



Utredning av påkörningsrisk



Rustiken 3, Örby 4:1, Stockholm

2024-03-08



Projektinformation

Fastighet: Kv Rustiken 3, Örby 4:1
Kommun: Stockholm
Ärende: Utredning av påkörningsrisk
"Rustiken 3 – påkörning"
Uppdragsgivare: Lundberg Aguilera Arkitekter AB

Kontaktperson: Gustav Lindh
gustav@laarkitekter.se
070-426 34 21

Uppdragsansvarig: Erik Öberg (tidigare Jens Bengtsson)
erik.oberg@briab.se
070 431 11 00

Beräkningar/teknisk expert: Jens Bengtsson
jens.bengtsson@briab.se
0721-89 99 88

Kvalitetskontrollant Fredrik Nystedt
fredrik.nystedt@briab.se

Datum	Typ av handling	Upprättad av	Kontrollerad av
2022-05-10	Utredning av påkörningsrisk, UTKAST	Jens Bengtsson	Håkan Niva
2022-07-01	Utredning av påkörningsrisk, ver 1	Jens Bengtsson	Håkan Niva
2022-09-30	Utredning av påkörningsrisk, ver 2	Jens Bengtsson	Håkan Niva
2023-01-18	Utredning av påkörningsrisk, ver 3	Jens Bengtsson	Håkan Niva
2024-02-01	Utredning av påkörningsrisk, ver 4	Erik Öberg och Jens Bengtsson	Fredrik Nystedt
2024-03-08	Utredning påkörningsrisk, ver 5	Erik Öberg	Endast handläggarkontroll



Sammanfattning

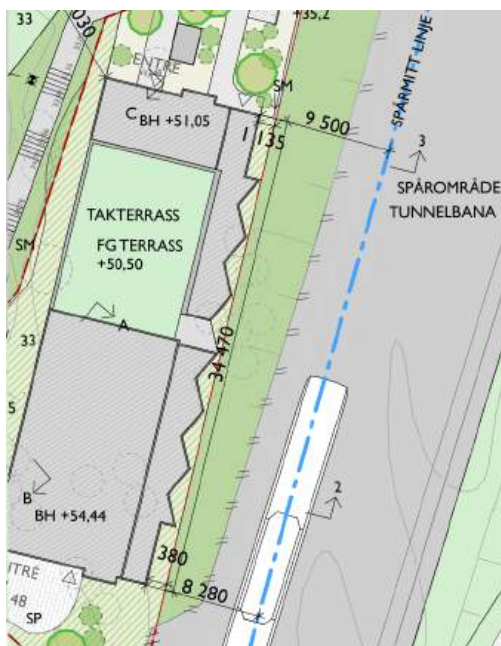
Briab har, utifrån krav i plan- och bygglagen (2010:900) att ny bebyggelse ska vara lämpad för ändamålet med hänsyn till människors liv och hälsa och risken för olyckor, utrett påkörningsrisken för en ny byggnad (flerbostadshus) som planeras inom fastigheten Kv Rustiken 3, Stockholm.

Utredningen visar att påkörningsrisk föreligger om byggnader placeras för nära tunnelbanan. En acceptabelt låg risknivå enligt gällande acceptanskriterier kan dock uppnås med nuvarande utformning av planförslaget. Detta förutsätter att:

- Byggnaden närmast tunnelbanan placeras minst 8 meter från det spår (spårmitt) som ligger närmast fastigheten och det anordnas så att negativ höjdskillnad mellan spårrområde och byggnaden är liten (< 0,5 meter), det vill säga att den fasad som vetter mot spåret hamnar på liknande eller högre plushöjd som spårområdet.
- Där höjdskillnad mellan mark invid byggnaden och tågspår är ca 1 meter (tågspåret ligger högre än byggnaden), ska avståndet mellan byggnadens fasad och spårmitt istället vara minst 9 meter. Där höjdskillnaden är ca 2 meter ska skyddsavstånd mellan spårmitt och byggnad vara minst 9,5 meter.
- Utstickande delar i loftgång placeras på en höjd över mark som ligger högre än tunnelbanetåg så att det inte träffas vid en eventuell urspårning.
- Mark mellan spårrområde och byggnad bör ej användas för stadigvarande vistelse.

Under förutsättning att höjdskillnaderna och marklutningen principiellt följer aktuellt underlag, bedömer Briab att risken för urspårning och kollision är låg. Diskussion kring risk vid urspårning för personal och resenärer på tunnelbanetåget förs under avsnitt 4.

Förslaget illustreras översiktligt i Figur 1 nedan.



Figur 1. Rekommenderade minsta skyddsavstånd från spårmitt till ny byggnad är 8 meter i södra delen (ingen höjdskillnad) och 9,5 meter i norra delen av bebyggelsen (höjdskillnad knappt 2 meter). Enligt aktuellt förslag kragar delar av loftgången ut något från byggnaden (se de "taggiga" delarna i figuren ovan), men dessa delar ligger högre än höjden på en tunnelbanevagn. Källa: [1].



Innehåll

Sammanfattning	2
1 Inledning	4
1.1 Bakgrund och förutsättningar	4
1.2 Syfte och mål	5
1.3 Omfattning och avgränsningar	5
1.4 Underlag	5
1.5 Kvalitetssystem	5
1.6 Revideringar	5
2 Riskhänsyn vid fysisk planering	6
2.1 Riskbegrepp	6
2.2 Styrande dokument	6
2.3 Riskhanteringsprocessen	6
2.4 Projekt som påverkar befintlig kollektivtrafik	8
3 Fördjupad bedömning av påkörningsrisk	9
3.1 Allmänt: Örby 4:1 och Bandhagen tunnelbanestation	9
3.2 Planerad bebyggelse inom Rustiken 3	10
3.3 Beräkning och värdering av påkörningsrisk	11
3.4 Osäkerheter och känslighetsanalys	16
4 Övrig diskussion	18
5 Slutsats och rekommendationer	19
6 Referenser	20



1 Inledning

1.1 Bakgrund och förutsättningar

Kv Rustiken 3 inom fastigheten Örby 4:1 ligger i Bandhagen i Stockholm, strax söder om Bandhagen tunnelbanestation, se Figur 2 och Figur 3. Inom fastigheten planeras för ett nytt flerbostadshus i upp till 5 våningar. Briab har i en tidigare utredning inför en framtida ny detaljplan utfört en riskinventering och översiktlig bedömning av riskkällor inom fastighetens omgivning, se *Örby 4:1, Bandhagen – Riskinventering* [2]. I utredningen framkom att närhet till tunnelbanan kan innebära risk för påkörning av byggnad med tunnelbanetåg i händelse av urspårning. I aktuell rapport utreds denna påkörningsrisk närmare.



Figur 2. Det nya flerbostadshuset planeras inom det rödmarkerade området.



Figur 3. Bild över fastigheten och planerad bebyggelse. Källa: [1].



1.2 Syfte och mål

Syftet med denna riskutredning är att undersöka om ny bebyggelse inom fastigheten Örby 4:1 i Stockholm är lämpad för ändamålet med hänsyn till påkörningsrisken i händelse av urspårning på tunnelbanan.

Målet med utredningen är att utgöra ett underlag för fortsatt planering av ny bebyggelse inom fastigheten.

1.3 Omfattning och avgränsningar

Utredningen avgränsas till den påverkan på människors liv och hälsa som kan uppstå till följd av påkörning med urspårat tåg. Den geografiska avgränsningen utgörs av den del av fastigheten som markerats i Figur 2.

1.4 Underlag

I Tabell 1 framgår vilket planeringsunderlag som nyttjas i utredningen.

Tabell 1. Planeringsunderlag.

Handling	Datering	Upprättad av
Del av Örby 4:1 vid Rustiken 2 i stadsdelen Bandhagen. Dnr 2021-05743	2021-12-02	Stockholm Stad
Underlag arkitekt Kv. Rustiken - Bandhagen	2024-01-23	Lundberg Aguilera Arkitekter

1.5 Kvalitetssystem

Utredningen omfattas av kontroll enligt Briabs kvalitetssystem som är upprättat och certifierat i enlighet med ISO 9001. Granskare i projektet har varit Håkan Niva, civilingenjör i riskhantering, samt Fredrik Nystedt, brandingenjör och teknisk licentiat.

1.6 Revideringar

Detta är version 5 av utredningen.

Från version 4 har formaliajusteringar gjorts i rapporten, och information kring urspårningsskydd har tagits med under avsnitt 4 och 5.

Från version 3 har revideringar gjorts utifrån ändrade förutsättningar, särskilt utifrån att det planeras vara en viss höjdskillnad mellan spår och byggnad (norra delen av fastigheten) vilket krävt uppdaterade beräkningar. Uppdaterade beräkningar avseende individrisk redovisas i Figur 7. Vidare besvaras frågor som uppkommit i samrådet och har bäring på urspårningsrisker. Dessa diskuteras separat under avsnitt 4 ("Övrig diskussion").

Från version 2 har revideringar gjorts utifrån en ny layout av byggnaden och där bilder har uppdaterats med nya versioner.

Från version 1 – Utkast till Version 2 gjordes revideringar med förtydliganden avseende minsta fria höjd från mark till loftgångarnas bärverk.



2 Riskhänsyn vid fysisk planering

I detta avsnitt redogörs för styrande dokument och begrepp kopplade till riskhänsyn vid fysisk planering.

2.1 Riskbegrepp

Begreppet risk kan tolkas på olika sätt. I denna utredning avses en önskad händelses sannolikhet multiplicerat med omfattningen av dess konsekvens, vilka kan vara kvalitativt eller kvantitativt bestämda. Ofta kvantifieras risk med två olika riskmått, individ- respektive samhällsrisk.

Med **individerisk**, eller platsspecifik risk, avses risken för en enskild individ att omkomma av en specifik händelse under ett år på en specifik plats. Individerisken är oberoende av hur många människor som vistas inom ett specifikt område och används för att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabelt höga risknivåer [3].

Samhällsrisk, eller kollektivrisken, visar den ackumulerade sannolikheten för det minsta antal människor som omkommer till följd av konsekvenser av oönskade händelser. Till skillnad från individrisk tar samhällsrisk hänsyn till den befolkningssituation som råder inom undersökt område [3].

2.2 Styrande dokument

2.2.1 Plan- och bygglagen

Vid planläggning ska, enligt plan- och bygglagen (2010:900), bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till människors hälsa och säkerhet och risken för olyckor.

2.2.2 Rekommendationer och riktlinjer

För att tydliggöra vilken mark som, med hänsyn till människors hälsa och säkerhet och risken för olyckor, är lämpad för ändamålet har flera länsstyrelser i Sverige presenterat vägledningar och riktlinjer för riskhänsyn vid fysisk planering.

Länsstyrelsen i Stockholms län har gett ut rekommendationerna *Riktlinjer för riskanalys som beslutsunderlag* [4] och *Riskanalyser i detaljplaneprocessen* [5]. Dessa är generella rekommendationer på innehåll i riskanalyser i planprocessen.

2.3 Riskhanteringsprocessen

Riskhantering utgör ett systematiskt och kontinuerligt arbete för att kontrollera eller minska olycksrisker. Hanteringen kan delas in i tre delar: riskanalys, riskvärdering och riskreduktion. Schematiskt kan processen beskrivas enligt Figur 4.



Figur 4. Riskhanteringsprocessen.

2.3.1 Riskanalys

Riskanalys utgör den första delen i riskhanteringsprocessen. En grundläggande förutsättning för ett välgrundat resultat av en riskanalys är att dess syfte och omfattning är tydligt beskrivna. Efter detta kan en identifiering och beräkning av risker (kvalitativt eller kvantitativt) göras.

2.3.2 Riskvärdering

Värdering av risker görs genom att uppskattade risknivåer jämförs mot tydligt motiverade värderingskriterier för att åskådliggöra om risknivån ligger på en tolerabel nivå eller ej. Visar riskvärderingen på en icke tolerabel risknivå ska åtgärdsförslag tas fram och verifieras vilket innebär att risken, inklusive föreslagna åtgärder, på nytt analyseras och värderas för att påvisa att åtgärderna har en riskreducerande effekt [6]. Vid fysisk planering kan riskreducerande åtgärder exempelvis vara att rekommendera mindre känslig verksamhet, verksamhet där människor inte uppehåller sig längre stunder, skyddsavstånd eller särskilda funktionskrav.

2.3.2.1 Värderings- och acceptanskriterier

För risker förknippade med människors hälsa och säkerhet bedöms risknivåerna övergripande utifrån de fyra principer som utarbetats av Räddningsverket, nuvarande MSB [3]:

- **Rimlighetsprincipen** - Risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras ska alltid åtgärdas (oavsett risknivå).
- **Proportionalitetsprincipen** - En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta i form av exempelvis produkter och tjänster som verksamheten medför.
- **Fördelningsprincipen** - Riskerna bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.
- **Principen om undvikande av katastrofer** - Om risker realiserats bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

För individrisk och samhällsrisk bedöms risknivåerna utifrån de av DNV (Det Norske Veritas) framtagna kvantitativa acceptanskriterier [3]. Länsstyrelsen i Stockholms län har bedömt att dessa kriterier har



fördelarna att de är framtagna med avseende på svenska förhållanden och att de har ett tydligt markerat ALARP¹-område [5]. Följande kriterier för individrisk har föreslagits av DNV:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras är 10^{-5} per år.
- Övre gräns för område där risker kan anses små är 10^{-7} per år.

Följande kriterier för samhällsrisk har föreslagits av DNV:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras är 10^{-4} per år för $N=1$ och 10^{-6} per år för $N=100$, där N är antalet omkomna.
- Övre gräns för område där risker kan anses små är 10^{-6} per år för $N=1$ och 10^{-8} per år för $N=100$, där N är antalet omkomna.

Mellan den övre och undre individ- respektive samhällsriskgränsen finns det område som benämns ALARP.

Proportionalitets- och fördelningsprincipen och principen om undvikande av katastrofer uppfylls vid värdering med de probabilistiska värderingskriterierna för individ- och samhällsrisk. Rimlighetsprincipen kan uppfyllas genom exempelvis så kallad kostnad-nytta-analys [3].

2.3.3 Riskreduktion

Riskanalys och riskvärdering utgör tillsammans det som kallas för "riskbedömning" som i sin tur ligger till grund för riskhanteringsprocessens sista del: riskreduktion. Denna omfattar ställningstaganden och beslutsfattanden, genomförande av eventuella riskreducerande åtgärder samt kontroll och återkoppling gentemot riskanalysens syfte och mål [6].

2.4 Projekt som påverkar befintlig kollektivtrafik

Inget projekt får äventyra SL:s anläggnings bärighet, fortbestånd eller livslängd. Alla projekt ska påvisa att detta grundläggande krav uppfylls samt att ingen påförd last sker. All förändring av SL:s anläggning ska uppfylla gällande krav och riktlinjer för kollektivtrafikanläggningar vilket ska bekostas av projektet. De ska även utföras i enlighet med Trafikförvaltningens anvisningar.

¹ As Low As Reasonably Practicable (= risker kan tolereras om alla rimliga riskreducerande åtgärder är vidtagna.)



3 Fördjupad bedömning av påkörningsrisk

I detta avsnitt utförs en fördjupad bedömning av påkörningsrisken för planerade byggnader inom aktuell fastighet.

3.1 Allmänt: Örby 4:1 och Bandhagen tunnelbanestation

Intill aktuell fastighet passerar tunnelbanans gröna linje med två spår, ett i vardera riktningen. I tunnelbanan råder vänstertrafik. Förbi stationen passerar det omkring 900 tåg per vecka i norrgående riktning (spåret närmast fastigheten) [7] vilket motsvarar i genomsnitt 130 passager per dygn.

Maximal hastighet på gröna linjen är i dagsläget 70 km/h och i anslutning till plattformarna 50 km/h [8]. Nya vagnar kan i framtiden eventuellt komma att ha en maximal hastighet om 80 km/h på raksträckor och 60 km/h förbi perronger. På gröna linjen finns ett modernt signalsäkerhetssystem som övervakar tågens hastighet och att stoppsignaler inte passeras [9]. Gröna linjen trafikeras i dagsläget av tunnelbanevagnsmodellen C20, vilka har en höjd om 2,8 meter och en korgbredd om 2,9 meter. Då utformningen av spårområdet i tunnlarna medför att utrymmet kring tunnelbanevagnarna är begränsat även förväntas framtida vagnar ha liknande dimensioner.

Urspårningsräl (skyddsräl) finns, med anledning av bron över Trollesundsvägen norr om fastigheten, se Figur 5.



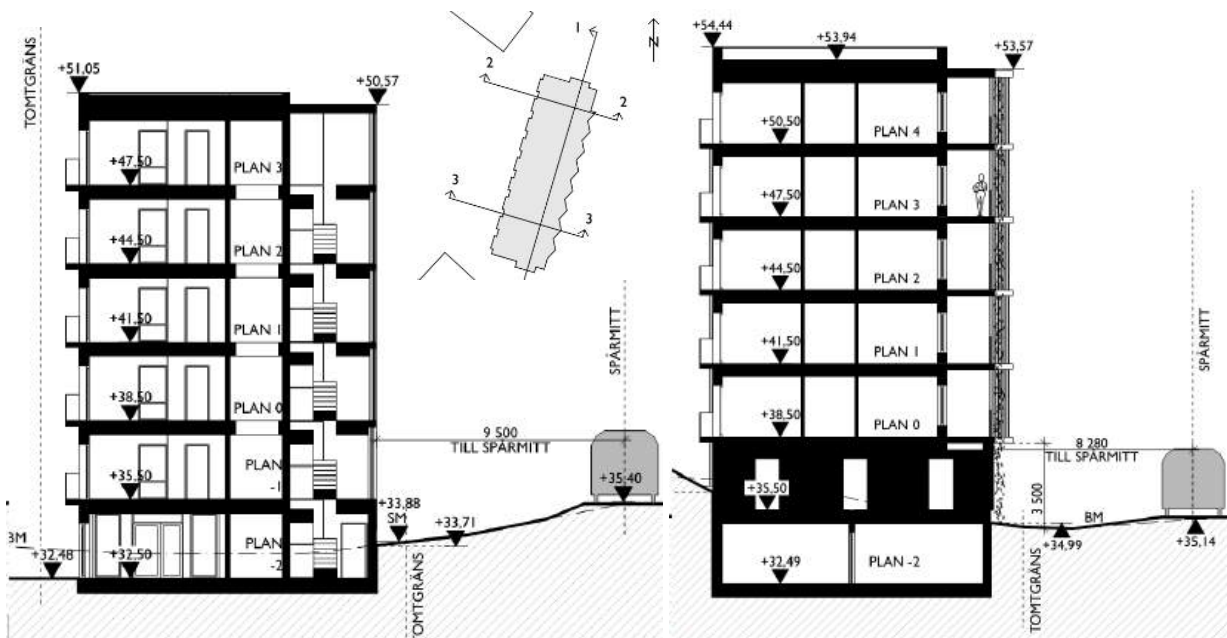
Figur 5. Foto taget i sydlig riktning där urspårningsrälsens placering framgår. Källa: Briab.



3.2 Planerad bebyggelse inom Rustiken 3

Den planerade byggnaden är ett flerbostadshus med studentbostäder. De två nedersta våningarna utförs i souterräng och utrymmet närmast innanför ytterväggen kommer att utföras som en korridor för access till lägenheterna. Våningarna ovanför kommer att utföras med en loftgång i riktning mot spåret med utstickande partier på loftgången mot tunnelbanan. Detta medför att gångytorna i korridoren och själva loftgången kommer vara placerade på drygt 8 meter från närmaste spårmitt medan väggarna till bostäderna kommer att placeras på ett avstånd som är ytterligare 2 meter från spårmitt. I samband med den förändrade layouten har byggnadens storlek ändrats och byggnaden är i nuvarande förslag ca 35 meter lång. I det förslag som gavs i samråd, vilket den tidigare riskutredningen analyserade, var själva bostadsdelen av byggnaden 43 meter lång, och med trapphusen var byggnadens totala längd 53 meter.

Mellan spårområde och mark invid aktuell byggnad finns i princip ingen höjdskillnad vid byggnadens södra del. Däremot skapas en viss höjdskillnad (knappt 2 meter enligt ritningsunderlag) vid byggnadens norra del. För att se höjdskillnaden mellan spårområde och byggnad, se nedan Figur 6.



Figur 6. Till vänster: sektionsritning (2-2) byggnad-spårområde, norra delen av fastigheten. Till höger: sektionsritning (3-3) mellan byggnad och spårområde, södra delen av fastigheten.



3.3 Beräkning och värdering av påkörningsrisk

Om det anordnas så att det inte föreligger någon större höjdskillnad mellan spårrområde och nya byggnader kan en metod beskriven i vägledningen "*Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone*" nyttjas för att beräkna påkörningsrisken. Vägledningen används i den europeiska konstruktionsstandarden för att beräkna olyckslaster för bärverk intill järnvägar [10]. För att anordna dessa höjdförhållanden kan byggnaderna exempelvis placeras i souterräng, det vill säga att de fasader som vetter mot spåret hamnar på liknande plushöjd som spårområdet.

Det antas att det urspårande tåget färdas i reducerad hastighet (60 km/h) till följd av att högsta tillåtna hastigheten förbi perronger är 50 km/h. Sannolikheten per år för att ett tåg spårar ur på väg mot byggnaden kan beskrivas och beräknas med [10]:

$$P_1 = e_r \times d \times Z_d \times 365 \times 10^{-3} = 0,25 \times 10^{-8} \times 31,25 \times 130 \times 365 \times 10^{-3} = 3,71 \times 10^{-6}$$

där

e_r = urspårningsfrekvens per tågkilometer vilken ansätts till $0,25 \times 10^{-8}$ utifrån rådande spårförhållanden [10]

d = längsta urspårningssträcka för ett urspårat tåg, i meter. Kan beräknas med $V^2/80$ där V är hastigheten i km/h. Således blir $d = 60^2/80 = 45$ m

Z_d = antal tåg per dygn = 130 per dygn i genomsnitt enligt gällande tidtabell [11]

Till följd av avståndet mellan spåren, vilket är i storleksordningen 10 meter, förväntas inte tåg som spårar ur på det spår som ligger längst bort utgöra en påkörningsrisk för de planerade byggnaderna. Sannolikheten för att ett tåg som har spårat ur på spåret närmast fastigheten ska kollidera med en byggnad på fastigheten kan beräknas med [10]:

$$P_2 = [(b-a)/b]^2 \times 0,5 \times c/d = [(V^{0,55}-a)/V^{0,55}]^2 \times 0,5 \times 53/45$$

där

b = maximal lateral urspårningssträcka mätt från spårmitt, vilken kan beräknas med $V^{0,55}$ där V är hastighet vid urspårning ($V^{0,55} = 60^{0,55} = 8,6$ meter).

a = avstånd från spårmitt till närmaste byggnadsdel, beräknas för $a = 0, 1, \dots, 14, 15$ meter

d = se ovan

c = avståndet parallellt med spåret som löper risk att bli påkört av urspårat tåg på avståndet a . Beräknas för exempelvis a_{byggnad} om avståndet är känt, eller för olika värden på a ($a=0, 1, \dots, 14, 15$ meter) i andra fall. c beräknas med formeln:

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

I tidigare beräkningar har c ansatts till hela fastighetens längd längs med spåret (53 meter) vilket är ett konservativt antagande (konservativt för $a > 5$ i detta fall). Det ska noteras att byggnadens längd längs med spåret har minskat till följd av ändrad layout – i nuvarande förslag är byggnadens längd ca 35 meter. I denna uppdatering används ovan definition av c , och i stället läggs en säkerhetsmarginal på i slutet.



Sannolikheten per år (P) för påkörning av byggnad som placeras intill tunnelbanan kan slutligen beräknas med:

$$P = P_1 \times P_2$$

3.3.1 Beräkning med hänsyn till höjdskillnad mellan spår och byggnad

I och med att vissa delar av planområdet ligger nedanför tågspåren, med en höjdskillnad större än 0,5 meter, finns en risk att ett urspåret tåg når längre bort från spåret än beräkningsmetoden ovan skulle visa på eftersom beräkningsmodellen ej tar hänsyn till höjdskillnader.

För att kompensera för denna höjdskillnad, görs en uppräknings av tågets hastighet (tillskottshastighet, $V_{\text{tillskott}}$). För att uppskatta tillskottshastigheten konservativt, beräknas den potentiella energin som höjdskillnaden innebär och omvandlas till en kinetisk energi. Denna tillskottshastighet adderas sedan till värdet V (tågets hastighet i km/h) enligt beräkningsmodellen ovan. Denna metod ger en teoretisk maximal tillskottshastighet som höjdskillnaden innebär, då all potentiell energi görs om till en hastighet i form av kinetisk energi.

Detta kan beräknas utifrån:

$$E_{\text{potentiell}} = E_{\text{kinetisk}}$$

$$mGh = (1/2)mV^2$$

$$V_{\text{tillskott}} = (2Gh)^{0,5}$$

Där $V_{\text{tillskott}}$ är tunnelbanevagnens tillskottshastighet (m/s), G är gravitationskonstanten (9,82 m/s²) och h är höjdskillnaden i meter.

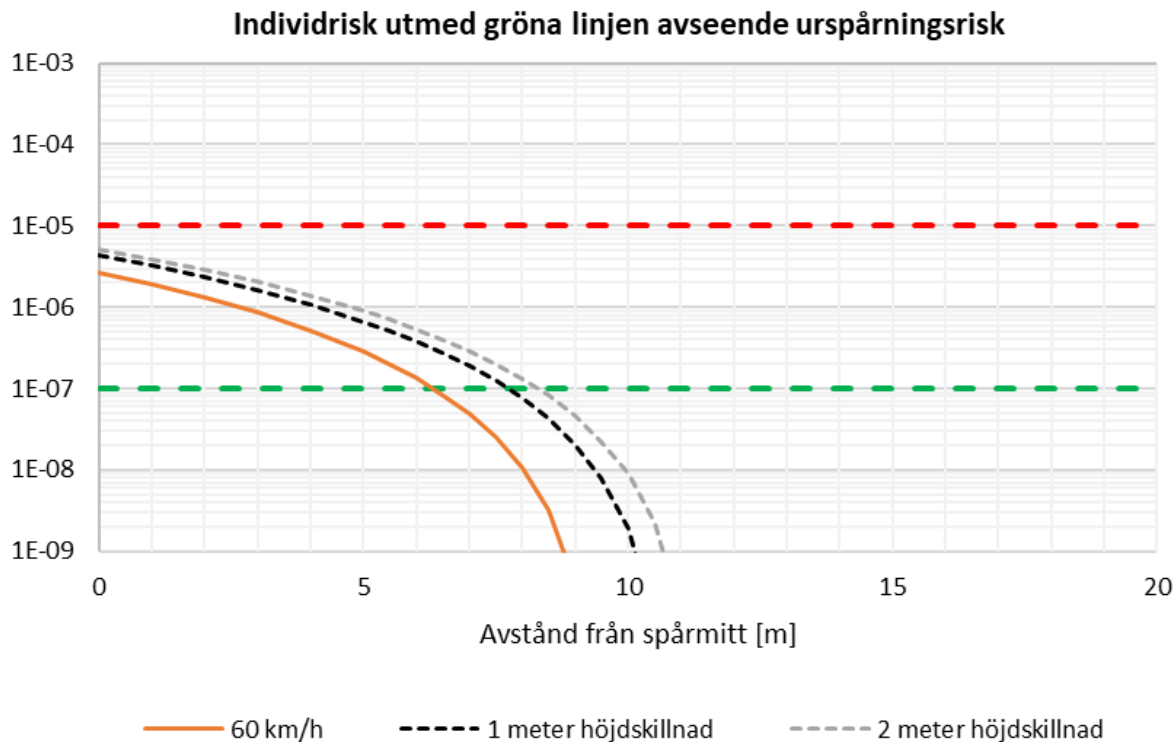
En höjdskillnad om cirka 1 meter ger en teoretisk största tillskottshastighet på 4,5 m/s vilket motsvarar 16 km/h.

En höjdskillnad om cirka 2 meter ger en teoretisk största tillskottshastighet på 6,3 m/s vilket motsvarar 23 km/h.

P_1 och P_2 beräknas därefter på samma sätt som enligt avsnitt 3.3, med skillnad att tågets hastighet ansätts till $V + V_{\text{tillskott}}$ vilket innebär ca 76 km/h (60+16 km/h) för en höjdskillnad om 1 meter och ca 83 km/h (60+23 km/h) för en höjdskillnad om 2 meter.

3.3.2 Individrisk

Om det antas att en påkörning av byggnad alltid medför att någon omkommer i byggnaden kan individrisken intill spåret beskrivas med Figur 7.



Figur 7. Individrisk intill Rustiken 3. Individrisken redovisas för hastigheten 60 km/h utan höjdskillnad, samt med höjdskillnad om 1 meter respektive 2 meter.

3.3.3 Samhällsrisk

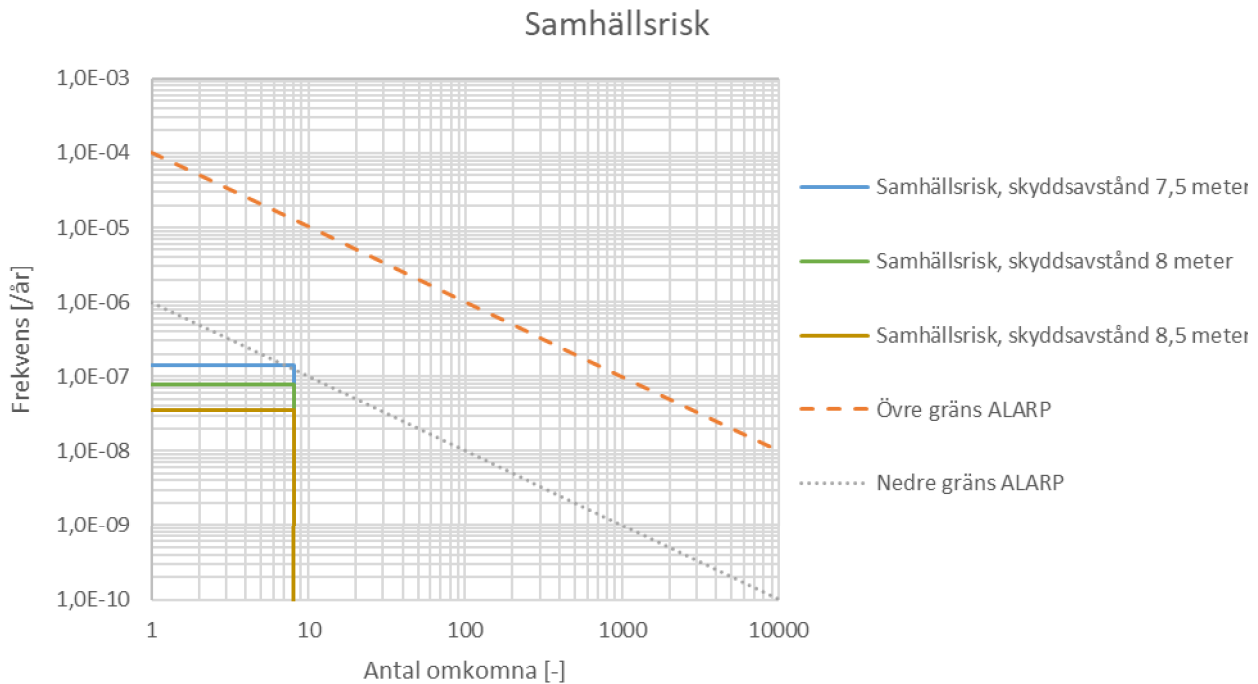
För beräkning av samhällsrisk behövs det uppskattas hur många som kan förväntas omkomma vid påkörning. År 2013 inträffade på Saltsjöbanan en påkörning av ett bostadshus då ett tåg forcerade en stoppbock i hög hastighet och frontalkolliderade med huset. I olyckan omkom ingen och inget fortskridande ras inträffade men enstaka rum i markplan förstördes [12]. Aktuell byggnad står inte bakom en stoppbock i tågets färdriktning, utan bredvid spåret vilket bedöms vara fördelaktigt sett till de påkörningskrafter som kan uppkomma. Att ett fortskridande ras eller total kollaps ska inträffa för aktuell byggnad bedöms vara ytterst osannolikt. Då byggnaden kommer att vara över fem våningar ställs även särskilda krav i gällande europeiska konstruktionsstandarder på bärverkets robusthet och seghet [13] vilket minskar risken för ett fortskridande ras.

Ett mycket konservativt antagande är att en påkörning medför att rum i markplan som ligger mot tunnelbanan förstörs. Om det antas att det i respektive lägenhet (6 lägenheter planeras i markplan enligt senaste ritningsunderlag) vistas en person (då det är studentbostäder) bedöms 6 personer kunna omkomma vid en påkörning. Enligt beräkningarna görs dock bedömningen att 8 personer som mest kan omkomma (baseras på tidigare planlösning då byggnadens fotavtryck då var större och totalt 8 lägenheter fanns i markplan). Detta antagande bedöms som konservativt i och med att sannolikheten för att alla lägenheter skulle drabbas vid en påkörning är mycket liten. Med kännedom om detta beräknas samhällsrisk för olika placeringar av byggnaden (avstånd från spår).

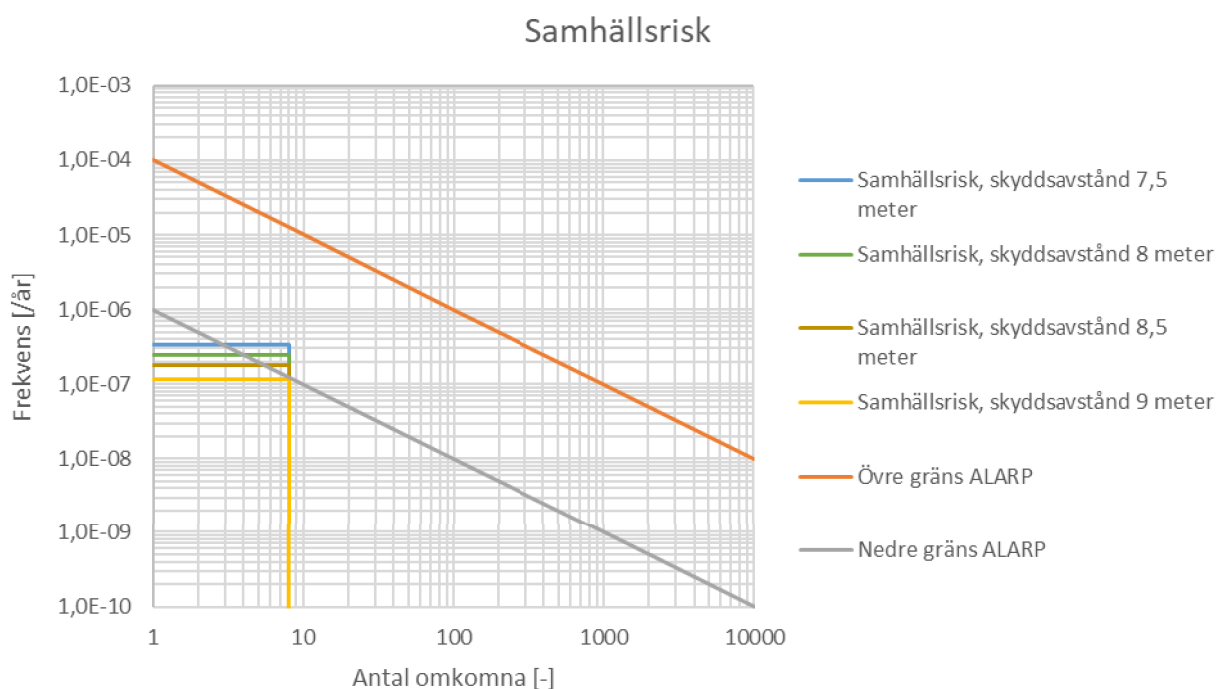
Samhällsrisk beräknas för en hastighet om 60 respektive 80 km/h. Notera att beräkningarna genomförda för samhällsrisk ej uppdaterats till version 4 och 5 av detta PM, dvs. de utgår från ett för högt c-värde vilket är konservativt.



Det ska vidare noteras att samhällsrisk inte är ett korrekt riskmått att använda när analysen enbart utgör en enskild byggnad. Samhällsriskmåttet har tagits fram med avsikt att en yta om ca 1x1 km² ska analyseras. Med det i åtanke ska nedan beräkningar endast ses som en fingervisning gjorda med mycket konservativa antagande, vars syfte snarare är att belysa den låga påverkan på samhällsrisken.



Figur 8. Samhällsrisk för Rustiken 3. Beräkningarna är utförda med en hastighet om 60 km/h.



Figur 9. Samhällsrisk intill Rustiken 3 vid en hastighet om 80 km/h.



3.3.4 Värdering av risk

Beräknad individrisk är acceptabelt låg (under ALARP) för byggnader placerade ca 6,5 meter från närmaste spårmitt om det anordnas så att höjdskillnad mellan spårområde och byggnad är liten ($< 0,5$ meter). Om höjdskillnaden är upp till ca 1 meter är individrisken acceptabelt låg vid ett avstånd om ca 8 meter från spårmitt, och om höjdskillnaden är ca 2 meter är individrisken acceptabelt låg vid ett avstånd om ca 8,5 meter från spårmitt.

Samhällsrisk bedöms också som låg, med hänsyn till det konservativa antagandet att varje scenario där ett urspårat tåg träffar byggnaden resulterar i 8 dödsfall samt att beräkningarna baseras på ett för högt c-värde.



3.4 Osäkerheter och känslighetsanalys

Det kan konstateras att alla former av uppskattningar och beräkningar vad gäller risk är behäftade med osäkerhet. Den beräkningsmodell som används är inte anpassad för att ta hänsyn till höjdskillnader [10], vilket skapar en större osäkerhet kring resultatet när det kommer till bedömning av höjdskillnadens inverkan.

Nedan beskrivs antaganden som gjorts för att beräkningarna och resultatet ändå ska kunna ses som robust:

- Tillskottshastigheten som har adderats på grund av höjdskillnad är konservativt beräknad då all potentiell energi har gjorts om till kinetisk energi, utan energiförluster/energitapp.
- Att addera hastigheter i olika riktningar ($V+V_{\text{tillskott}}$) resulterar i att systemets (tågets) totala energi överskattas, vilket i sin tur torde medföra en överskattning av tågets totala hastighet orsakad av höjdskillnaden.
- För att ta ytterligare hänsyn till de osäkerheter som finns i modellen, och särskilt den osäkerhet som höjdskillnaden medför, rekommenderar Briab att resultatet ska förses med en säkerhetsmarginal om minst 1 meter eller drygt 10 %. Detta tas hänsyn till i avsnitt 5.
- I beräkningarna för samhällsrisk har antalet personer som skulle kunna omkomma vid en påkörning antagits vara lika många personer som bor i samtliga lägenheter i markplan, vilket bedöms som ett mycket konservativt ansatt värde.

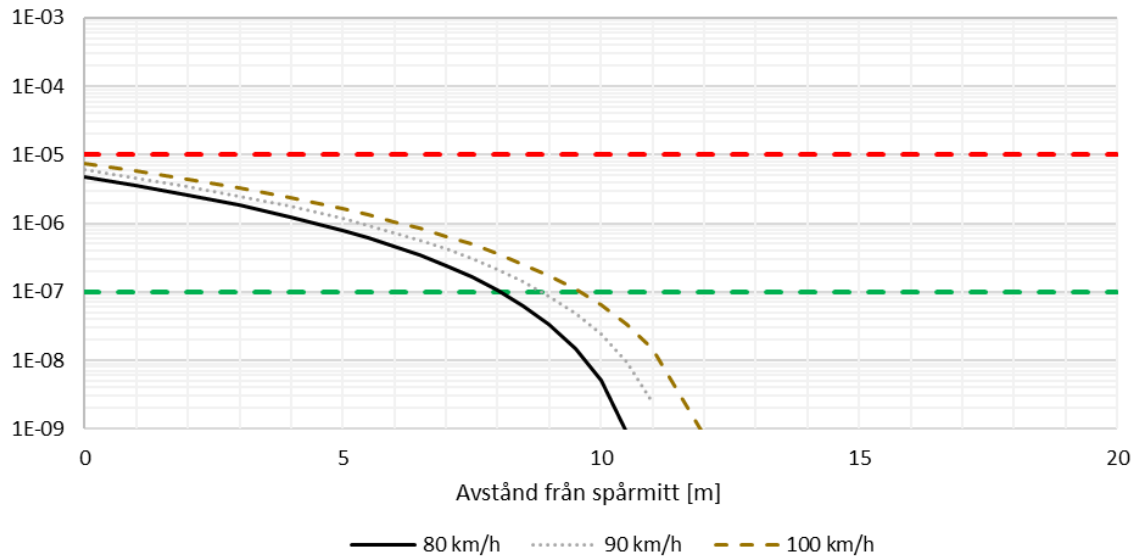
Nedan genomförs kompletterande beräkningar för de antagna hastigheterna, som är den faktor i detta fall som påverkar resultatet mest (även resultatet avseende höjdskillnaders inverkan är, i denna modell, direkt kopplade till hastigheter).

3.4.1 Hastighet förbi perronger

I beräkningarna har det antagits att det urspårande tåget färdas i reducerad hastighet (60 km/h) då den högsta tillåtna hastigheten förbi perronger är 50 km/h. Då tåget får färdas i 70 km/h och denna hastighet kan komma att höjas till 80 km/h i framtiden undersöks vilken effekt detta har på beräknad individ- och samhällsrisk. Nedan diagram redovisar resultat för individrisk för hastigheter 80, 90 och 100 km/h. Resultatet presenteras i Figur 10.



Individrisk utmed gröna linjen avseende urspårningsrisk - känslighetsanalys



Figur 10. Individrisk intill Rustiken 3, känslighetsanalys för 80, 90 respektive 100 km/h.

Känslighetsanalysen visar att höjningen av hastighet ger något högre individrisker, men att individrisken är acceptabelt låg vid ca 9,5 meter från spårmit även vid 100 km/h.



4 Övrig diskussion

I detta avsnitt förs diskussion kring frågor som inte direkt omfattas av denna rapports syfte, men som ändå är relevant kopplat till risken för urspårning.

Risk för resenärer och personal ombord på tåget

Sannolikheten för skada på personal och resenärer ombord tåg är densamma som den framräknade sannolikheten för urspårning med kollision givet att en urspårning med kollision alltid leder till en (eller fler) skador (P_1 multiplicerat med P_2 enligt avsnitt 3.3). Tillkommande bebyggelse bedöms endast marginellt påverka risken för förare och resenärer då den framräknade sannolikheten för urspårning och kollision (med byggnad) är låg. Individrisken ligger inom vad som brukar anges som "acceptabel risk" (se avsnitt 2.3.2.1 om acceptanskriterier). Det ska noteras att individrisken kommer vara ungefär den samma för samtliga platser med liknande förhållanden. Alltså är individrisken densamma, eller markant högre, om en bergsknalle ligger på eller närmare än 8 meters avstånd från ett spår utan kurvatur. Det finns flera exempel längs med tunnelbanan där bergsknallar, andra byggnader eller hårda föremål ligger inom ett sådant avstånd från spåret. Krockvåldet vid kollision med ex. en ojämn bergvägg/bergknalle riskerar att vara mycket större än kollision med en yttervägg på en byggnad. Då ett urspårat tåg huvudsakligen spårar ut i färdriktningen är vinkelräta och ojämna ytor mot färdriktningen värre än längsgående ytor då en eventuell kollision inte kommer bli lika kraftiga mot de längsgående ytorna.

Söder om aktuell byggnad finns det en bergknalle som dels ligger närmare spårmitten än huset, men som även kommer att fungera som barriär för att förhindra en "frontalkollision" mellan husgaveln och ett urspårat tunnelbanetåg.

För att minimera risken för passagerare och personal bör det säkerställas att ytan mellan tågspåret och den tillkommande bebyggelsen ej innehåller vassa och/eller hårda föremål. Detta är särskilt viktigt inom det skyddsavstånd som anges i denna rapport (se avsnitt 5) då sannolikheten för urspårning och kollision då är förhöjd.

En annan åtgärd för att minska risken för resenärer och personal ombord på tåget, vid en eventuell urspårning, är att förlänga urspårningsskyddet som finns vid stationen och bron norr om planområdet så att det även täcker in sträckan förbi byggnaden.



5 Slutsats och rekommendationer

Syftet med denna riskutredning har varit att, utifrån krav i plan- och bygglagen (2010:900), undersöka om ny bebyggelse inom fastigheten Rustiken 3 i Stockholm är lämpad för ändamålet med hänsyn till påkörningsrisken i händelse av urspårning på tunnelbanan.

Utredningen visar att påkörningsrisk föreligger om byggnader placeras för nära tunnelbanan. En acceptabelt låg risknivå enligt gällande acceptanskriterier kan dock uppnås med nuvarande utformning av planförslaget. Detta förutsätter att:

- Byggnaden närmast tunnelbanan placeras minst 8 meter från det spår (spårmitt) som ligger närmast fastigheten och det anordnas så att negativ höjdskillnad mellan spårområde och byggnaden är liten (< 0,5 meter), det vill säga att den fasad som vetter mot spåret hamnar på liknande eller högre plushöjd som spårområdet.
- Där höjdskillnad mellan mark invid byggnaden och tågspår är ca 1 meter (tågspåret ligger högre än byggnaden), ska avståndet mellan byggnadens fasad och spårmitt istället vara minst 9 meter. Där höjdskillnaden är ca 2 meter ska skyddsavstånd mellan spårmitt och byggnad vara minst 9,5 meter.
- I ovanstående skyddsavstånd har hänsyn tagits till känslighetsanalysen och en säkerhetsmarginal (1 meter, drygt 10 %) har ansatts (utifrån den framräknade individrisken i grundscenariot).
- Utstickande delar i loftgång placeras på en höjd över mark som ligger högre än höjden på en tunnelbanevagn så att det inte träffas vid en eventuell urspårning. I samband med en urspårning förväntas tunnelbanevagnarnas hjul sjunka ner i det översta jordlagret, vilket kommer att resultera att tågets effektiva höjd över marknivå kommer som högst vara 2,8 meter. Genom att placera bärverket till loftgångarna på en höjd som överstiger 2,8 meter bedöms detta vara tillräckligt för direkt påverkan vid urspårning av tunnelbanetåg.
- Mark mellan spårområde och byggnad bör ej användas för stadigvarande vistelse.

För att ta hänsyn till tågpersonalens och resenärernas säkerhet bör även marken mellan spår och bebyggelse säkerställas att där ej finns hårda och/eller vassa föremål som kan punktera tåget vid en eventuell urspårning.

Urspårningsskydd (skyddsräll) kan övervägas, i och med att tunnelbanan går på en vall vid norra delen av planområdet. Beräkningarna visar att urspårningsskydd dock inte är nödvändigt för en acceptabel risknivå avseende kollision mellan byggnad och tunnelbanetåg, men det skulle kunna vara en rimlig åtgärd för att minska risken för personal och passagerare i tåget vid en urspårning (ex. kan tunnelbanevagnen välta om den hamnar utanför spåret och i slänten). Till Briabs kännedom är det standard att urspårningsskydd finns vid broar och perronger. Övervägandet huruvida urspårningsskydd bör installeras, samt kostnaden förknippat med detta, bör göras av SL.

Dessa slutsatser är baserade på beräkningar som grundas i de förutsättningar som beskrivs i denna rapport. Om några förutsättningar förändras, kan beräkningarna behöva uppdateras.



6 Referenser

- [1] Lundberg Aguilera Arkitekter, Förhandskopia Rustiken LAARK 20240123, Stockholm, 2024.
- [2] Briab, "Örby 4:1, Bandhagen – Riskinventering," 2017.
- [3] Räddningsverket, "Värdering av risk," Statens Räddningsverk, Karlstad, 1997.
- [4] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riktlinjer för riskanalyser som beslutsunderlag," Länsstyrelsen i Stockholms län, Stockholm, 2003.
- [5] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riskanalyser i detaljplaneprocessen – vem, vad, när & hur?," Länsstyrelsen i Stockholms län, Stockholm, 2003b.
- [6] Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län, "Riskhantering i detaljplaneprocessen – Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods," 2006.
- [7] Moovit, "Linjerutt 19 - SL Tunnelbana - Tunnelbana Scheman | Moovit," [Online]. Available: https://moovitapp.com/stockholm-1083/lines/19/20804724/4369924/sv?sid=37912476&sidx=3&utm_medium=organic&utm_source=line_pdf&customerId=4908&ref=2&poiType=line. [Använd 22 Februari 2022].
- [8] Reskollen, "Tunnelbana karta | Tunnelbanan Stockholm," [Online]. Available: <https://tunnelbanakarta.se/>. [Använd 22 Februari 2022].
- [9] SL, *Jörgen Lindström på SL Kundtjänst, mejl 2015-04-14*.
- [10] UIC, "UIC Code 777-2, Structures built over railway lines, 2nd edition," International Union och Railways, 2002.
- [11] SL, "Tidtabell: Bandhagen mot Hässelby strand," [Online]. Available: http://sl.se//KTT/hpltid/ihtt/2016_2017/1033/out/915814.pdf.
- [12] Statens haverikommission, "Olycka på Saltsjöbanan, Stockholms län, den 15 januari 2013," 05 05 2014. [Online]. Available: http://www.havkom.se/virtupload/reports/RJ2014_03.pdf.
- [13] Swedish Standards Institute (SIS), "SS-EN 1991-1-7:2006 Eurokod 1 - Laster på bärverk - Del 1-7: Allmänna laster - Olyckslast," SIS, Stockholm, 2011.
- [14] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Rapport 2001:15," Banverket, Stockholm, 2001.