåtna hastigheten för respektive spår och tågslag. Notera att hastigheten på sträckan inte ha någon betydelse när urspårningsrisken uppskattas enligt beräkningsgången i Frédens modell (Fredén, Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, 2001). Spridningen av urspårade vagnar i Frédens modell baseras istället på historiska olycksdata.

Tabell 6. STH för respektive spår och trafikslag vid utbyggd anläggning.

Spår	STH Persontåg	STH Godståg
U1 (regional- och godstrafik)	200 km/h	160 km/h
U2 (pendeltågstrafik)	160 km/h	
N2 (pendeltågstrafik)	160 km/h	
N1 (regional- och godstrafik)	200 km/h	160 km/h

A.2. Frédens modell

För att kunna kvantifiera risknivån i området behövs ett mått på frekvensen för de skadescenarier som identifierats och bedömts kunna inträffa på den planerade järnvägssträckningen i höjd med studerat område. Denna frekvens beräknas dels enligt Trafikverkets (tidigare Banverkets) *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* (Fredén, Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, 2001).

Därefter används händelseträds metodik för att bedöma frekvenserna för de scenarier som kan få konsekvensen att minst en person skadas allvarligt eller omkommer. Det bör påpekas att det är frekvensen för järnvägsolycka (antal olyckor per år) och inte sannolikheten som skattas med denna modell.

A.2.1 Sannolikhet för urspårning

För att kunna uppskatta urspårningsfrekvensen enligt beräkningsgången i Frédens modell krävs följande indata:

- Den studerade sträckans längd (km) vilket i detta fallet är ansatt till 1 km.
- Totalt antal tåg som trafikerar respektive spår under ett år (årsmedeldygnstrafiken i Tabell 5 gånger 365,25 dagar).
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (vagnar/år), varje persontåg antas i snitt ha 7 vagnar och varje godståg antas i snitt ha 30 vagnar.

Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st.

- Varje tåg som trafikerar delsträckan antas i snitt passera 2 stycken växlar.

A.2.1.1 Urspåring

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspåring av tåg redovisas i Tabell 7 (Fredén, Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, 2001):

Tabell 7. Ingående parametrar vid beräkning av sannolikhet för urspåring.

Identifierade olyckstyper för urspåring	Frekvens (per år)	Enhet
Rälsbrott	$5,00 \cdot 10^{-11}$	vagnaxelkm
Solkurvor	$1,00 \cdot 10^{-5}$	spårkm
Spårlägesfel	$4,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm
Växel sliten, trasig	$5,00 \cdot 10^{-9}$	antal tågpassager
Växel ur kontroll	$7,00 \cdot 10^{-8}$	antal tågpassager
Vagnfel		
Persontåg	$9,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm
Godståg	$3,10 \cdot 10^{-9}$	vagnaxelkm
Lastförskjutning	$4,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (godståg, annat)
Annan orsak	$5,70 \cdot 10^{-8}$	tågkm
Okänd orsak	$1,40 \cdot 10^{-7}$	Tågkm godståg

A.2.1.2 Sammanstötningar

I denna grupp innefattas sammanstötningar mellan rälsburna fordon, som t.ex. sammanstötning mellan två tåg, mellan tåg och arbetsfordon etc. Sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje antas vara så låg att den inte är signifikant (Fredén, Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, 2001) och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

A.2.1.3 Plankorsningsolyckor

Det finns inga plankorsningar på den aktuella järnvägssträckan.

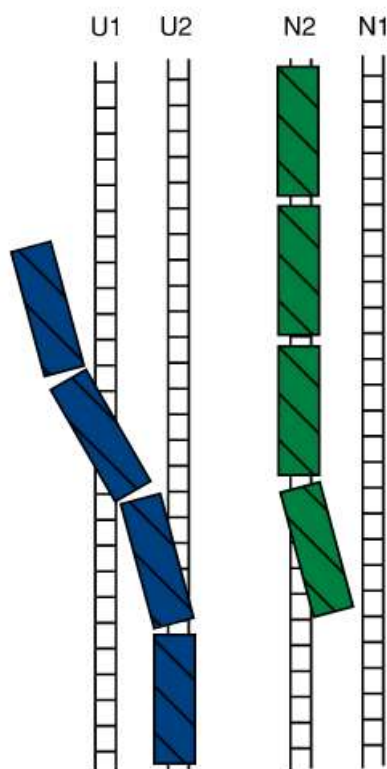
A.2.1.4 Avstånd från spårmitt för urspårade vagnar

Alla urspåringar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Huruvida personer i omgivningen skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspåring. I Tabell 8 nedan redovisas fördelningen för avstånd från spårmitt som vagnar, beroende av tågtyp (persontåg/godståg) förväntas hamna efter urspåring (Fredén, Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, 2001).

Tabell 8. Avstånd från spårmitt (m) för urspårade vagnar.

Avstånd från spårmitt	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m
Resandetåg	77,53%	17,98%	2,25%	2,25%	0,00%
Godståg	70,33%	19,78%	5,49%	2,20%	2,20%

Vid beräkningarna av individrisknivå, vars nollpunkt ansätts till spårcentrumlinjen för respektive ytterspår (U1/N1), har de inbördes avstånden mellan spåren enligt Figur 14 beaktats. Vid händelse av en urspårning på spår U2 behöver fordonet exempelvis spridas mer än 4,5 meter vinkelrätt från spåret för att kunna orsaka mekanisk påverkan på objekt utanför spårområdet, se illustrationen i Figur 15.



Figur 15. Det urspårade blåa tåget på spår U2 har fått en spridning som överstiger 4,5 meter och kan därmed orsaka mekanisk påverkan på objekt utanför spårområdet (dvs. bortom spårcentrumlinjen för spår U1). Det urspårade gröna tåget på spår N2 har fått en spridning som understiger 4,5 meter och kan därmed inte orsaka mekanisk påverkan på objekt utanför spårområdet.

A.3 UIC-Modellen

I detta avsnitt redovisas hur individrisknivå med avseende på mekanisk påverkan har uppskattats utifrån metodiken i UIC-modellen. I det första steget i UIC-modellen beräknas frekvensen för en urspårning (P1). Urspårningsfrekvenser per tågkm enligt UIC-modellen redovisas i Tabell 9 och beror på förekomsten av växlar på sträckan.

Sträckan som tåget färdas parallellt med spåret efter urspårningen (d) antas i modellen vara direkt beroende av urspårningshastigheten ($V^2/80$). Sambandet $V^2/80$ förutsätter en konstant retardation på 3 m/s^2 (International Union of Railways (UIC), 2002). Sträckan d utgör längden av riskområdet vid händelse av en urspårning på den aktuella

järnvägssträckan. Dvs. människor eller byggnader som befinner sig inom sträckan d riskerar att träffas av de urspårade tåget.

I Tabell 10 redovisas sträckan d för de olika tågtyper som trafikerar Mälärbanan Duvbo – Spånga. Beräkningarna av sträckan d baseras konservativt på den största tillåtna hastigheten (STH) för respektive tågtyp som trafikerar sträckan.

$$P1 = e_r \cdot d \cdot Z_d \cdot 365 \cdot 10^{-3}$$

e_r = urspårningsfrekvens per tågkm

d = sträckan som tåget färdas parallellt med spåret efter urspårningen = $V^2/80$

V = tågets hastighet vid urspårningen (km/h)

Z_d = antalet tåg per årsmedeldygn

Tabell 9. Urspårningsfrekvenser för per tågkm för järnvägsspår med eller utan växlar (International Union of Railways (UIC), 2002).

	Sträcka utan växlar (per tågkm ⁻¹)	Sträck med växlar (per tågkm ⁻¹)
Persontåg	0,25 · 10 ⁻⁸	2,5 · 10 ⁻⁸
Godståg	2,5 · 10 ⁻⁸	25 · 10 ⁻⁸

Tabell 10. Sträckan parallellt med spåret som urspårade tåg antas färdas efter urspårningen beroende på urspårningshastigheten.

Tågtyp	d (V ² /80)
X40/X2 (regionaltåg)	500 m
X60 (pendeltåg)	320 m
Godståg	320 m

I nästa steg av UIC-modellen uppskattas sannolikheten för att objekt som befinner sig inom sträckan d ska träffas av det urspårade tåget (P2):

$$P2 = [(b - a)/b]^2 \cdot 0,5 \cdot c/d$$

b = det urspårade tåget maximala avvikelse vinkelrätt från spåret i meter = $V^{0,55}$

a = det vinkelrätta avståndet mellan spårcentrumlinjen och ett givet objekt i meter

c

= sträckan parallell med spåret på avståndet a som riskerar att träffas av urspårade fordon

$$c = (d/b) \cdot (b - a)$$

Tabell 11. Ekvationer för beräkning av P2 samt c för respektive spår.

Spår	P2	c
U1 (regional- och godstrafik)	$P2 = [(b - a)/b]^2 \cdot 0,5 \cdot c/d$	$c = (d/b) \cdot (b - a)$
U2 (pendeltågstrafik)	$P2 = [(b - a - 4,5)/b]^2 \cdot 0,5 \cdot c/d$	$c = (d/b) \cdot (b - a - 4,5)$
N2 (pendeltågstrafik)	$P2 = [(b - a - 11,3)/b]^2 \cdot 0,5 \cdot c/d$	$c = (d/b) \cdot (b - a - 11,3)$

Spår	P2	c
N1 (regional- och godstrafik)	$P2 = [(b - a - 15,8)/b]^2 \cdot 0,5 \cdot c/d$	$c = (d/b) \cdot (b - a - 15,8)$

A.4 Järnvägsolycka med transport av farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar (MSB, 2009) som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods på järnväg delas in i nio olika klasser enligt RID-S-systemet där kategorisering baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. Detta innebär inte att ett ämne inte kan ge upphov till typkonsekvenser motsvarande de för en annan klass. T.ex. transporteras vätefluorid under klass 8 eftersom dess primära risk utgörs av frätskador. Ämnet är dock mycket giftigt och kan ge upphov till dödliga konsekvenser över relativt stora avstånd. I Tabell 12 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 12. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

RID-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton [20].	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med 200 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner orsaka skador på uppemot 700 m [21].
Klass 2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
Klass 3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
Klass 4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.

RID-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 120 m.
Klass 6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.
Klass 7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
Klass 8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet [19]. Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

Enligt tidigare resonemang bedöms inte alla farligt gods-klasser relevanta vid uppskattning av risknivån i anslutning till järnvägen. Således är de RID-S-klasser som beaktas mer detaljerat i riskuppskattningen därför explosiva ämnen (klass 1), gaser (klass 2), brandfarliga vätskor (klass 3) samt oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5).

Statistiken som ligger till grund för de kvantitativa analyserna baseras på ett utdrag från Trafikverkets databas LUPP (Leveransuppföljningssystemet). Statistiken innefattar: antal godståg-, antal godståg med farligt gods-, antal vagnar med farligt gods-, antal ton farligt gods- samt mängder av och fördelningen mellan transporterade RID-klasser på sträckan Huvudsta – Duvbo under tidsperioden 2008–2016 (Anders Nilsson, 2017-09-14). Statistiken omfattar ej start- och målpunkter för transporterarna. Statistiken bedöms även vara representativ för delsträckan Duvbo – Spånga.

Ovan beskriven statistik är konfidentiell och kan därmed ej redovisas i rapporten. Statistiken ligger likväl till grund för de kvantitativa analyserna.

I dagsläget särskiljs inte vagnar innehållande farligt gods från vanliga godsvagnar, utan ett godståg kan innehålla båda sorters vagnar. Det finns heller inget kontrollsystem i dagsläget för detektering av farligt gods, utan ett tåg kan innehålla vilken typ av gods som helst så länge transportören har tillstånd att transportera farligt gods. Detta medför att alla godståg som trafikerar delsträckan antas transportera farligt gods.

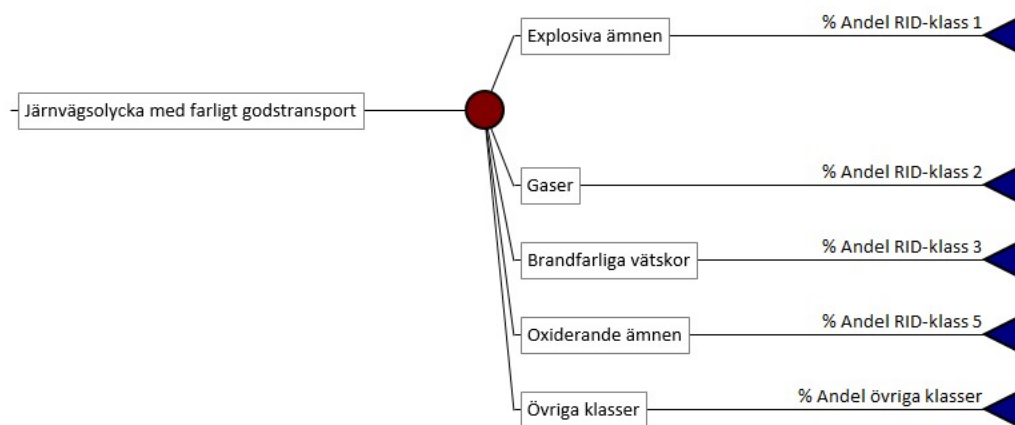
I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar (Fredén, Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, 2001). Sannolikheten för att minst en godsvagn med farligt gods ska vara inblandad vid urspårning av ett godståg blir då följande:

$$P(\geq 1 \text{ FaGo vagn}) = 1 - (1 - \text{andel godsvagnar med farligt gods})^{3,5}$$

Frekvensen för en urspårning där en eller flera farligt gods-vagnar är involverade uppskattas på följande sätt:

$$f(\text{järnvägsolycka med farligt godstransport}) = f(\text{urspårning godståg}) \cdot (1 - (1 - \text{andel godsvagnar med farligt gods})^{3,5})$$

I händelseträdet, se Figur 16, redovisas hur olycksfrekvensen fördelas över respektive RID-klass baserat på den inbördes fördelningen mellan transporterade klasser på sträckan.



Figur 16. Baserat på fördelningen över transporterade RID-klasser fördelas ingångsfrekvensen över respektive RID-klass.

A.5 Olycksscenarier – händelseträdsmetodik

I denna del av bilagan redovisas frekvensberäkningar som genomförts med hjälp av händelseträdsmetodik.

A.5.1 RID-S-Klass 1 – Explosiva ämnen

Inom EU är den maximalt tillåtna mängden som får transporteras på väg 16 ton, och små mängder begränsas till 50–100 kg. Dock tillåts större mängder på järnväg, varför 25 ton antagits som maximal transportmängd.

Transport av RID-S klass 1 på järnväg förekommer i väldigt liten mängd. RID-S klass 1 utgjorde under tidsperioden 2006–2010 endast 0,015 % av den totala transportmängden farligt gods i Sverige som helhet (Trafik analys - TRAFKA, 2011).

Det finns flera olika transportörer och de flesta hänvisar till sekretess, dels av företagsmässiga och dels av säkerhetsmässiga skäl. Enligt samtal med ett av de största transportbolagen på järnväg utfördes endast tre transporter med klass 1 i Sverige under hela 2011.

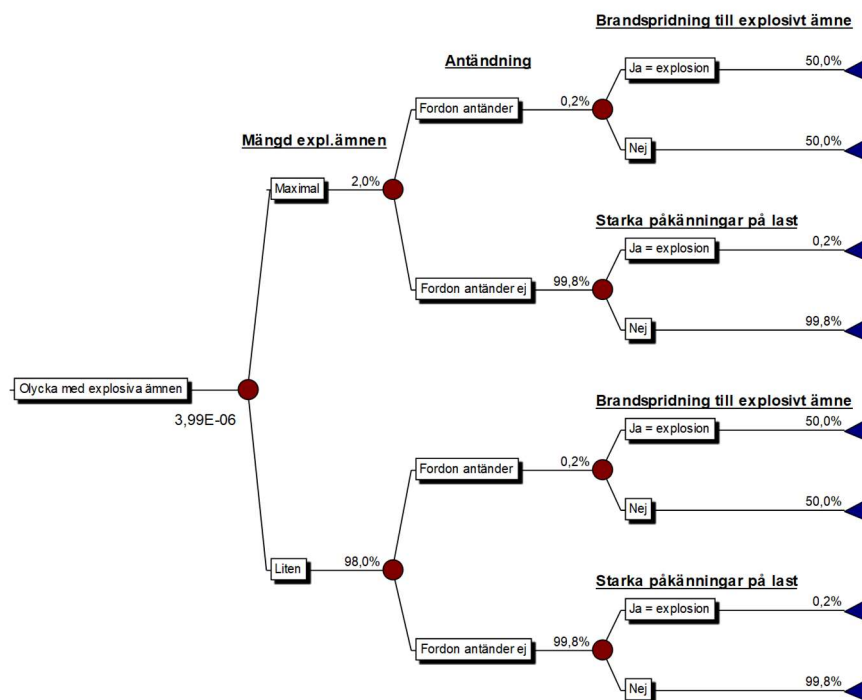
Ingen uppgift om total mängd explosiver finns att tillgå eftersom även emballage och annat räknas in i transportvikten. Uppskattningsvis var ingen av de tre transporter på mer än 500 kg explosivt ämne (Pettersson, 2012).

En grov uppskattning är att laster på 25 ton utgör cirka 2 % av antalet transporter med RID-S klass 1, och övriga 98 % antas i beräkningarna förenklat utgöra mindre laster om 150 kg.

En explosion antas kunna inträffa dels om olyckan leder till brand i vagn, dels om de mekaniska påkänningarna på vagnen blir tillräckligt stora, d.v.s. om lasten utsätts för en stöt. Eftersom det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen ska förpackas och hanteras vid transport görs bedömningen att det är liten sannolikhet för att olycka vid transport av explosiva ämnen leder till omfattande skador på det transporterade godset på grund av påkänningar.

Sannolikheten för att en vagn inblandad i en olycka ska börja brinna uppskattas till 0,2 %, vilket är hälften av motsvarande sannolikhet för vägolycka (SIKA, 2001) (VTI, 2003). Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % (Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, 1997).

Med stöt avses sådan stöt som har den intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s (Lamnevik, Explosivämneskunskap, 2000). Till skillnad från i fallet med brand så saknas kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. Som ett jämförelsevärde att förhålla sig till anger HMSO (HMSO, 1991) att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur 17 redovisas möjliga scenarier.



Figur 17. Händelsetråd med sannolikhet för olycka med explosiva ämnen.

A.5.2 RID-S-Klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmätts 2006 (MSB, 2013-08-09), antas 87 % av transporterna inom RID-S-klass 2 utgöras av brandfarliga gaser. 13 % antas vara giftiga gaser.

Sannolikheten för att en olycka leder till läckage av farligt gods antas variera beroende på om det rör sig om en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet.

Sannolikheten för stort respektive litet läckage (punktering) som följd av en olycka är för tjockväggiga vagnar 1 % i båda fallen (Fredén, Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, 2001). Sannolikheten för inget läckage är följaktligen 98 %.

För brännbara gaser bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typ av antändning.

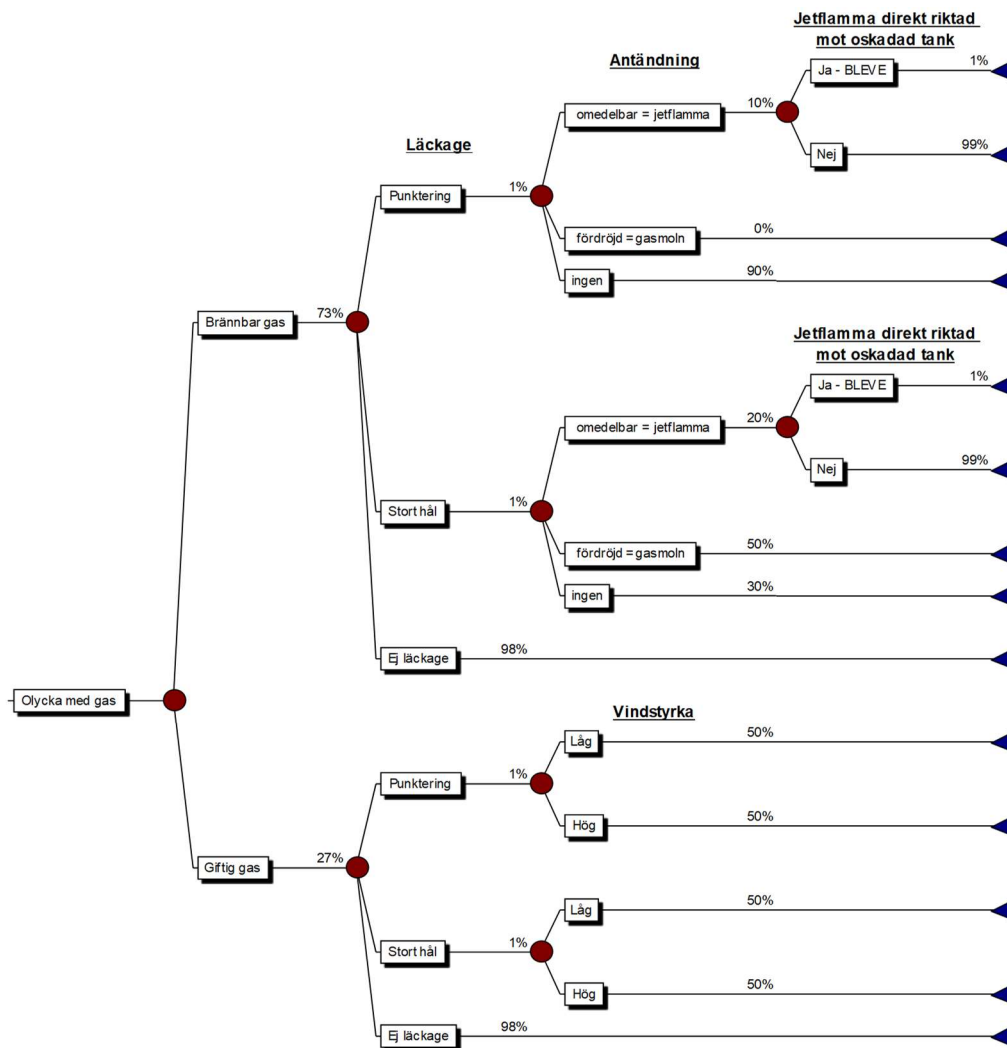
Om den trycksatta gasen antänds omedelbart vid läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids med vinden och kan antändas senare. Det tredje scenariot, BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion), är mycket ovanligt och kan endast inträffa om vagnen saknar säkerhetsventil och tanken utsätts för en omfattande brand. En BLEVE kan då uppkomma om tanken utsätts för kraftig brandpåverkan under en längre tid.

För ett litet utsläpp brännbar gas (punktering av vagn) ansätts följande sannolikheter (Purdy, 1993) för:

- omedelbar antändning (jetflamma): 10 %
- fördröjd antändning (brinnande gasmoln): 0
- ingen antändning: 90 %

För ett stort utsläpp (stort hål) är motsvarande siffror 20 %, 50 % och 30 % (Purdy, 1993). En BLEVE antas enbart kunna uppstå i intilliggande tank om eventuell jetflamma är riktad direkt mot tanken under en lång tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att en BLEVE ska uppstå till följd av jetflamma är mycket liten. Konservativt ansätts 1 %.

För olycka med giftiga gaser påverkar vindstyrkan utsläppets konsekvenser på omgivningen. Vindstyrkan antas vara antingen hög (8 m/s) eller låg (3 m/s) med lika stor sannolikhet. I Figur 18 redovisas olika scenarier för en olycka med gas.

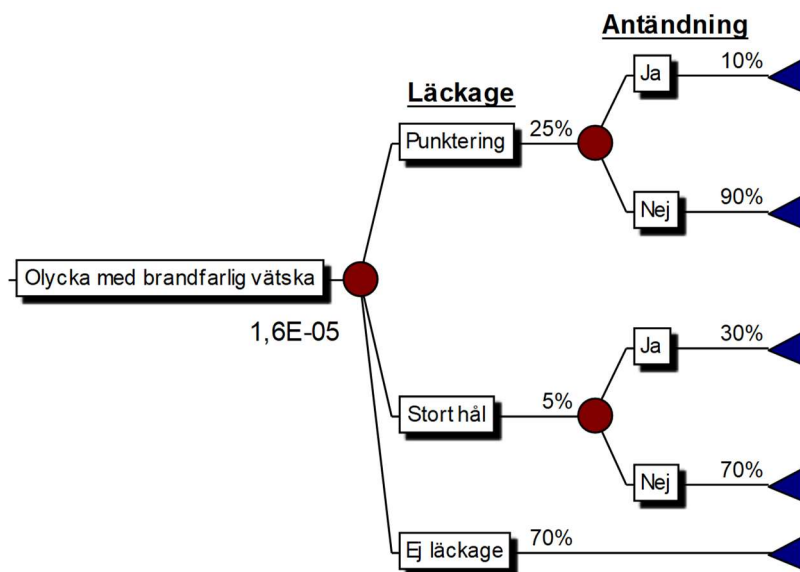


Figur 18. Händelsesträd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

A.5.3 RID-S-Klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Brandfarliga vätskor antas oftast transporteras i tunnväggiga tankar, och sannolikheten för ett litet läckage (punktering) respektive stort läckage vid urspårning är 25 % och 5 % (Fredén, Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, 2001). I 70 % av fallen förekommer inget läckage.

Sannolikheten för att ett litet respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg ska antändas antas vara 10 % respektive 30 % (Fredén, Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, 2001). I Figur 19 redovisas olika scenarier för en olycka med brandfarlig vätska. Scenariot stor pölbrand bedöms som mycket konservativt om underlaget vid järnvägsbanken består av makadam som är ett lättgenomsläppligt material, vilket försvårar bildandet av pölar vid utsläpp.



Figur 19. Händelseträd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

A.5.4 RID-S-Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

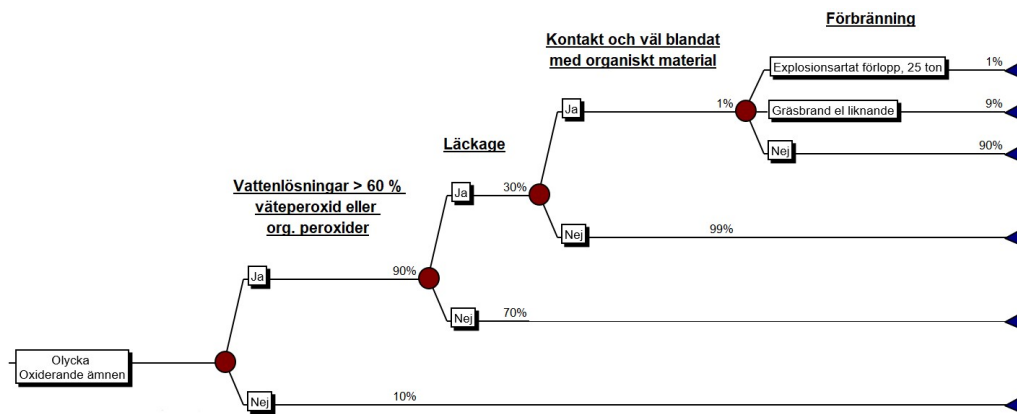
Oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t.ex. bensin, motorolja etc.). Blandningen kan då leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända. Vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid bedöms kunna leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp och detsamma gäller för organiska peroxider. Vattenlösningar av väteperoxider med mindre än 60 % väteperoxid bedöms däremot inte kunna leda till explosion.

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera brand eller understödja brand i andra ämnen, t.ex. brand i vegetation kring banvallen. Explosion kan inträffa i vissa fall.

Vissa organiska peroxider är så känsliga att de endast får transporteras under temperaturkontrollerade förhållanden. Dessa ämnen får ej transporteras på järnväg enligt RID.

Transportstatistik (Trafik analys - TRAFKA, 2011) anger att 93 % av transporterna i RID-S-klass 5 utgörs av oxiderande ämnen, och 7 % av organiska peroxider. En huvuddel av de oxiderande ämnen som transporteras i Sverige bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Utifrån detta antas 90 % av transporterna med klass 5 kunna leda till explosionsartade förlopp.

Oxiderande ämnen antas bli transporterade i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är då 30 % (se ovan i avsnitt A.5.3 avseende litet respektive stort läckage). Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska komma i kontakt med väl blandat och organiskt material har i aktuellt fall antagits till 1 % (Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, 1997). Givet att blandning skett antas en antändning uppstå med sannolikheten 10 %. 10 % av fallen då blandningen antänt antas gå till detonation, medan resterande 90 % antas utvecklas till en kraftig brand. I Figur 20 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



Figur 20. Händelseträd för farligt gods-olycka med oxiderande ämnen i lasten.

A.6 Anpassning av sannolikheten avseende konsekvensavstånd

För individriskberäkningarna görs en frekvensreducering med avseende på att vissa scenarier har konsekvensavstånd som inte sträcker sig över hela den studerade sträckan. En specifik plats drabbas bara av olyckans konsekvenser om den inträffar på en viss sträcka i närheten. Längden på denna sträcka antas vara det uppskattade konsekvensavståndet multiplicerat med en faktor 2. Detta värde dividerat med den totala studerade sträckan ger därmed en frekvensreduktionsfaktor för respektive scenario. Denna frekvensreducering genomförs ej för urspåringsolyckor när individrisken beräknas utifrån modellen i UIC 777–2. UIC-modellen innehåller redan ett steg där urspåringsfrekvensen viktas, med hänsyn till att urspåringen behöver inträffa inom en viss sträcka ($V^2/80$) innan ett givet objekt, för att risken för mekanisk påverkan på de specifika objektet ska föreligga.

Bilaga B. Konsekvensberäkningar

Alla konsekvensavstånd för olyckor med farligt gods har beräknats utifrån att olyckan inträffar mitt på spåret, från vilket alla konsekvensavstånd sedan uppskattas.

B.1 Uppskattade konsekvenser för olyckor med farligt gods

Eftersom egenskaperna hos ämnena i de olika farligt gods-klasserna skiljer sig mycket från varandra har olika metoder använts för att uppskatta konsekvenserna för de scenarier som beskrivs i A.4. Litteraturstudier, simuleringsprogram och handberäkningar är exempel på olika metoder som har använts.

B.1.1 RID-S-Klass 1 – Explosiva ämnen

Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära) (Forsén & Lamnevik, 2010).

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splitterverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splitterverkan vara försumbart. Vad gäller trycknivåer, och de direkta skador som de ger upphov till, går gränsen för lungskador vid omkring 70 kPa och direkt dödliga skador kan uppkomma vid 180 kPa (FOA, 1997). Dessa värden avser dock direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador (då människor kastas iväg av explosionen) bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet, och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa. 20 kPa bedöms vara ett representativt medelvärde för när byggnader skadas.

Samtantaget bedöms det lämpligt att dela upp konsekvensberäkningarna i två zoner, med hänsyn till de stora skillnaderna i trycknivåer som kan leda till dödlig påverkan, beroende på vilken effekt som studeras. Följande antaganden har gjorts vad gäller konsekvenserna:

- Inom det område där trycket överstiger 180 kPa antas 100 % omkomma.
- Inom det område där trycket uppgår till 20-180 kPa antas 20 % omkomma.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* (Lamnevik, 2006) har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, beräknats för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 13. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 13. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av RID-S klass 1 gods. Explosionen antas vara så nära marken att man får full markreflexion, dvs halvsfärisk utbredning av luftstöt vågen.

Konsekvens	Representativ mängd gods	Avstånd $P \geq 180 \text{ kPa}$	Avstånd $P \geq 20 \text{ kPa}$
Liten explosion	150 kg	13 meter	41 meter
Stor explosion	25 000 kg	74 meter	221 meter

B.1.2 RID-S-Klass 2 – Gaser

Gaser indelas i brännbara, inerta och giftiga. Det är endast de brännbara (RID-S-klass 2.1) och giftiga gaserna (RID-S-klass 2.3) som antas kunna innebära dödliga konsekvenser för omgivningen vid olycka.

Brännbar gas, RID-S-Klass 2.1

Konservativt antas att det är tryckkondenserad gasol i samtliga vagnar, eftersom gasol har en låg brännbarhetsgräns, vilket antas medföra att antändning kommer att kunna inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen. Mängden gas i en järnvägsvagn antas till cirka 40 ton (Svenska gasföreningen, 2004).

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) (Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994). För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet Gasol (Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola), dels eventuell jetflammas längd vid omedelbar antändning, dels det brännbara gasmolnets volym samt området som påverkas vid en BLEVE. För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, direkt alternativt fördröjd antändning samt vindhastighet. Beroende på om läckage inträffar i tanken i gasfas, i gasfas nära vätskefas eller i vätskefas kan utsläppets storlek och konsekvensområde variera. De värsta konsekvenserna bedöms uppstå om utsläppet sker nära vätskeytan och därför antas det konservativt att detta är fallet.

För värmestrålning antas en rimlig kritisk nivå där människor förväntas omkomma vara 15 kW/m^2 (vilket orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering).

De indata som använts i Gasol för att simulera konsekvensområden för jetflamma och gasmoln presenteras nedan:

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck
- Utströmmingskoefficient (Cd): 0,83 (Rektangulärt hål med kanterna fläktat utåt)
- Tankdiameter: 2,5 m (jvg)
- Tanklängd: 19 m (jvg)

- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Tankens vikt tom: 50 000 kg
- Designtryck: 15 bar övertryck
- Bristningstryck: 4*designtrycket
- Lufttryck: 760 mmHg
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Relativ fuktighet: 50 %
- Molnighet: Dag och klart
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

I Tabell 14 visas de avstånd inom vilka personer antas omkomma för respektive scenario vid olika typer av utsläpp. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat. För brinnande gasmoln antas det att gasmolnet antänds då det fortfarande befinner sig vid tanken och inte har hunnit spädas ut ytterligare. Det brännbara molnets volym bedöms där vara som störst. Det skadedrabbade området, med avseende på brinnande gasmoln, uppskattas vara molnets storlek plus avståndet där tredje gradens brännskada kan uppnås från gasmolnsfronten.

Tabell 14. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier med brännbara gaser.

Scenario	Källstyrka	Antändning	Konsekvensavstånd
BLEVE	-	-	Cirkulärt 200 m radie
Punktering	2,4 kg/s	Jetflamma	18 m
		Gasmoln	18 m
Stort hål	60 kg/s	Jetflamma	91 m
		Gasmoln	21 m

Giftig gas, RID-S-Klass 2.3

Den icke brännbara men giftiga gasen antas vara klor som är en av de giftigaste gaserna som transporteras på järnväg i Sverige. Att använda klor som representativt ämne bedöms vara konservativt, jämfört med exempelvis ammoniak eller svaveldioxid. Med simuleringsprogrammet Spridning luft (RIB, Statens räddningsverk) beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig (utomhus). Använt gränsvärde för dödliga skador (LC503) för klor är 250 ppm.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton (RIB, Statens räddningsverk). Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) (RIB, Statens räddningsverk).

³ Värden för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

Gasens spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. Spridning luft visar 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, se Tabell 15.

De indata som använts i Spridning luft för att simulera konsekvensområden för utsläpp av giftig gas presenteras nedan. Vindstyrkan kommer att varieras från 3-8 m/s och simuleringar kommer att göras med olika stora utsläppsmängder, men i övrigt hålls faktorerna konstanta:

- Kemikalie: Klor
- Emballage: Järnvägsvagn (65 000 kg)
- Bebyggelse: Bebyggt
- Lagringstemperatur: 15°C
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Molnighet: vår, dag och klart

Tabell 15. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma vid farligt godsolycka med giftig gas i lasten.

Scenario	Källstyrka	Vindstyrka	Konsekvensavstånd
Punktering	0,45 kg/s	3 m/s	38 m
		8 m/s	34 m
Stort hål	112 kg/s	3 m/s	755 m
		8 m/s	880 m

B.1.3 RID-S-Klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt som följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m², vilket är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad (Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994).

Vid beräkning av konsekvensen av en farligt gods-olycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensin. Uppskattningsvis rymmer en järnvägstank cirka 45 ton bensin. Vanligtvis är tankar dock uppdelade i mindre fack, och därför är sannolikheten för att all bensin läcker ut mycket liten. Beroende på utsläppsstorleken antas olika stora pölar med brandfarlig vätska bildas, vilket leder till olika mängder värmestrålning. Ett stort läckage antas bilda en 400 m² pöl medan en punktering grovt antas bilda en 100 m² pöl.

Strålningsberäkningarna har genomförts med hjälp av handberäkningar. Använda formler och samband är etablerade och har använts under många år vid bedömning av olika typer av brandförlopp (Brandteknik, Lunds tekniska högskola, 2012).

I Tabell 16 redovisas skadeområden inom vilka personer kan omkomma vid olika stora pölbränder. Eftersom strålningsberäkningarna utgår från pölens kant är det viktigt att även räkna med pölradien för att få det aktuella avståndet med utgångspunkt från olycksplatsen, eftersom den brandfarliga vätskan kan spridas över ett relativt stort område beroende på topografi med eventuella diken osv. I detta fall antas konservativt att pölen breddas ut cirkulärt med centrum vid olycksplatsen på spåret.

Tabell 16. Skadedrabbat område, inom vilket personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godsolycka med brandfarlig vätska i lasten.

Scenario	Pölradie	Avstånd från pölkant till kritisk strålningsnivå	Konsekvensområde
Liten pölbrand bensin (100 m ²)	5,6 m	17 m	22 m
Stor pölbrand bensin (400 m ²)	11 m	29 m	40 m

B.1.4 RID-S-Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Vid olycka med oxiderande ämne antas personer i omgivningen kunna omkomma om det oxiderande ämnet kommer i kontakt med organiskt material och ger upphov till förbränning. Förbränning antas leda till explosionsartade förlopp alternativt till kraftiga bränder i vegetation eller liknande i banvallens närhet.

Vid transport kan en vagn med 25 ton gods av RID-S-klass 5 vid urspårning kollidera med en vagn innehållande någon form av brännbart ämne som t.ex. bensin. Den blandning som då bildas kan motsvara 25 ton massexplosiv vara och leda till samma typ av konsekvenser som vid olycka med massexplosiva varor (Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, 1997), se vidare avsnitt A.5.1.

Om det utläckande godset inte exploderar utan istället fungerar brandunderstödjande och bidrar till vegetationsbrand eller liknande antas att konsekvensområdet blir liknande det för stor pölbrand enligt avsnitt A.5.3.

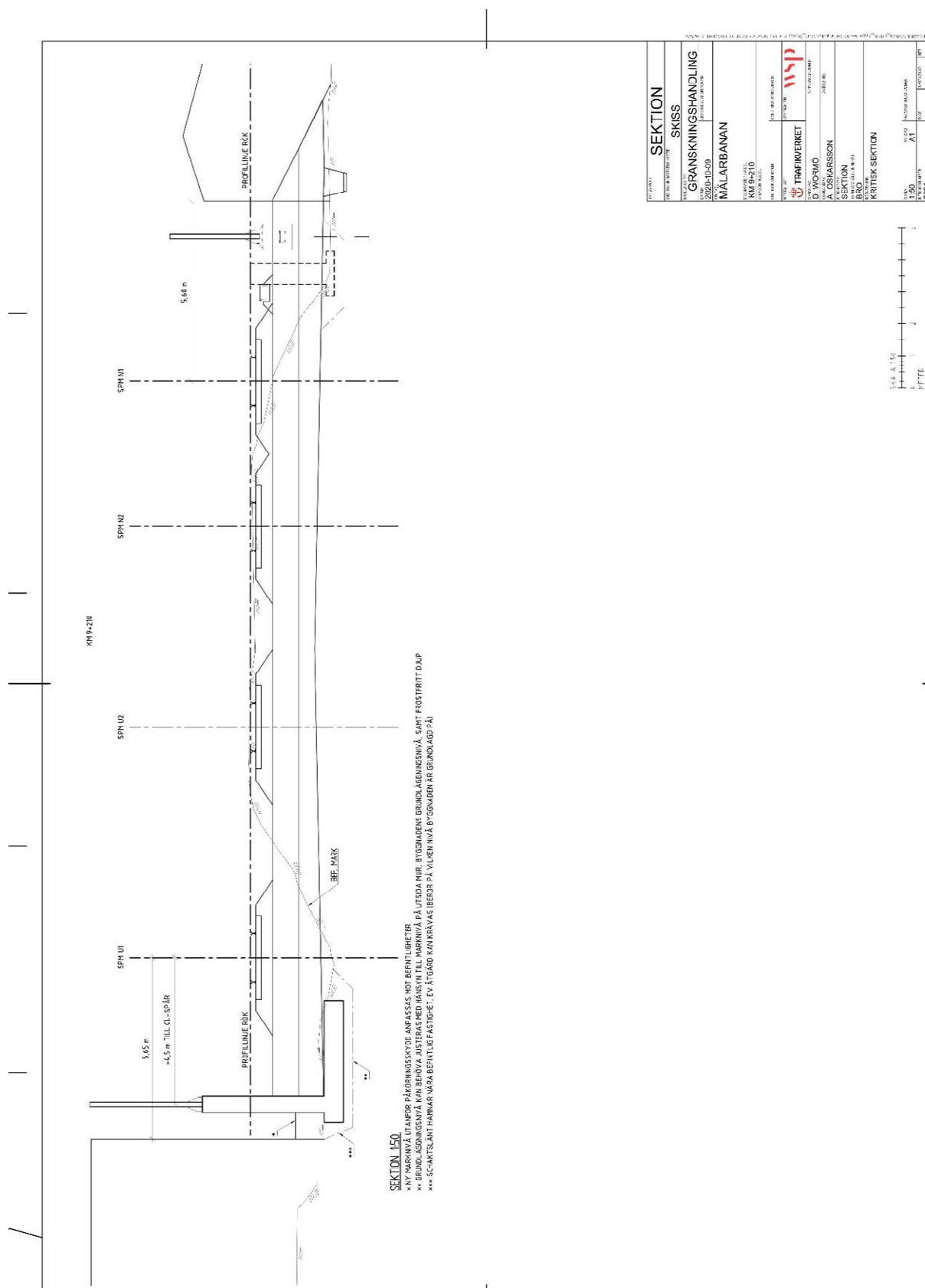
Tabell 17. Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Scenario	Avstånd till dödliga förhållanden
Explosion 25 ton	250 m
Gräsbrand etc.	40 m

B.2 Uppskattning av antal omkomna i respektive scenario

För att uppskatta antalet omkomna i respektive olycksscenario, multipliceras aktuellt konsekvensområde med den persontäthet som antagits i området. Samtliga personer inom den area som utsätts för dödliga konsekvenser antas omkomma i grundberäkningen.

Bilaga C. Förslag till konstruktion av skyddsmur





Trafikverket, Projekt Mälarbanan, 172 90 Sundbyberg
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

www.trafikverket.se