

BERGSUNDET DEVELOPMENT AB OCH BALDER
PROJEKTUTVECKLING AB

RISKBEDÖMNING NÄRHET TILL SPÅR ASSESSORN 2 DELOMRÅDE B OCH C

Dokumenttyp:

Slutrapport

Rapportrubrik:

Riskbedömning närhet till spår Assessorn 2 delområde B och C

Kund:

Bergsundet Development AB och Balder Projektutveckling AB

Sammanfattning:

Riskbedömningen avser delområden B (Bergsundet Development AB) och C (Balder Projektutveckling AB) i Assessorn 2 och syftar till att identifiera, analysera och utvärdera risker med avseende på närhet till tunnelbanespår samt att vid behov föreslå riskbegränsande åtgärder inför vidare samråd och hantering i detaljplaneprocessen.

Arbetet genomfördes enligt Länsstyrelsens riktlinjer och med vedertagen praxis för riskhantering. Som acceptanskriterier antogs de rekommenderade gränsvärdena (DNV). För skattning av sannolikheter vid urspårning av tunnelbanetåg användes en standardmodell för järnväg.

Analysen identifierade ett antal risker, varav merparten kan accepteras utan vidare åtgärd. Det rekommenderas dock att ventilationsintag gestaltas så att inga rökgaser från tunnelbanan kan tränga in i huset (gäller huskropp i delområde B). För tre riskkällor *måste dock rimliga åtgärder vidtas* för att risknivån ska kunna tolereras:

1. Risken för att byggställningar (eller delar) faller in i spårområdet måste hanteras separat inför byggskedet och vid eventuellt underhåll (främst huskropp i delområde B, men delvis även C).
2. Skyddsbarriärer runt spårområdet måste vidmakthållas och utökas/kompletteras om så krävs för att förhindra att obehöriga personer vistas i spårområdet (båda delområden B och C).
3. För risken att personer avlider till följd av att ett urspårat tunnelbanetåg träffar huskropp i delområde B förslås att antingen anlägga en skyddsmur eller att husväggen utformas stark nog att stå emot en urspårad vagn.

För huskropp i delområde C behövs således inga byggtekniska åtgärder i detta skede, utan kvarvarande risker med byggställningar och skyddsbarriärer runt spårområdet ska hanteras inför byggfasen.

Dokument nr.

ST-17219-1

Författare

A. Witte, S. Kilander

Hänvisning till delar/utdrag av det här dokumentet som kan leda till feltolkning är inte tillåten.

Rev.	Datum	Anledning till revision	Kontrollerad	Godkänd
6.0	2024-08-22	Komplettering figur 3.1 (cykelförråd) samt redaktionella ändringar efter granskning av stadsbyggnadskontoret.	J. Höglund Åberg	J. Höglund Åberg
5.0	2024-02-05	Justeringar efter kundernas granskning. Korrigeringar angående RK6.01 som delvis gäller även C.	J. Höglund Åberg	J. Höglund Åberg
4.0	2024-01-30	Justeringar efter kundernas granskning. Korrigeringar av ingående beskrivningar och beräkning (huskropp B)	J. Höglund Åberg	J. Höglund Åberg
3.0	2024-01-19	Uppdaterad rapport efter ändrat position huskroppar. Ändrade risktal för huskropp B endast, inga förändringar i risknivå eller rekommendationer, se kapitel 4.2.	J. Höglund Åberg	J. Höglund Åberg
2.0	2021-11-24	Justeringar efter kundernas granskning: Förtydligande av tillhörighet mellan delområden och bolag. Slutsatsen för delområde C har förtydligats.	M. Brogren	M. Brogren
1.0	2021-11-17	Utkast	M. Brogren	M. Brogren

Innehåll

1	INLEDNING.....	5
1.1	Bakgrund	5
1.2	Syfte.....	5
1.3	Omfattning	5
1.4	Avgränsningar.....	6
2	RIKTLINJER OCH METOD.....	7
2.1	Begrepp och nomenklatur.....	7
2.2	Styrande dokument.....	7
2.3	Riskhantering, metod och process	7
2.4	Acceptanskriterier	8
3	PLANOMRÅDE	10
4	ANALYS	12
4.1	Identifierade riskkällor	12
4.2	RK04: Tunnelbanevagn kolliderar med huskropp	13
4.3	Känslighetsanalys och diskussion	18
5	SLUTSATS OCH REKOMMENDATION.....	19
6	REFERENSER	20
	BILAGA 1: RISKKÄLLELISTA.....	21

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Safetec Sweden AB har fått i uppdrag av Bergsundet Development AB och Balder Projektutveckling AB (Gimle Bostad AB var tidigare projektägare) att genomföra en riskbedömning för deras markanvisade platser i detaljplanen Assessorn 2 m.fl., där ny bebyggelse ska prövas med avseende på närhet till tunnelbanespår, och där behov finns också presentera riskreducerande åtgärder.

I detta inledande avsnitt introduceras uppdraget i korthet, och dess syfte, omfattning och avgränsningar presenteras.

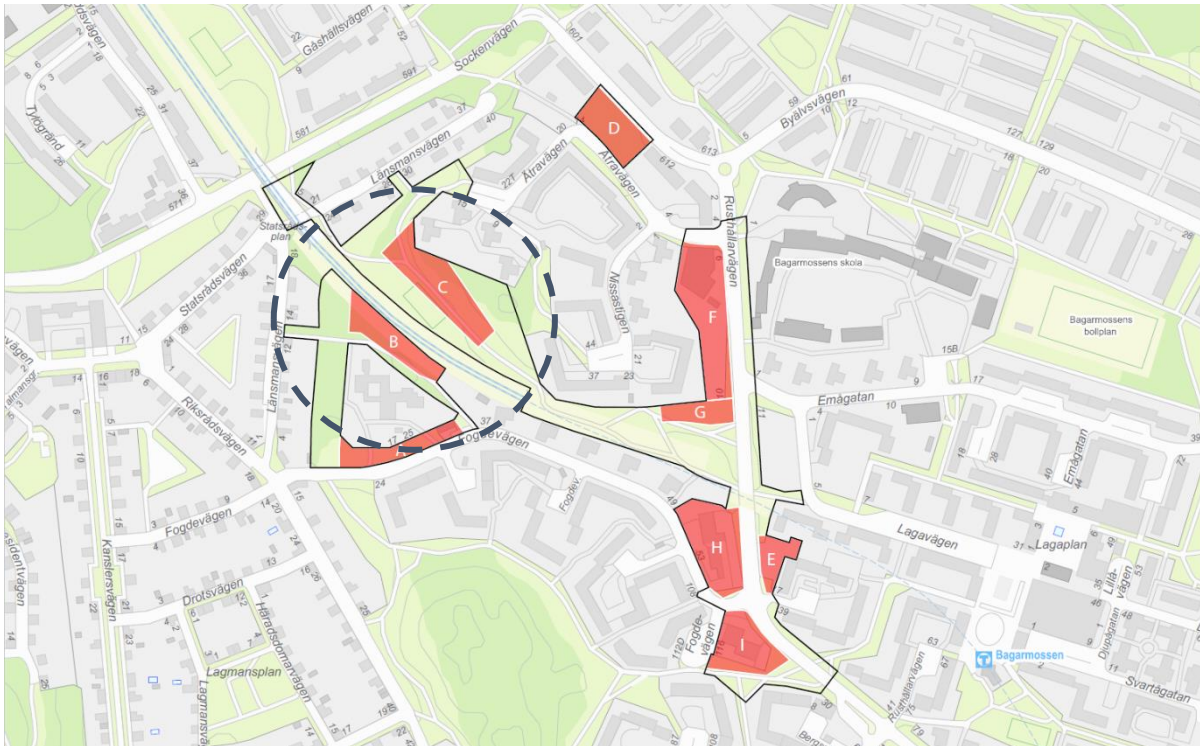
Planerna för fastigheterna justerades under år 2023, varför denna riskbedömning fick uppdateras med avseende på huskropparnas ändrade position och utformning.

1.2 Syfte

Riskbedömningen syftar till att identifiera de risker som tillkommer då nya bostäder byggs i nära anslutning till tunnelbanespåret i Bagarmossen, samt att analysera och utvärdera dessa risker i förhållande till fördefinierade acceptanskriterier och vid behov föreslå justeringar och/eller begränsande åtgärder för att nå en i helheten acceptabel risknivå. Detta görs inför samråd och vidare hantering i detaljplaneprocessen.

1.3 Omfattning

I riskbedömningen utvärderas enbart delområden B och C (med varsin huskropp) med avseende på risker i relation till närhet till tunnelbanespåret (Gröna linjen mellan Kärrtorps- och Bagarmossens tunnelbanestationer), med intilliggande tunnelmynning sydost om dessa huskroppar. Se Figur 1.1 nedan.



Figur 1.1 Preliminär plangräns och delområden för detaljplan Assessorn 2 med flera i Bagarmossen, mottagen 2024-01-24. Huskropparna B (Bergsundet Development AB) och C (Balder Projektutveckling AB) är markerade. Tunnelbanan går mitt emellan de två huskropparna.

1.4 Avgränsningar

Endast risker i relation till närhet till tunnelbanespår och för huskroppar B och C utvärderas. Det vill säga riskanalysen berör endast risker kopplade till verksamheter och transportsystem med konsekvenser ur ett personsäkerhetsperspektiv, i relation till spårets närhet till dessa två fastigheter.

Övriga risker i relation till bostäder och andra byggnader inom detaljplanen uteslutas därför ur denna riskanalys. Inte heller risker under byggfasen, miljö- och klimatrisker, ljud/buller/vibrationer, ras eller skred kommer att beaktas.

Riskbedömningen fokuserar på olyckor med livshotande konsekvenser för tredje man, det vill säga personer i och runt de planerade fastigheterna. Angående risker för personer ombord på tunnelbanan förutsätter analysen en normal driftssituation. Det betyder att risker så som isras från huset på spåret analyseras, medan risker för personer ombord på en urspårad vagn under inverkan av omgivningen är ej del av denna riskbedömning.

Riskhanteringen i aktuell rapport avslutas med förslag till riskbegränsande åtgärder. Eventuell verifiering av åtgärderna och slutgiltig acceptans av risknivå ingår ej

2 RIKTLINJER OCH METOD

2.1 Begrepp och nomenklatur

Begrepp som risk, säkerhet och acceptansnivå har alla olika betydelser beroende på i vilket sammanhang och i vilken bransch de används. För detta arbete gäller de definitioner och förklaringar som återfinns i MSB:s *Handbok för riskanalys* (1). Nedan listas några frekvent återkommande begrepp.

Risk definieras som osäkerheten för att en oönskad *händelse* ska inträffa. Osäkerheten beskrivs ofta som produkt av *sannolikheten* att händelsen inträffar och *konsekvensen* denna händelse medför när den väl inträffar.

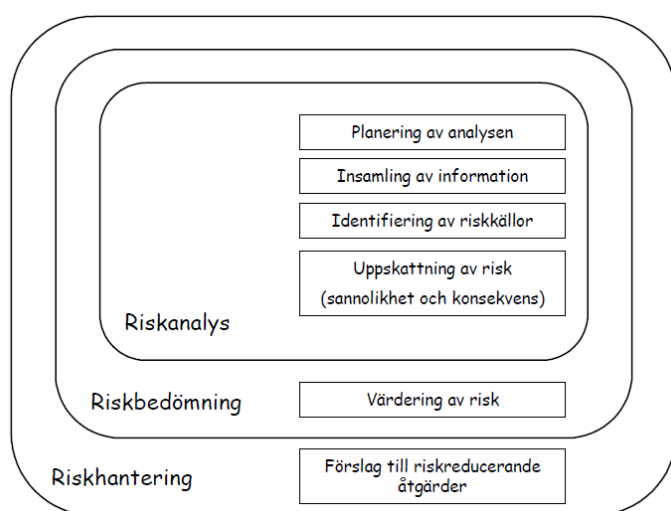
Riskkälla betecknas en risks ursprung, det vill säga ett objekt, process eller plats som innefattar en fara som kan orsaka en oönskad händelse.

2.2 Styrande dokument

Enligt plan- och bygglagen (2010:900) ska "bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till [...] människors hälsa och säkerhet" och "[...] risken för olyckor". Lämpligheten för markanvändningen i detta avseende ska således avgöras under planeringsprocessen.

Lagen anger dock inte *hur* lämpligheten ska avgöras, utan det är de olika Länsstyrelserna som utger *riktlinjer* för hur frågor kring människors hälsa och säkerheten och risken för olyckor ska utredas. Länsstyrelsen i Stockholm har publicerat ett faktablad kring riktlinjer för riskanalyser (2) samt en rapport kring riskanalyser i detaljplaneprocessen (3) som stöd för en effektiv hanteringsgång och kvalitativa beslutsunderlag.

2.3 Riskhantering, metod och process



Figur 2.1. Schematisk bild av de moment som ingår i riskhantering (2)

Riskhantering är en iterativ och kontinuerlig arbetsprocess och har som syfte att identifiera och vid behov minska oacceptabla risker. Processen innefattar identifiering och analys av riskkällor (riskanalys), värdering (riskbedömning) och slutligen begränsning eller eliminering av riskkällor (riskhantering), se Figur 2.1. Det existerar flera olika varianter av metoder för riskanalys, såväl

kvalitativa (uppskattning och klassning utifrån erfarenhet) och kvantitativa (analys utifrån numeriska värden och statistik).

Utifrån det tidiga planstadiet användes en *preliminär riskanalys* (grovanalys) som metod. Detta innebär att en områdesbeskrivning över planområdet och dess beståndsdelar granskas för att identifiera uppenbara riskkällor. Deras riskpotential estimeras sedan kvalitativt i en femgradig skala för sannolikhet respektive konsekvens, se Tabell 2.1 och Tabell 2.2. De identifierade riskkällorna registreras i en så kallad riskkällelista och deras risknivå förs in i en riskmatris, se Tabell 2.3.

För att säkerställa att inga väsentliga riskkällor hamnar utanför analysen kompletterades denna genomgång med en vad-händer-om analys (what-if) i form av en riskworkshop. Till workshopen samlades en grupp personer med expertis inom riskhantering och samhällsrisker.

Tabell 2.1. Skala för sannolikhet.

Sannolikhet	
1=Liten sannolikhet	Mindre än 1 gång per 1000 år
2=	1 gång per 100-1000 år
3=Sannolik	1 gång per 10-100 år
4=	1 gång per 1-10 år
5=Mycket sannolik	Mer än 1 gång per år

Tabell 2.2. Skala för konsekvens.

Konsekvens	
1=Små	Övergående lindriga obehag
2=Lindriga	Enstaka skadade, varaktiga obehag
3=Stora	Enstaka svårt skadade, svåra obehag
4=Mycket stora	Enstaka dödsfall, flera svårt skadade
5=Katastrofala	Flera dödsfall, 10-tals svårt skadade

Efter att samtliga riskkällor har analyserats *värderas* deras risknivå utifrån om den kan anses vara acceptabel med hänsyn till i förväg bestämda acceptanskriterier (se avsnitt 2.4), eller om riskreducerande åtgärder behöver vidtas för att uppnå en tolerabel eller acceptabel risknivå.

Vid behov fördjupas riskanalysen genom kvantitativ probabilistisk metod för en mer exakt uppskattning (och värdering) av risken. En sådan risk uttrycks i form av en *individerisk*, det vill säga sannolikheten per år att en individ förolyckas på ett specifikt avstånd till riskkällan, och *samhällsrisk*, vilket betyder sannolikheten per år att en viss grupp av människor omkommer på grund av olyckor. Individerisken visualiseras med hjälp av en karta och uppritade frekvensområden, medan kollektivrisken beskrivs genom FN-kurvor, det vill säga frekvensdiagram över frekvens och antal döda.

2.4 Acceptanskriterier

Vid acceptans av en risknivå beaktas några grundläggande principer (4):

- *Rimlighetsprincipen* (ta bort risken om det är möjligt med rimliga medel),
- *Proportionalitetsprincipen* (risk gentemot nytta behöver vara proportionerligt),
- *Fördelningsprincipen* (fördelning av risker bör ske i proportion till nyttan), och
- *Principen om undvikande av katastrofer* (hellre flera mindre olyckor än en katastrof).

Som kriterier för riskacceptans används de av Det Norske Veritas (DNV) föreslagna kriterier (4). Där återfinns även den tolkning av risknivåer som används i detta arbete:

- *Oacceptabel* är risknivåer som har oacceptabel hög nivå och som därav inte kan tolereras.
- *Tolererbar* är risknivåer som kan tolereras om alla rimliga åtgärder har vidtagits. Motsvarar det engelska begreppet ALARP (As low as reasonable possible).

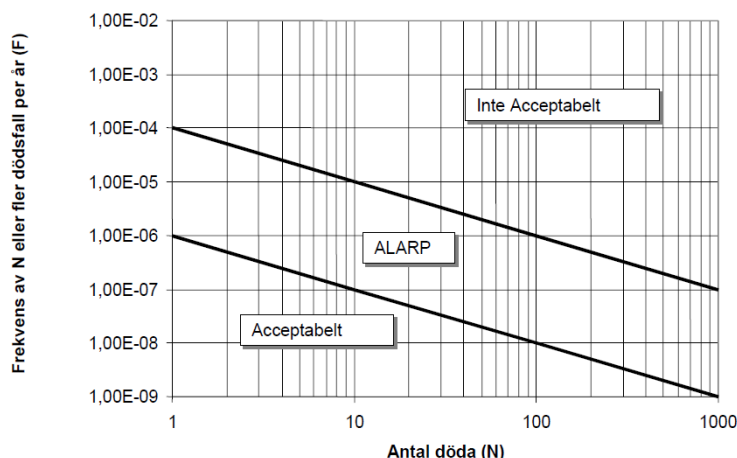
- *Låga* är risknivåer som kan anses vara små (försumbara).

För **individrisken** gäller följande kriterier:

Övre gräns för området med tolererbar risk: 10^{-5} omkomna per år

Övre gräns för området med låga risknivåer: 10^{-7} omkomna per år

Kriterier för **samhällsrisk** visualiseras i Figur 2.2 nedan.



Figur 2.2. FN-kurvor över samhällskriterier enligt DNV. Källa: Länsstyrelsen i Stockholms län (3).

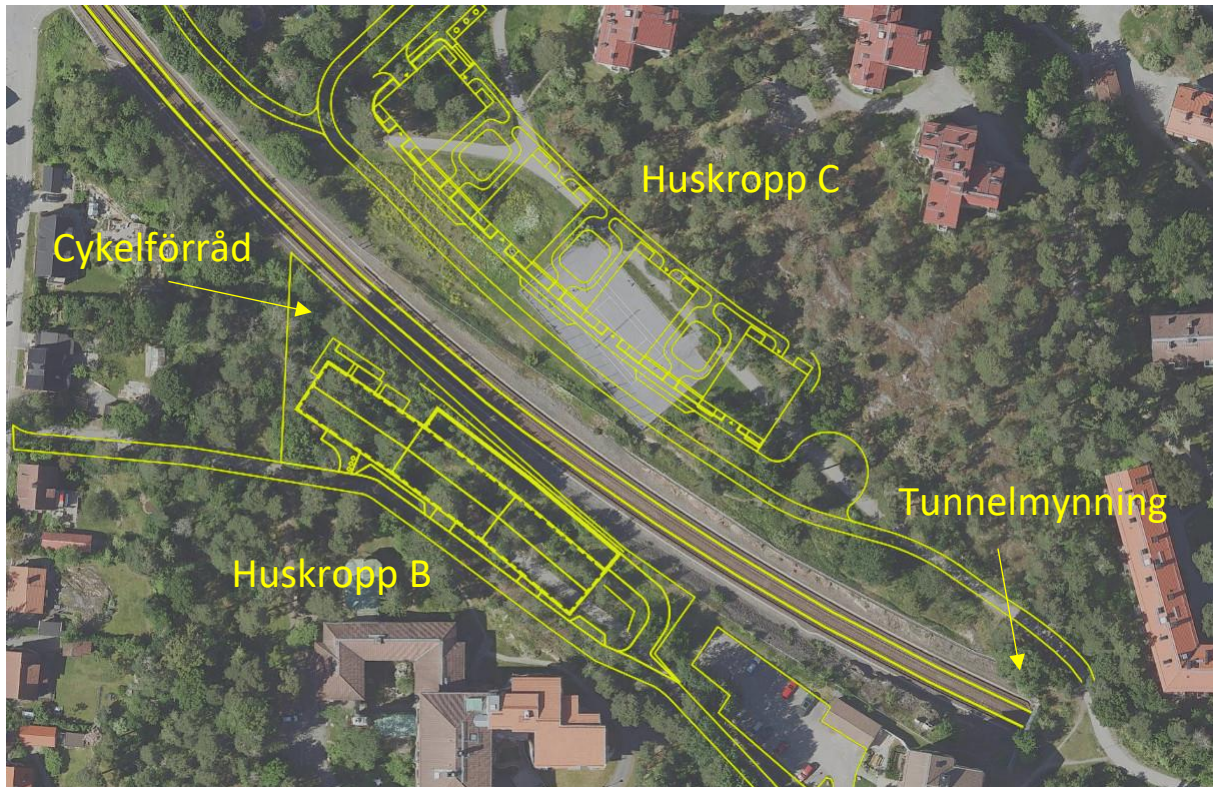
Med utgångspunkt i ovan beskrivna kriterier har en kalibrerad riskmatris tagits fram, se Tabell 2.3. I denna matris återfinns de tre risknivåer (oacceptabel, tolererbar och låga) definierad för de olika kombinationerna av sannolikhet och konsekvens.

Tabell 2.3. Exempel på en riskmatris.

		Sannolikhet				
		1 < 1 per 1000år	2 1 per 100-1000år	3 1 per 10-100år	4 1 per 1-10år	5 > 1 per år
Konsekvens	5 (Flera dödsfall)	Tolererbar	Oacceptabel	Oacceptabel	Oacceptabel	Oacceptabel
	4 (Enstaka dödfall)	Tolererbar	Tolererbar	Oacceptabel	Oacceptabel	Oacceptabel
	3 (Enstaka svårt skadade)	Låg	Tolererbar	Tolererbar	Oacceptabel	Oacceptabel
	2 (Enstaka skadade)	Låg	Låg	Tolererbar	Tolererbar	Oacceptabel
	1 (Lindriga obehag)	Låg	Låg	Låg	Tolererbar	Tolererbar

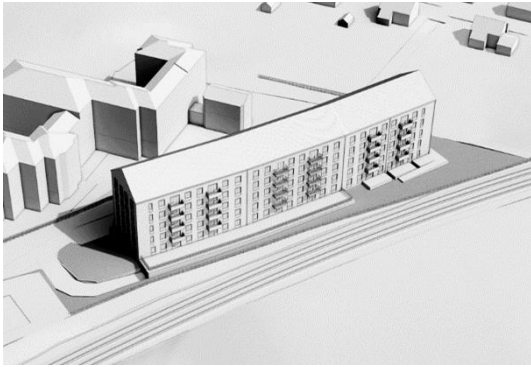
3 PLANOMRÅDE

Den aktuella delen av planområdet består av de två planerade fastigheterna, en huskropp i delområde B (Bergsundet Development AB) och en huskropp i delområde C (Balder Projektutveckling AB). De förkortas härafter med ordet *huskropp* samt delområdets bokstav (B eller C). Området har i övrigt en blandad bebyggelse med mindre lägenhetsområden, såväl bostads- som hyresrätter, villaområden och ett äldreboende, se figur 3.1 nedan.

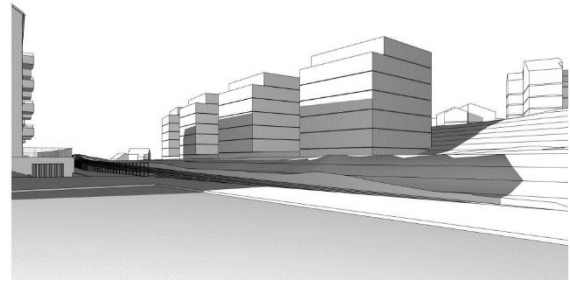


Figur 3.1. Flygfoto över aktuell del av planområdet i kombination med aktuella ritningar för huskropparna B och C. Källa: Stockholms stad karttjänst (Ortofoto 2022), ritningar från Bergsundet Development AB (2024-01-15) och Balder Projektutveckling AB (2024-01-10).

Husen planeras som bostadshus med lägenheter i 5 till 6 våningar med parkeringsgarage i bottenplan/källare, se modellerna i Figur 3.2 och Figur 3.3. Husen planeras med balkonger utmed samtliga fasader. Husen omges med cykel- och promenadstråk och har angöring och ingångar i markplan. I norra änden av huskropp B planeras ett cykelförråd.



Figur 3.2. Huskropp B, modell. Källa: Bergsundet Development AB.

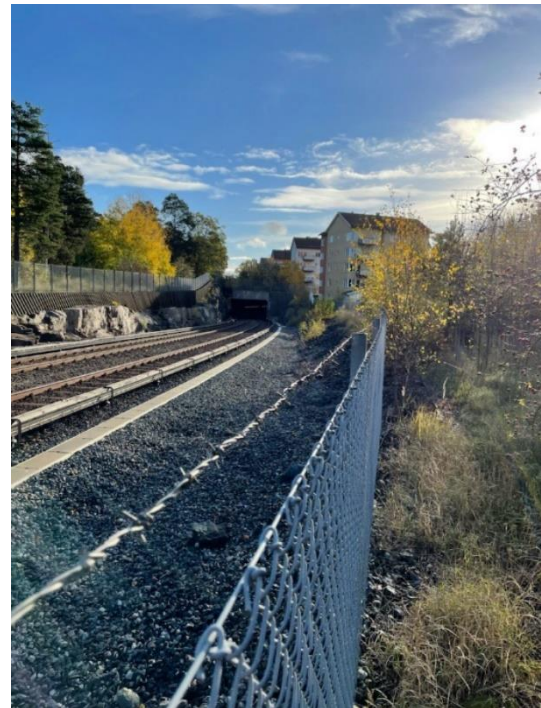


Figur 3.3. Huskropp C, modell. Källa: Balder Projektutveckling AB.

Tunnelbanan går på ett öppet dubbelspår i marknivå mellan de två huskropparna och skyddas mot obehöriga genom ett staket längs med båda sidorna av spåren. Sydöst om fastigheterna höjer sig marken gentemot spåren fram till en tunnelmynning där spåren går in i tunnel under mark. Branten intill spåret skyddas av staket.



Figur 3.4. Vy utmed spåret mot nordväst, tagen från södra sidan. Källa: Bergsundet Development AB, 2021-10-26



Figur 3.5. Vy utmed spåret mot sydöst, tagen från södra sidan. Källa: Bergsundet Development AB, 2021-10-26

4 ANALYS

4.1 Identifierade riskkällor

Den preliminära riskanalysen resulterade i en lista med totalt 11 riskkällor, se Tabell 4.1 och bilaga 1: riskkällelista. Riskkällornas riskpotential har upptagits i den gemensamma riskmatrisen, se tabell 4.2 nedan. Inga nya riskkällor har uppkommit vid uppdateringen av denna rapport till revision 4.0 år 2024.

Tabell 4.1. Utdrag ur riskkällelista (Bilaga 1: Riskkällelista).

ID	Skadehändelse
RK01	Utrymnings- eller räddningsväg för tunnelbana blockerad eller svåråtkomlig p.g.a. fastighetens placering
RK02	Ras av snö och is från hustaket ner på passerande tunnelbanetåg
RK03.1	Brand i tunnelbanevagn sprider sig till fastigheten
RK03.2	Rökgaser från tunnelmynningen tränger in i fastigheten och ventilationssystem
RK03.3	Rökgaser från brinnande tunnelbanevagn tränger in i fastigheten och ventilationssystem
RK04	Tunnelbanevagn kolliderar med huskropp
RK05	Husras in på eller över spårområdet
RK06.1	Byggställning eller delar av ställning faller in i spårområde
RK06.2	Föremål eller skräp faller på spårområde p.g.a. närhåll från balkonger och fönster i fastigheten
RK07	Farliga gaser sprider sig omgivningen och tränger in i fastigheten och ventilationssystem
RK08	Obehöriga personer vistas i spårområdet

Tabell 4.2. Riskmatris efter preliminär riskanalys, med riskpotential för de identifierade riskkällor in-tecknad. För två riskkällor har riskpotentialen inte angivits i den preliminära analysen, då de ligger utanför aktuell analys¹.

		Sannolikhet				
		1 < 1 per 1000år	2 1 per 100-1000år	3 1 per 10-100år	4 1 per 1-10år	5 > 1 per år
Konsekvens	5 (Flera dödsfall)					
	4 (Enstaka dödfall)	RK01, RK04, RK08				
	3 (Enstaka svårt skadade)	RK02, RK03.1, RK03.2, RK03.3,	RK06.1			
	2 (Enstaka skadade)		RK06.2			
	1 (Lindriga obehag)					

¹Ej angiven: RK05, RK07

Riskkällor RK02, RK03.1, RK03.2, RK03.3 och RK06.2 bedöms ligga inom gränsen för låg risknivå, varför de kan accepteras utan vidare åtgärd. För en av dessa, riskkälla RK03.3 (Rökgaser från brinnande tunnelbanevagn tränger in i fastigheten och ventilationssystem) rekommenderas dock en åtgärd, att placeringen av luftintag väljs med hänsyn till risken. Detta med hänvisning till rimlighetsprincipen.

Riskkällor RK01, RK04, RK08 och RK06.1 ligger inom gränsen för tolererbar risk, varför deras risknivå kan tolereras ifall alla rimliga åtgärder har vidtagits. För RK01 (Utrymnings- eller räddningsväg för tunnelbana blockerad eller svåråtkomlig p.g.a. fastighetens placering) anses sannolikheten försvinnande liten och inga ytterligare rimliga åtgärder har kunnat identifieras. För RK08 (Obehöriga personer vistas i spårområdet) anses det nödvändigt att befintliga skyddsbarriärer till spårområdet

vidmakthållas och att de ska utökas/kompletteras om förändrade rörelsemönster så kräver. RK06.1 (Byggställning eller delar av ställning faller in i spårområde) anses ha omfattande konsekvenser och måste hanteras separat inför byggskedet och vid eventuella underhållsåtgärder. RK04 (Tunnelbanevagn kolliderar med huskropp) bedöms ha stora till katastrofala konsekvenser, varför sannolikheten ska skattas deterministisk genom fördjupad analys med kvantitativ metod, se avsnitt 4.2 nedan.

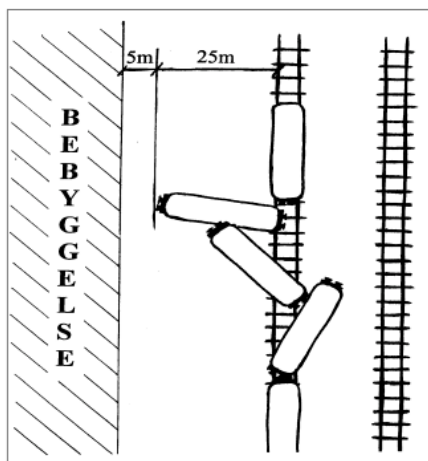
Inga riskkällor med ej tolererbar risknivå har identifierats. Riskkällor RK05 och RK07 ligger utanför denna analys och därför finns det för dessa ingen risknivå angiven.

4.2 RK04: Tunnelbanevagn kolliderar med huskropp

Konsekvenser till följd av urspårning kan vara omfattande, människor kan förolyckas, utomhus eller befinnande i omkringliggande bebyggelse och konsekvensernas magnitud är direkt relaterad till hur långt från spåret tåget hamnar. Vanligast är dock skador på järnvägsanläggning samt spår & tåg. Orsaken vid ett urspårat tåg kan vara rälsbrott, axelhaverier eller överhastighet, men även sabotage förekommer.

Det generella konsekvensområdet för ett urspårat tåg är 30 meter i sidled från spåret. De beräkningar som används nedan, och konsekvensområdet på 30 meter, gäller för tåg på järnväg men har använts här för att möjliggöra kvalitativa resonemang på urspårning av tunnelbana, där förhållanden är liknande med markspår utomhus. Riskerna och konsekvensområdet kommer sannolikt att vara lägre för tunnelbanan eftersom både vikt och hastighet oftast är lägre på tunnelbanespår än på ett järnvägsspår, varför en eventuell kollision bör medföra betydligt lägre påverkan.

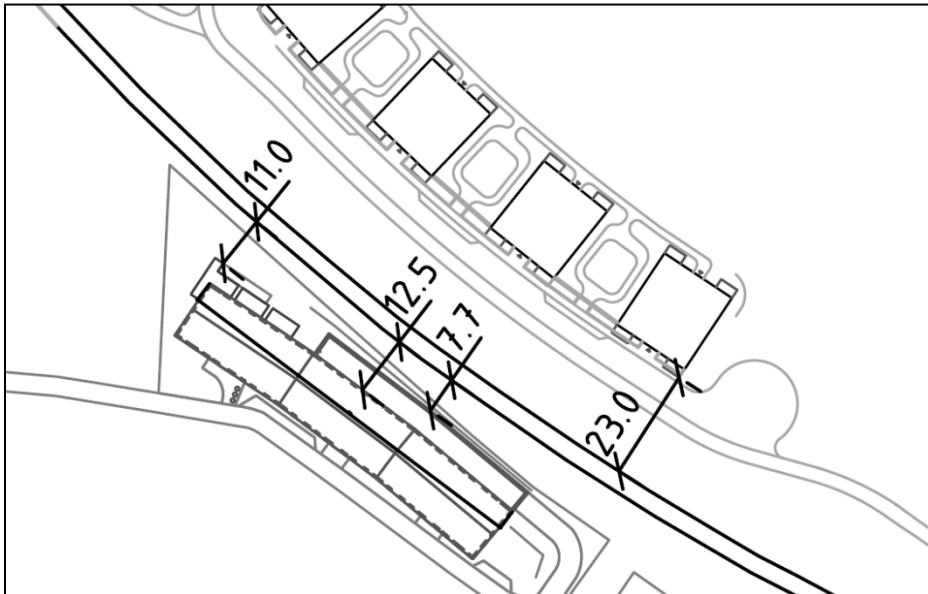
Det vanligaste vid urspårning är att vagnarna hamnar tätt inpå varandra, likt ett dragspel, varför tågagnarnas längd spelar in då det ofta blir riskradien omkring olyckan (5). Tåg som trafikerar järnväg modelleras enligt Figur 4.1 nedan, där de 30 meter som används som riskzon tagit hänsyn till tågagnarnas längd. I fallet för tunnelbanan har riskzonen därför anpassats till längden på de tunnelbanevagnar som trafikerar aktuell linje.



Figur 4.1. Vanligt förekommande placering av vagnar vid urspårning, riskzon markerad.

I SL:s tunnelbanesystem körs ledade tågsätt av typen C6H, C14, C15, C20(F) och C30. De består av mellan 2 och 4 tågagnar per tågsätt, där varje vagn har en typisk längd på runt 15m (6). Med hänsyn till denna vagnlängd blir den uppskattade riskzonen därför 20m. Med fastigheternas närhet till

spårområdet (se Figur 4.2) ligger de planerade fastigheterna i (eller nära) riskzon vid urspårning av tunnelbanetåg, varför risken för urspårning och eventuella konsekvenser utreds vidare.



Figur 4.2. Sidaavstånd (i meter) mellan mittlinje närmaste spår och huskropp B (7,7m till garage, 12,5m till lägenhetsfasad och 11,0m till uteplats) och huskropp C (23,0m) respektive, utifrån aktuellt ritningsunderlag. Källa: Baskarta för detaljplaneområdet, ritningar Bergsundet Development AB och Fastighets Balder AB.

Sannolikheten för urspårning

Sannolikheten för urspårning och huruvida det urspårade tåget träffar byggnader kan skattas deterministisk med hjälp av en standardmodell för järnväg (7). Modellen är framtagen av UIC¹, först och främst för att ge rekommendationer för riskhantering av urspårningar i närhet av byggnationer över järnväg, till exempel broar. Standarden tillämpas dock frekvent även för annan spårtrafik så som tunnelbana eller spårvagn, varför den kan betraktas som god praxis. Såväl tunnelbana som spårvagn har dock i allmänhet väsentlig lägre vikt och topphastighet än vanlig järnväg, varför de skattade risknivåerna kan betraktas som de värst tänkbara.

Sannolikheten att ett tåg spårar ur i anslutning till bebyggelsen beräknas enligt följande;

$$P_1 = e_r \times d \times Z_d \times 365 \times 10^{-3}$$

där

e_r = urspårningsfrekvens per tåg-km

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

Z_d = antal tåg per dygn

Antal tåg som passerar aktuellt banavsnitt har beräknats utifrån SL:s tidtabell för Gröna linjen till Skarpnäck. Ett snitt har tagits för vardags och helgtrafik, vilket resulterat i 218 avgångar om dagen, på bägge spår i samtliga riktningar. Med hänsyn till eventuella tjänstetåg tas ett värde på 230 tåg per dygn. Hastigheten för gröna linjen uppgår maximalt till 70 km/h, och kommer därför att användas i beräkningarna (8).

¹ Internationella järnvägsunionen (Union internationale des chemins de fer)

Urspårningsfrekvens per tåg-km baseras på de senaste 10 årens urspårningsfrekvens i Stockholms tunnelbana (9), dividerad med totalt antal körda kilometer under samma period. Kilometerangivelsen togs ifrån uppgifter om utbudskilometer, oavsett påstigningar, som gjorts i Stockholms tunnelbana (10).

Tabell 4.3. Indata till beräkning av sannolikhet för urspårning, ekvation P_1 .

Urspårningar i snitt under perioden 2010–2020	0,2 urspårningar/år
Genomsnittligt antal tåg-km (utbuds-km) under perioden 2017–2020	13 100 000 km/år
Urspårningsfrekvens, e_r	1.5×10^{-8} urspårningar/tåg-km
Tågets hastighet, V	70 km/h
Längsta sträcka för den urspårade vagnen, d	61,25 m

Uträkning av ekvation P_1 ovan ger att sannolikheten för urspårning av tunnelbanevagnar i anslutning till aktuella fastigheter skattas till **7.44×10^{-5} händelser per år**.

Sannolikheten att en urspårad tunnelbanevagn träffar fastigheten

Sannolikheten att en urspårad tunnelbanevagn (från någon av de två spåren) träffar fastigheten beräknas enligt följande (7);

$$P_2 = \{[(b - a)/b]^2 + [(b - (a + 4,2))/b]^2\} \times 0,25 \times c/d$$

där

d = som tidigare definierad (se ovan)

V = tågets hastighet vid urspårningstillfället

b = förväntad maximal sidoförskjutning i meter urspårat tåg; Kan tas lika som $V^{0,55}$

a = sidoavståndet (i meter) mellan mittlinje spår och huskropp

c = distansen parallellt med spåret på ett sidoavstånd 'a' som exponeras för risk för påkörning av urspårat tåg kan beräknas enligt följande funktion: $c = (d/b) \times (b - a)$

Tabell 4.4. Indata till beräkning av sannolikhet att en urspårad vagn träffar fastigheten, ekvation P_2 .

Maximal sidoförskjutning, b	10,4 m
Sidoavstånd till mittlinje spår, a	7,7 m (huskropp B) och 23 m (huskropp C, utanför maximal sidoförskjutning)
Distansen parallellt med spåret (riskzon), c	15,7 m (huskropp B, huskropp C utgår)

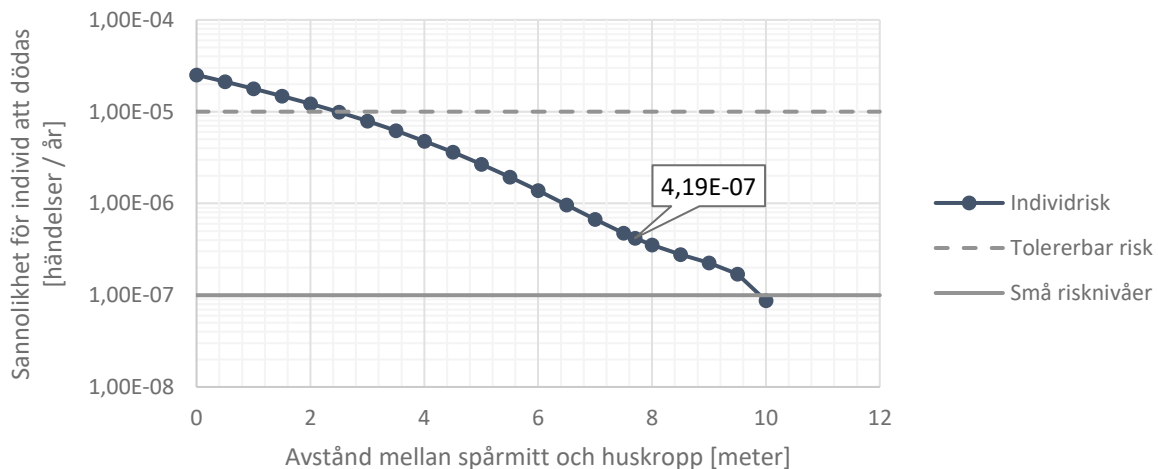
Beräkningen av maximal sidoförskjutning ovan ($b=10,4$) resulterar i att **huskropp C kan anses ligga utanför riskzon (23m) och kan undantas vidare analys**.

Individrisk

Sannolikheten för att huskropp B träffas av en urspårad tunnelbanevagn beräknas genom multiplikation av de två enskilda händelsernas sannolikhet;

$$P_{\text{kollision}} = P_1 \times P_2$$

Om det antas att en sådan händelse alltid medför att en person som vistas i huset avlider kan individrisken beräknas som funktion av avståndet mellan spårmitte och huskropp, se Figur 4.3.



Figur 4.3. Individerisk som funktion av avståndet mellan spårmitte och huskropp. Värde för huskropp B utvisad.

Beräkningen av individrisken ger för huskropp B en skattning på $4,19 \times 10^{-7}$ händelser per år, vilket överstiger gränsen för låga risknivåer, men som ligger inom gränsen för tolererbar risk. Risknivån kan alltså accepteras, förutsatt att alla rimliga riskbegränsande åtgärder har vidtagits.

Riskbegränsning kan nås genom att minska sannolikheten för att den urspårade vagnen tränger in i huset, till exempel i form av en skyddsmur längs med fasaden eller som en tillräcklig stark husvägg så som sten- eller betongkonstruktioner. Alternativt kan riskbegränsning nås genom att minska sannolikheten för att personer omkommer ifall en urspårad tunnelbanevagn tränger in i huset, till exempel genom att utrymmena närmast tunnelbanan reserveras till lokaler med endast tidsbegränsad vistelse, så som parkering eller gemensamhetslokaler.

Efter de justerade planerna 2023 ska bottenvåningen i de första två sektionerna av huskropp B (I och II, räknad från syd) innehålla parkeringsgarage närmast spåret, där personer endast vistas när de hämtar eller lämnar sin bil. Garaget planeras ligga delvis nedsänkt under marknivå, överdelen reser sig alltså ca 1-2m ovan mark. Garaget avses ej ha några fönster. Ovanpå garaget planeras altaner. Själva huskroppen ligger inskjuten vid baksidan av dessa altaner. Den tredje sektionen (Sektion III) planeras att få altaner i, eller strax ovanför, marknivå. Den norra sidan av huset ska innehålla en samlingslokal med utgång till gården i marknivå.

Det är alltså endast altaner och garaget som uppvisar ovan angiven individrisk och som förutsätter riskbegränsande åtgärder. Själva lägenheterna ligger som närmast 12,5m ifrån spårmitte och ligger därmed utanför förväntad maximal sidoförskjutning i meter.

Cykelförrådet norr om huskropp B planeras ligga nära spåret och individrisken överstiger gränsen för små risknivåer. På samma sätt som ovan kan dock individrisken accepteras ifall vistelsetiden för personer i förrådet begränsas, vilket bedöms som naturligt för användningstypen.

Samhällsrisk

Samhällsrisk, det vill säga sannolikheten att en grupp av människor dödas på grund av att tunnelbanevagnen träffar huskroppen, skattas utifrån risken för aktuell händelse i kombination med förväntade vistelsemönster av personer i aktuella utrymmen.

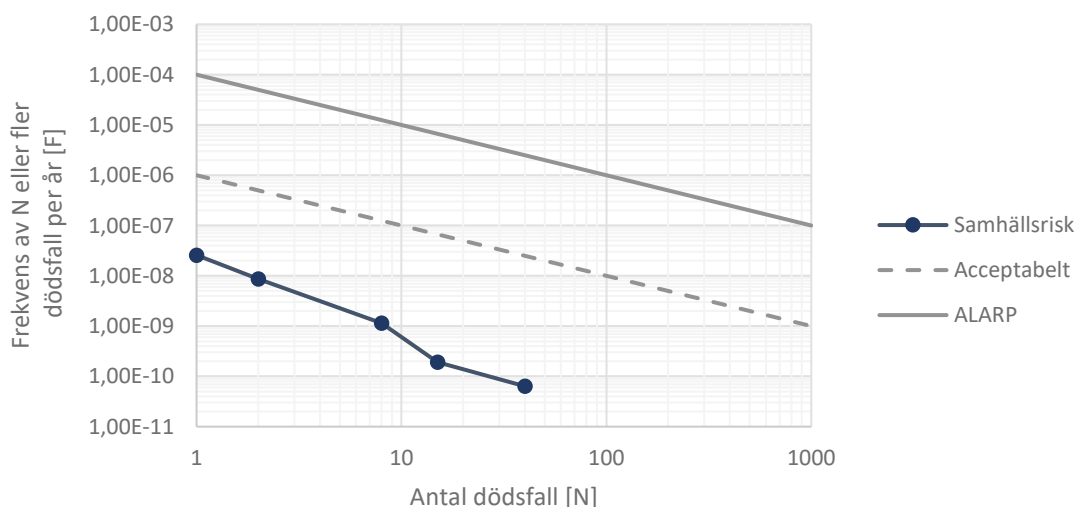
Huskropp B har fem våningar och dess grundkonstruktion förutsätts, utifrån aktuella byggregler, vara så pass rigid att huset varken kollapsar eller till delar rasar om en tunnelbanevagn träffar huset i markplan. I vidare analys antas att tunnelbanevagnen i en sådan händelse endast bryter igenom husväggen och tränger in till huset på markplan, utan avgörande påverkan på övriga delar av huset. Det vill säga att dödsfall förväntas endast förekomma i bottenvåningen.

De utrymmen som sedan ändringen 2023 ligger närmast spåren är garage och altaner. Vistelsemönster för dessa två utrymmestyper skiljer sig åt, varför de behöver betraktas separat. Garaget undantas här ytterligare skattning då altanen bedöms ha större potential till samtidig vistelse av många personer. Vistelser i garaget inräknas därmed i analysen för altaner. Analysen har också tagit hänsyn till att eventuell olycka berör flera altaner samtidigt.

Som genomsnitt, utan hänsyn till hushållens karaktär eller sammansättning, uppskattas vistelsemönstret (fördelningen av antal personer gentemot total antal årstimmar) enligt Tabell 4.5 nedan. Samhällsrisk beräknas sedan genom multiplikation med sannolikheten för att tåget träffar huset och visualiseras slutligen i ett FN-diagram, se Figur 4.4. Samtliga delar av frekvenskurvan ligger under gräns för acceptabel risknivå varför **samhällsrisk för huskropp B kan anses vara acceptabel**.

Tabell 4.5. Uppskattad fördelning av antal personer (N) i bostäderna under ett år.

N	Beskrivning	Faktor
1	En person	6%
2	Två personer	2%
8	Besök	0,3%
15	Föreningsfest	0,05%
40	Ovanligt tillfälle	0,02%



Figur 4.4. Samhällsrisk som FN-kurva över bedömd frekvens för dödsfall i bostäderna på bottenvåning.

4.3 Känslighetsanalys och diskussion

En preliminär riskanalys är som metod avhängig ifrån vilken expertis som medverkar under identifiering av riskkällorna. Ifall väsentliga delar inte lyckas täckas in kan riskkällelistan förbli ofullständig. Detta motverkades genom tidig kontakt med expertis hos Storstockholms Brandförsvär och Trafikförvaltningen Region Stockholm samt därutöver ett riskmöte med flera säkerhetsexperter från Safetec Sweden AB. Generellt anses riskbilden för bostäder i närhet till spår vara välutrett med god analyspraxis och metodkännedom inom branschen. Därför bedöms osäkerheten för en ofullständig riskkällelista som liten.

Vald beräkningsmodell innefattar inga kalkyler för modellens känslighet, därför har modellens egenskaper analyserats kort nedan. Modellen är i sig inte utformad för aktuellt trafikslag (tunnelbana i stället för järnväg) och riskbild (hus bredvid spåret istället för konstruktioner över spåren). Tunnelbanevagnar är kortare och lättare än vanliga järnvägsvagnar (och framför allt ett järnvägslok) och de färdas vanligtvis med lägre hastighet. Därför bör energin av urspårad vagn vara lägre och därmed urspårningens riskzon vara mindre än modellens skattning. Beräkningarna påverkas också väsentlig av det statistiska underlaget för urspårningar. Den ytterst låga urspårningsfrekvensen inom tunnelbana gör att uppskattningen kan anses vara grov.

Modellen beräknar sannolikheten att tåget träffar *någon* del av konstruktionen, alltså antingen till vänster eller höger om spåret. Huskroppen befinner sig dock endast på ena sidan av spåret, varför sannolikheten kan anses vara endast hälften så stor. Påverkan på resultatet av beräkningarna är dock liten och den utelämnades därför i analysen.

Tågens hastighet förbi huskroppen påverkar riskzonens utbredning, ju högre hastighet desto större sannolikhet att huskroppen träffas. Hastigheten bedöms i genomsnitt vara lägre än tunnelbanans maxhastighet, det är inte klarlagt om tågen redan befinner sig under inbromsning vid den aktuella positionen. Tjänstetåg förbi platsen bedöms dock gå i full hastighet. För att säkerställa god marginal i skattningen valdes maxhastighet som ingångsvärde.

På grund av dessa faktorer bedöms modellens känslighet vara stor, men att osäkerheten kan förväntas ligga *under* den skattade risknivån, det vill säga att resultatet återspeglar det värsta tänkbara scenariot.

Beräkningarna av samhällsrisk vilas på antagandet att endast personer i aktuellt våningsplan träffas av det urspårade tåget och/eller delar från huset i samband med kollisionen. Risken för personskador och dödsfall till följd av en hel eller delvis kollaps av huskroppen, orsakad av kollisionen, har avskrivits med hänvisning till gällande byggnormer. Risken bör dock begränsas av de åtgärder som rekommenderas mot den uppskattade individrisken i markplan, som ska förhindra att ett urspårat tåg tränger in i huskroppen.

5 SLUTSATS OCH REKOMMENDATION

Risken analysen identifierade totalt elva riskkällor, varav två ligger utanför denna analys och fem bedöms ha låg risknivå och kan accepteras utan vidare åtgärd. För en av dessa, RK03.3, rekommenderas det dock att ventilationsintag placeras så att inga rökgaser från brinnande tunnelbanevagnar kan tränga in i fastigheten och/eller ventilationssystem (huskropp i delområde B).

Fyra riskkällor bedöms ligga på en risknivå som kan tolereras *endast då alla rimliga åtgärder har vidtagits*:

- RK01, huskropparna blockerar utrymnings- och räddningsväg. Försvinnande liten risk och inga ytterligare åtgärder identifierades.
- RK06.1, byggställning faller in i spårområde. Måste hanteras separat inför byggskedet och vid eventuellt underhåll (gäller främst huskropp i delområde B, men delvis även C).
- RK08, obehöriga personer vistas i spårområdet. Nödvändigt att skyddsbarriärer vidmakthållas och utökas/kompletteras om så krävs (gäller båda delområden B och C).
- RK04, tunnelbanevagn kolliderar med huskropp. Stora till katastrofala konsekvenser,

Sannolikheten för RK04 skattades deterministisk genom en standardmodell för järnväg. Beräkningarna visar på en samhällsrisk med låg risknivå, medan individrisken (för att en person omkommer genom att en urspårad tunnelbanevagn tränger in i huset) ligger på tolererbar risknivå som därmed kräver rimliga åtgärder för att kunna accepteras.

Som åtgärder (för huskropp i delområde B) föreslås att antingen anlägga en skyddsmur längs med fasaden för att förhindra att den urspårade vagnen träffar huset, eller att husväggen utformas så pass stark att vagnen inte kan tränga in i huset. Planändringarna under 2023 med ett garage närmast spåret kan anses motsvara en sådan åtgärd.

Sannolikheten för att personer omkommer vid händelse av urspårning kan också minskas genom att begränsa vistelsetiden på marknivå för personer i huset. Utrymmen som garage såväl som altan anses innebära begränsad vistelsetid. Detta skyddar dock inte mot att huset helt eller delvis kollapsar på grund av kollisionen (vilket behöver förhindras genom husets konstruktion).

För huskropp i delområde C behövs alltså inga byggtekniska åtgärder, förutom RK06.1 och RK08 som för detta delområde måste hanteras separat inför byggfasen (som för delområde B).

6 REFERENSER

1. Räddningsverket, numera Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). *Handbok för riskanalys*. 2003.
2. Länsstyrelsen i Stockholms län. *Riktlinjer för riskanalyser som beslutsunderlag. Faktablad 4:2003*.
3. —. *Riskanalyser i detaljplaneprocessen - vem, vad, när & hur? Rapport nr 15:2003*.
4. G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett. *Värdering av risk*. u.o.: Det Norske Veritas, Statens räddningsverk, 1997.
5. Fredén, S. *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*. Borlänge : Banverket, 2001.
6. Wikipedia. *Stockholms tunnelbana*. [Online] [Citat: den 04 11 2021.] https://sv.wikipedia.org/wiki/Stockholms_tunnelbana.
7. International Union of Railway. *Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R)*. 2nd edition September 2002.
8. Reskollen. *Tunnelbanekarta*. [Online] 2021. <https://tunnelbanakarta.se/>.
9. Trafikanalys. *Bantrafikskador 2020, Statistik 2021:17*. Stockholm : u.n.
10. —. *Regional linjetrafik 2020, Statistik 2021:25*.

BILAGA 1: RISKKÄLLELISTA

ID	Skadehändelse	Orsak	Konsekvens	S	K	Kommentar
RK01	Utrymnings- eller räddningsväg för tunnelbana blockerad eller svåråtkomlig p.g.a. fastighetens placering	Brand eller annan olycka i spårområde eller spårtunnel	Utrymning eller räddning fördröjs med fler skadade som följd	1=Liten sannolikhet	4=Mycket stora	Spårområdet är fortsatt åtkomlig i markplan från båda sidorna, med fordon från norr. Fastigheterna bedöms inte hindrar åtkomsten, varför sannolikheten bedöms vara försvinnande liten. Även utrymning av tunnelbanefordon inom området påverkas endast marginellt (huskropp B).
RK02	Ras av snö och is från hustaket ner på passerande tunnelbanetåg	Stora mängder snö ackumuleras på husets tak, växlande temperaturer bildar fast snö och is	Passagerare skadas av flygande isbitar och intryckta glastrutor, tunnelbanevagnen spårar ur i snödriva	1=Liten sannolikhet	3=Stora	Riskbilden bedöms vara vanligt förekommande och hanteras enligt gällande byggregler.
RK03.1	Brand i tunnelbanevagn sprider sig till fastigheten	Brinnande tunnelbanevagn blir stående i direkt närhet till fastigheten	Fastigheten brinner, boende skadas	1=Liten sannolikhet	3=Stora	Riskbilden bedöms vara vanligt förekommande, framför allt i innerstäder med bussar och spårvagnar med kort avstånd till husfasad. Risken bedöms inte behöva särskilda åtgärder utan täcks av gällande byggregler m.a.p. begränsning av brandspridning.
RK03.2	Rökgaser från tunnelmynningen tränger in i fastigheten och ventilationssystem	Brand i närliggande tunnel för tunnelbana	Boende skadas (svårt)	1=Liten sannolikhet	3=Stora	Utifrån avståndet mellan tunnelmynningen och fastigheterna (ca 100m för huskropp B och 70m för huskropp C) bedöms sannolikheten att rökgaserna skulle nå huset i väsentlig omfattning som liten.

ID	Skadehändelse	Orsak	Konsekvens	S	K	Kommentar
RK03.3	Rökgaser från brinnande tunnelbanevagn tränger in i fastigheten och ventilationssystem	Brand i tunnelbanevagn direkt utanför fastigheten	Boende skadas (svårt)	1=Liten sannolikhet	3=Stora	Vid brand av tunnelbanevagnar utanför fastigheten bedöms brandgaser kunna tränga in i fastigheten (huskropp B), framför allt i ventilationssystem med intag i närhet till spårområdet. En brand i tunnelbanan antas dock bli upptäckt omedelbart och fastigheten förväntas utrymmas vid denna typ av händelse, varför risken för svårt skadade bedöms som liten. Placeringen av luftintag bör dock väljas med hänsyn till denna riskkälla.
RK04	Tunnelbanevagn kolliderar med huskropp	Urspårning av tunnelbanevagn, tex genom rälsbrott, lagerhaveri eller föremål i spåret	Boende skadas eller dödas genom fallande eller kollapsande byggnadsdelar	1=Liten sannolikhet	4=Mycket stora	Riskkällan bedöms innebära stora till katastrofala konsekvenser, varför sannolikheten ska kattas deterministisk genom fördjupad analys med kvantitativ metod.
RK05	Husras in på eller över spårområdet	Jordskred eller 100-års-regn	Urspårning av tunnelbanevagn eller ras av byggnadsdelar på vagnen	ej angiven	ej angiven	Riskkällan har sitt ursprung i geotekniska förhållanden och hanteras därför ej i denna analys.
RK06.1	Byggställning eller delar av ställning faller in i spårområde	Byggställning kollapsar eller viker sig på grund av vind eller felaktigt montage	Tunnelbanevagn träffas av fallande ställningsdelar eller material, passagerare skadas eller vagnen spårar ur	2=	3=Stora	Konsekvenserna bedöms som omfattande ifall de inträffar, varför riskkällan måste hanteras separat inför byggskedet och vid eventuella underhållsåtgärder under senare avsnitt av byggnadens livstid.

ID	Skadehändelse	Orsak	Konsekvens	S	K	Kommentar
RK06.2	Föremål eller skräp faller på spårområde p.g.a. närhåll från balkonger och fönster i fastigheten	Oaktsamhet eller sabotage	Tunnelbanevagn träffas av fallande föremål, passagerare skadas	2=	2=Lindriga	Riskkällan bedöms vara av samma karaktär som vid idag existerande situationer runt tunnelmynningar och stationsområden och anses ej ha signifikant risknivå.
RK07	Farliga gaser sprider sig omgivningen och tränger in i fastigheten och ventilationssystem	Utsläpp av farliga vätskor eller gaser från tunnelbanan	Boende skadas eller dödas	ej angiven	ej angiven	Farligt gods transporteras ej i tunnelbanesystemet.
RK08	Obehöriga personer vistas i spårområdet	Nya/fler rörelsemönster i området, tydlig avgränsning mot spårområdet saknas, utrymning sker till spårområde i panik	Personer blir påkörda av tunnelbana eller får strömslag av matarledningen, personer skadas eller avlider.	1=Liten sannolikhet	4=Mycket stora	Befintliga skyddsbarriärer intill spårområdet ska vidmakthållas och ska utökas/kompletteras ifall de förändrade rörelsemönster så kräver.