

Uppdragsnamn
Lappmannen 4

Uppdragsgivare
Willhem

Handläggare
Rosie Kvål

Uppdragsnummer
503569

Egenkontroll
RKL 2023-11-14

Datum
2023-11-14

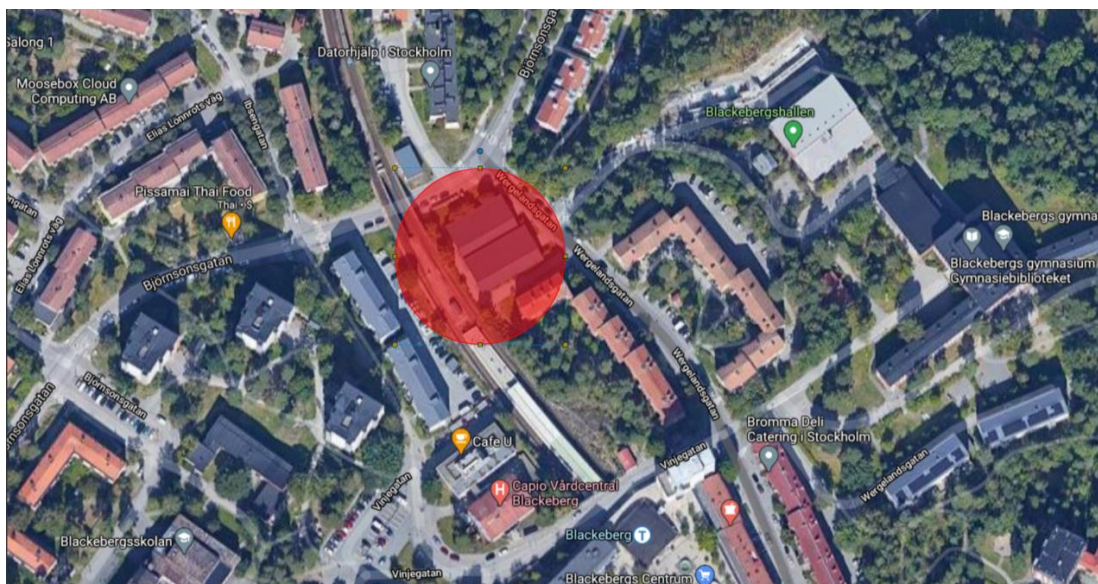
Internkontroll
LSS 2023-10-19

PM risk ny bostadsbebyggelse Lappmannen 4

Revideringar sedan föregående version är markerade med streck i marginalen.

Bakgrund och syfte

Inom fastigheten Lappmannen 4, Stockholms Stad, undersöker Willhem möjligheten att uppföra ny bostadsbebyggelse. Förslaget innebär att befintliga parkeringshus ersätts med ett flerbostadshus. Den tänkta bostadsbebyggelsen kommer att ligga i anslutning till tunnelbanans gröna linje. I figur 1 redovisas områdets läge, markerat i rött, i förhållandet till omgivningen.



Figur 1. Aktuellt område markerat i rött inklusive närmaste omgivningen. (Google Maps, 2021-02-22)

Med anledning av planområdets närhet till tunnelbanans gröna linje har Brandskyddslaget fått i uppdrag att utreda möjliga risker från denna mot planområdet.

Syftet med utredningen är att översiktligt utreda möjliga risker och vid behov föreslå åtgärder för hur riskerna bör hanteras för att en acceptabel säkerhet ska uppnås inom planområdet.

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

Förutsättningar

Enligt *Plan- och bygglagen (2010:900)*¹ skall bebyggelse lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till boendes och övrigas hälsa. Sammanhållen bebyggelse skall utformas med hänsyn till behovet av skydd mot uppkomst av olika olyckor.

Länsstyrelsen rekommenderar i sin skrift *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods*² skyddsavstånd mellan ny bebyggelse och vägar med transport av farligt gods samt järnväg.

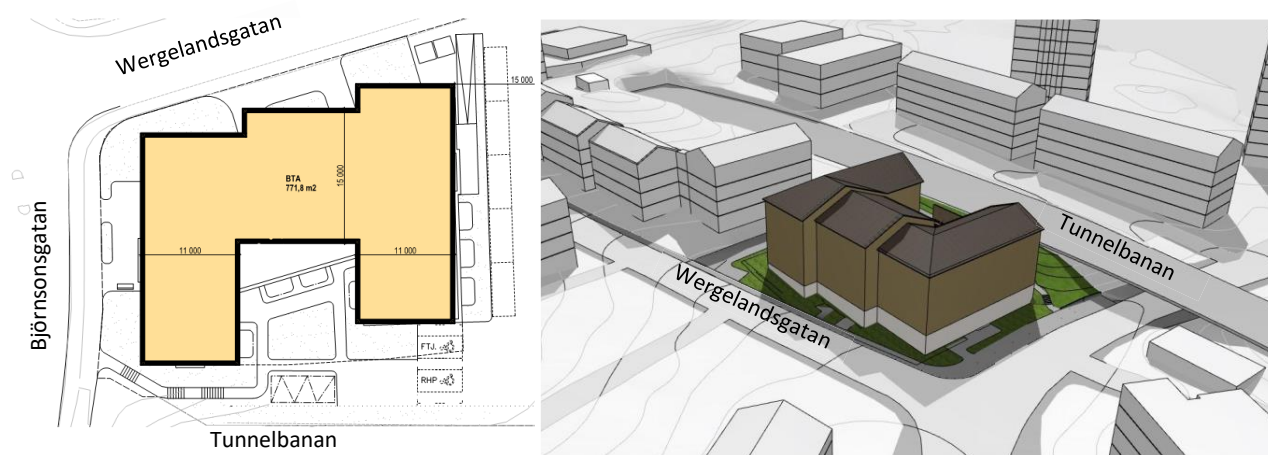
Med järnväg avses dock främst järnvägssträckor som trafikeras av person- och godstrafik och som ingår i det nationella järnvägsnätet. Rekommenderade skyddsavstånd till sådan järnväg är 50 meter till bostäder samt 25 meter bebyggelsefritt. Avstånden härrör i första hand till att hantera olycka med urspärning och olycka med brännbara vätskor. Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd avseende ny bebyggelse intill järnväg avser inte primärt banor med tunnelbane- eller spårvagnstrafik.

Några direkta riktlinjer för placering av bebyggelse nära tunnelbanespår finns inte.

Planerad bebyggelse

Det aktuella området ligger på Wergelandsgatan 21, Stockholms Stad (se figur 2). Direkt sydost om den tänkta bebyggelsen ligger Blackebergs tunnelbanestation och sydväst om den tänkta byggnaden går tunnelbanan. I närområdet av Lappmannen 4 består bebyggelsen främst av bostäder.

Planen för Lappmannen 4 är att ersätta dagens parkeringshus med flerbostadshus. Det nya bostadshuset planeras i 4-5 våningar med totalt 55 lägenheter och parkeringsgarage i bottenplan (se figur 2). Det är även föreslaget att lägenheternas balkonger ska vara placerade mot bostadsgården. Den totala byggnadstekniska arean (BTA) är 2 800 kvadratmeter.



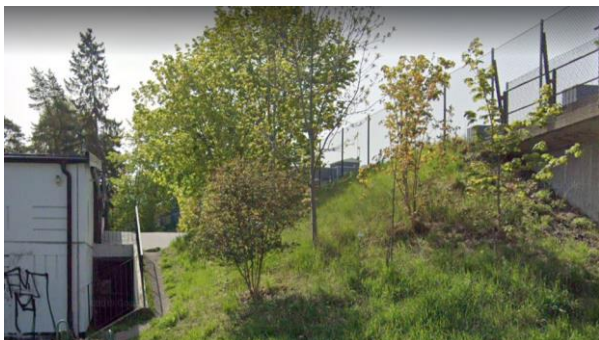
Figur 2. Planförslag sett ovanifrån (till vänster) och från norr (till höger) (Förslag 2B, Liljewall arkitekter, 2022-11-30).

Området där flerbostadshuset ska byggas ligger lägre än tunnelbanan (se figur 3 och 4).

Höjdskillnaden mellan marknivå inom planområdet och spårområdet är ca 1,5-1,8 meter (se figur 5). I figur 3 och 4 framgår att det finns ett stängsel mellan tunnelbanan och planområdet.

¹ Plan- och bygglagen (SFS 2010:900 med ändringar t.o.m. SFS 2013:307)

² Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4, Länsstyrelsen Stockholm, 2016-04-11

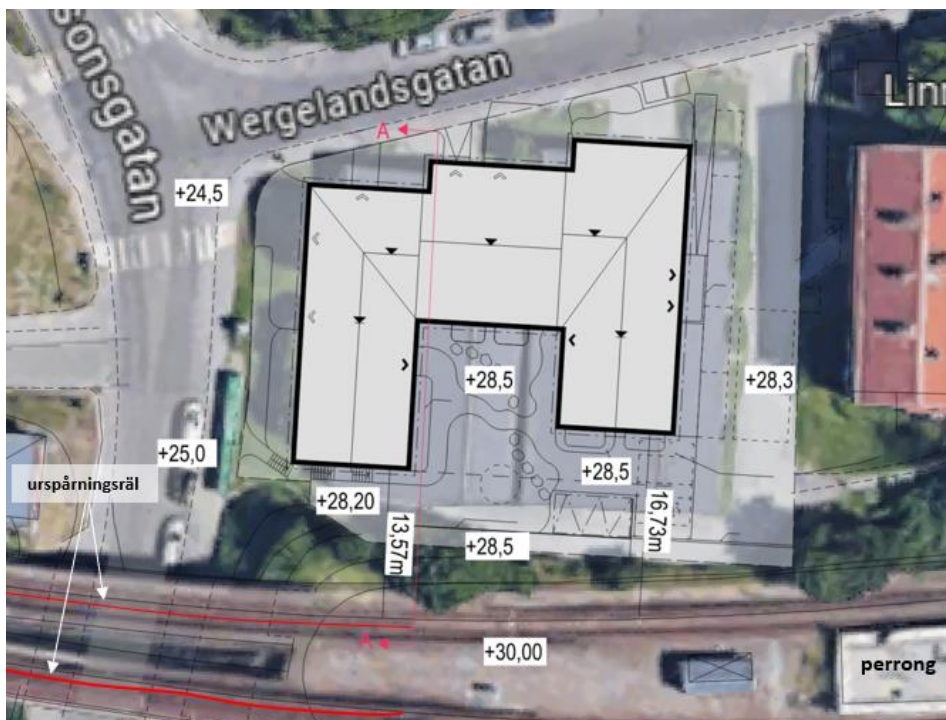


Figur 3. Planområdet i förhållande till tunnelbanan med nuvarande utförande. Bild tagen från Björnsonsgatan. (Google Maps, 2021-02-22)



Figur 4. Planområde med nuvarande utförande. Bild taget mot Björnsonsgatan. (Ansökan om direktanvisning av mark, Willhem)

Delar av spåret är även utrustat med urspårningsräl vilket syns i figur 5 nedan.



Figur 5. Markering av placering av urspårningsräl samt höjdförhållanden i området. (Liljewall arkitekter, 2023-11-13)

Identifierade risker

Risikällor som ligger i anslutning till det föreslagna bostadshuset har identifierats genom en riksinventering. Alla avstånd är räknat till byggnad. De identifierade riskerna som finns i närområdet är:

- Tunnelbana, 13,5 meters avstånd mellan närmaste byggnadsdel byggnad och spår
- Transportled för farligt gods (väg 275), cirka 280 meters avstånd
- Bensinstation Circle K, cirka 330 meters avstånd

Tunnelbanan har identifierats som den enda risikällan som kan medföra plötsliga och oväntade olyckor med påverkan mot aktuellt planområde. Bensinstation och transportleder för farligt gods ligger mer än 280 meter från området och bedöms inte relevanta att studera för det aktuella planområdet.

Ett övergripande resonemang kring suicidrisk redovisas också.

Tunnelbanan

I sydväst angränsar det aktuella området mot tunnelbanans gröna linje mellan Hässelby strand och Hagsätra. Under rusningstrafik går även tåg till Farsta strand och Skarpnäck. Tunnelbanan består av två spår som går utmed planområdet. På den västra delen om området går tunnelbanan på en bro över Björnsonsgatan (se figur 2).

Enligt SL:s tidtabell är turtätheten generellt 5-10 minuter. Trafiken är tätare på vardagar än på helger samt går oftare under rusningstid. Sammanlagt sker 186 tågpassager per spår och vardagsdygn (något färre på helgerna).

Maxhastigheten på den gröna linjen är 70 km/h. Blackeberg station ligger i direkt anslutning till planområdet. Stationsbyggnaden ligger cirka 100 m från planområdet och perrongen slutar ca 10-15 meter från planområdet. Eftersom samtliga tåg i trafik stannar vid stationen är hastigheten förbi det aktuella området lägre än maxhastigheten.

Översiktlig riskvärdering

Utifrån riskinventeringen är bedömningen att följande olycksscenarier kan vara relevanta att beakta vad gäller risknivån för personer som vistas inom områden nära tunnelbanan:

1. Urspårning
2. Tågbrand

SL som äger spåren kan också ha krav på skyddsavstånd för åtkomst för underhåll m.m. på banan.

Urspårning

Allmänt

På tunnelbanan förekommer, enligt tidigare, enbart persontrafik. Olyckshändelse som kan påverka planområdet utgörs av att ett urspårat tåg lämnar spårområdet och kolliderar med människor eller byggnader.

Det kortaste avståndet till bebyggelse inom planområdet är 13,5 meter. Tunnelbanan är även delvis utrustad med urspårningsräler (se figur 5). Den del av den bostadsbyggnaden som planeras närmast tunnelbanan ligger utmed den del av spåret som är försedd med urspårningsräler.

Ett urspårat tåg hamnar sällan längre från spåret än en vagnslängd. Den gröna linjen trafikeras endast av nyare tågset (C20) vars vagnar är 46,5 meter långa och är sammankopplade till två- eller trevagnståg.

Sannolikheten för kollision mellan två tåg är mycket låg till följd av det ATP-system (Automatic Train Protection) som finns utmed Gröna linjen. Systemet innebär att tågen aldrig kommer för nära varandra, att de inte kör in i en växel som är felställd och att röd signal inte kan ignoreras.

Tunnelbanespåren ligger ca 1,5-1,8 meter över marknivån inom planområdet (se figur 5 och 6), vilket är en begränsad höjdskillnad som inte bör påverka ett urspårat tågs urspårningsavstånd i någon större utsträckning. Utmed den sträcka där byggnad planeras närmast spåret finns enligt tidigare urspårningsräler.



Figur 6. Sektion genom den del av byggnaden som ligger närmast tunnelbanan. Höjdförhållandet mellan spårområdet och marknivå vid den södra delen av byggnadsdel närmast spårområdet är 1,5 meter vilket framgår av figuren. (Liljewall arkitekter, 2023-11-13).

Frekvens

Majoriteten av alla urspårningar innebär en mycket begränsad påverkan på kringliggande områden eftersom urspårningen i de allra flesta fall endast innebär att ett hjulpar hoppar av spåret och att tåget förblir upprätt inom spårområdet.

Enligt en säkerhetsstrateg på Region Stockholm, Trafikförvaltningen, har ingen urspårning där tåget har lämnat spårområdet inträffat i tunnelbanan sedan tunnelbanetrafiken startades på 1950-talet³. Sedan 1999 samlas statistik över olika händelser in. Under den perioden registrerades 21 urspårningar i tunnelbanan, samtliga inträffade i mycket låg fart och merparten var med spårgående arbetsfordon nattetid. Det har även hänt att tunnelbanetåg har spårat ur i samband med växling på depåer. Detta har då skett i mycket låg hastighet (5 km/tim).

Utmed planområdet gäller följande förutsättningar som ytterligare minskar sannolikheten för urspårning:

- urspårningsräler på delar av sträckan
- banan består av dubbelspår
- banan är försedd med ATP-system (se ovan)
- förekomst av urspårningsräler utmed delar av planområdet

³ Information från Hans Höwits, säkerhetsstrateg, Region Stockholm, Trafikförvaltningen, 2019-09-06

För att avgöra omfattningen av påverkan på personsäkerheten inom planområdet så utförs frekvensberäkningar avseende urspårning och sannolikheten att ett urspårat tåg kolliderar med ny bebyggelse. Dessa beräkningar baseras på en modell som utgår från urspårning på järnväg.

Tågvikten för tunnelbanetåg är dock lägre än för gods- och persontåg som trafikerar järnväg. Ett urspårat tunnelbanetåg bedöms därför inte hamna lika långt från spåret samt medföra mindre påverkan vid en eventuell kollision än för motsvarande händelse på järnväg.

Beräkningarna utförs utifrån metodik som redovisas i Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone⁴.

1. Frekvensen för urspårning i anslutning till bebyggelsen (F₁) beräknas med följande ekvation:

$$F_1 = e_r \times d \times Z_d \times 365 \times 10^{-3}$$

där

e_r = urspårningsfrekvens per tågkm för persontåg ($0,25 \cdot 10^{-8}$ / tågkm)

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

Z_d = antal tåg per dygn

Planområdet ligger nära Blackeberg station vilket innebär att hastigheten kommer att ligga under 70 km/h på den aktuella sträckan. Maximalt värde på d blir 61,3 meter (vid 70 km/h).

Utifrån statistik från Trafikanalys över bantrafikskador⁵ respektive bantrafik⁶ under åren 2009-2018 så görs en grov bedömning av urspårningsfrekvensen för tunnelbanan (se tabell 1)

Tabell 1. Uppskattning av urspårningsfrekvens i tunnelbanan utifrån svensk statistik.

Antal urspårningar i snitt under perioden 2009-2018	0,6 urspårningar/år
Antal tågkm 2017	13 111 000
Uppskattad urspårningsfrekvens	$4,6 \cdot 10^{-8}$ urspårningar/tågkm

Trafiken på det bortre spåret inkluderas inte i beräkningarna då avståndet, befintlig perrong samt brokonstruktion innebär hinder för ett tåg på det bortre spåret att nå planområdet vid en urspårning.

2. Sannolikheten att urspårat tåg kolliderar med byggnad (P₂) beräknas med nedanstående ekvation. Sannolikheten är beroende av avståndet mellan järnvägsspår och byggnad och avtar med ett ökat avstånd. Ekvationen avser dubbelspår.

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

där

⁴ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002

⁵ Bantrafikskador 2018 (Statistikrapport 2019:16), Trafikanalys

⁶ Bantrafik 2018 (Statistikrapport 2018:17), Trafikanalys

d = se ovan

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

a = vinkelrätt avstånd (m) mellan spårmitte och byggnad

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

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

Med en maximal hastighet på 70 km/h, blir b = 10,3 meter.

Eftersom planområdet ligger på en lägre höjd än spårområdet räknas avståndet a mellan spårmitte och banvallens kant. Avståndet mellan spår och banvallens kant är ca 2,5 meter. För de urspårningsscenarier där vagnen hamnar inom 2,5 meter från spåret gäller alltså ekvationerna ovan. Med a = 2,5 och övriga värden enligt ovan så blir $P_2 \approx 13\%$, d.v.s. i ca 87 % av fallen kommer vagnen att stanna uppe på vallen.

I tabell 2 redovisas urspårningsfrekvens (F_1) samt sannolikhet (P_2) och frekvens (F_2) för att en urspårad vagn kolliderar med byggnad. Samtliga dessa faktorer är enligt ovan beroende av tågets hastighet vid urspårningstillfället.

Tabell 2. Beräknad frekvens för att urspårad vagn kolliderar med byggnad vid hastigheten 70 km/h.

a (meter)	c	P_2	Frekvens kollision ($F_1 \times P_2$)
0	61	50,0%	9,5E-05
1	55	36,9%	7,0E-05
2	49	26,2%	5,0E-05
3	43	17,9%	3,4E-05
4	38	11,5%	2,2E-05
5	32	6,9%	1,3E-05
6	26	3,7%	7,1E-06
7	20	1,7%	3,2E-06
8	14	0,6%	1,1E-06
9	8	0,1%	2,1E-07
10	2	0,002%	3,6E-09
11	0	0,0%	0,0E+00
12	0	0,0%	0,0E+00
13	0	0,0%	0,0E+00
14	0	0,0%	0,0E+00
15	0	0,0%	0,0E+00

Enligt tabell 2 är det potentiella konsekvensområdet vid en urspårning beroende av vagnens hastighet vid urspårningsögonblicket. Vid maximal hastighet 70 km/h kan urspårningen leda till konsekvenser inom maximalt 10,3 meter från spåret. Sannolikheten för att vagnen hamnar så långt från spåret är dock mycket låg, 1 olycka på 280 miljoner år. Skadeavståndet minskar kraftigt med en minskad hastighet. Det kortaste avstånd mellan byggnad inom planområdet och närmaste spår är 13,5 meter.

Ovanstående värden är beräknade under förutsättning att hastigheten är 70 km/h. Ju lägre hastigheten är ju högre är sannolikheten för att en urspårad vagn stannar på banvallen.

Eftersom planområdet ligger nära en station bedöms hastigheten vara lägre än 70 km/h. Vid beräkning av det maximala vinkelräta avståndet från spåret som en vagn kan hamna kan avståndet bli följande vid olika hastigheter:

- a) 10,3 meter vid 70 km/h,
- b) 8,6 meter vid 50 km/h och
- c) 6,5 meter vid 30 km/h.

Konsekvens

Enligt ovan kan en vagn hamna ca 10,3 meter från spåret vid hastigheten 70 km/tim, vilket understiger avståndet mellan spår och närmaste byggnadsdel. Beräkningsmodellen är baserad på tåg och inte motsvarande tunnelbanevagnar vilket innebär att ett kortare avstånd är troligt för tunnelbanan eftersom de vagnarna är lättare. Enligt statistik från Region Stockholm, Trafikförvaltningen, så har dessutom ingen urspårning skett där tåget har lämnat spåret under de snart 70 år som tunnelbanan varit i drift. Sannolikheten för att ett tunnelbanetåg hamnar så långt utanför spårområdet att kollision med byggnad uppstår bedöms vara extremt låg utifrån tidigare inträffade urspårningar och det aktuella avståndet.

Om ett urspårat tåg kör in i byggnader nära spåret bedöms främst lokala byggnadsskador kunna uppstå. Eftersom hastigheten vid urspårningstillfället sannolikt är låg (hastighet som är lägre än maxhastighet samt att de tågdelar som inte spårar ur initialt "håller emot" den urspårade delen) bedöms kraften som tåget i sådant fall kör in i byggnaden med vara begränsad. På den del av sträckan där byggnaden angränsar till tunnelbanan på ett avstånd av 13,5 meter finns också urspårningsräler som kan fånga upp tåget vid en eventuell urspårning. Där urspårningsräler saknas är avståndet 16-17 meter eller mer från mellan byggnad och spår. Person- eller byggnadsskadorna bedöms därmed bli begränsade. Om bärande byggnadsdelar träffas av det urspårade tåget kan delar av byggnaden i värsta fall rasa. Sannolikheten för detta är dock mycket låg. Det är mer troligt att lokala byggnadsskador uppstår om ett tåg kör in i byggnaden.

Ekvation för beräkning av **Sannolikheten att byggnad kollapsar till följd av kollision** förutsätter att en urspårning endast riskerar att leda till byggnadskollaps om tåget har en hastighet som överstiger 60 km/h vid urspårningstillfället⁴. Ekvationen är baserad på järnvägsvagnar med avseende på vikt m.m. och bedöms inte vara direkt applicerbar på tunnelbana (lättare fordon). Troligtvis skulle det krävas en ännu högre hastighet för byggnadskollaps vid urspårning av en tunnelbanevagn. Med hänsyn till vagnens vikt bedöms dock kollisionskraften vara så stor att lokala byggnadsskador kan inträffa inom det maximala skadeavståndet (b). För riskberäkningarna bedöms det därför vara tillräckligt att beräkna sannolikheten att en vagn kolliderar med byggnad enligt metodiken ovan. Bedömningen utifrån ovanstående är att eventuella konsekvenser inom planområdet till följd av en urspårningsolycka blir små. Någon betydande risk för att byggnader eller personer ska träffas och skadas av ett urspårat tåg bedöms inte föreligga.

Riskbedömning

Med hänsyn till den extremt låga sannolikheten och de begränsade konsekvenserna bedöms den sammanvägda risken för personer inom planområdet som förknippas med urspårning på tunnelbanespåren vara mycket låg. Urspårningsrälen som finns idag utmed delar av den aktuella fastigheten bedöms innebära ett tillräckligt skydd utifrån det planförslag som har studerats. Några ytterligare riskreducerande åtgärder med hänsyn till scenariot urspårning bedöms utifrån riskutredningen inte vara nödvändiga.

Tågbrand

Allmänt

Avståndet mellan planerad ny bebyggelse och tunnelbanan är som minst 13,5 meter. Det innebär att en tågbrand på spåret eventuellt kan påverka personsäkerheten inom området.

En tågbrand innebär hög värmestrålning som kan leda till antändning av brännbart material inne i byggnader nära spåret, vilket kan leda till personskador och vidare brandspridning.

Om vinden ligger på mot fel håll kan även brandgaser spridas in i byggnader närmast spåret.

Frekvens

Sannolikheten för en tågbrand på den aktuella sträckan bedöms vara låg. Det rör sig dessutom om en mycket begränsad sträcka (cirka 12 meter), där ett brinnande tåg ska stå för att planerad bebyggelse ska riskera att påverkas. Den begränsade sträckan på 12 meter beror på att resterande del av byggnad ligger på 16-17 meters avstånd eller mer. Riktlinjerna vid brand i tåg är vidare att köra till närmaste station och där utrymma tåget.

Med hänsyn till resenärernas säkerhet så följer utformningen av tunnelbanevagnar strikta regler för att reducera risken för omfattande bränder. Reglerna omfattar brandskyddskrav som syftar till att förhindra både antändning och brandspridning i vagnen. Detta innebär att sannolikheten för en fullt utvecklad brand bedöms som mycket låg.

Det saknas samlad statistik över bränder i tunnelbanan i Stockholm. Frekvensen för brand uppskattas därför grovt utifrån statistik för brand i järnvägsfordon. Enligt statistik från Trafikverket under åren 1997-2006⁷ avseende olyckskvoten för tågbrand respektive urspårning så bedöms olyckskvoten för tågbrand vara i genomsnitt ca 90 % av olyckskvoten för urspårning. Enligt tidigare antaganden för urspårning skulle detta innebära en frekvens för brand i tåg på ca $4,1 \cdot 10^{-8}$ per tågkm.

För en 1 km lång sträcka av tunnelbanans gröna linje vid Blackeberg skulle detta innebära $2,8 \cdot 10^{-3}$ tågbränder per år.

Det är dock en mycket begränsad andel av bränderna som blir så omfattande att de påverkar kringliggande områden. Statistiken⁷ bygger på alla anmälda tågbränder, vilket även inkluderar rökutveckling. Givet "brand" enligt dessa förutsättningar bedöms sannolikheten för en utvecklad brand som sprids inom vagnen vara låg. Sannolikheten för att förhållandena är sådana att branden leder till en fullt utvecklad brand som motsvarar det dimensionerande brandscenariot enligt ovan bedöms vara mycket låg, uppskattningsvis < 5 % av alla bränder i tunnelbanevagn.

För en 1 km lång sträcka av tunnelbanans gröna linje vid Blackeberg så uppskattas frekvensen för en fullt utvecklad brand i tunnelbanevagn konservativt till $1,4 \cdot 10^{-4}$ per år.

Konsekvens

För att kritisk värmestrålning ska uppnås inom det studerade området krävs en relativt omfattande tågbrand. De mest troliga brandscenarierna består av små bränder som har begränsad påverkan på omgivningen.

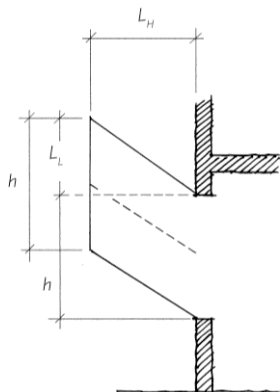
Brandskyddslaget har tidigare tagit fram en rapport kring dimensionerande brandeffektkurvor för både tågtyp C20 och C30 som underlag för brandsäkerhetsvärderingar av tunnlar. I denna redovisas att tändkällor i form av elfel, brand i vanligare typer av bagage eller mindre anlagda bränder inte kommer att vidareutvecklas i C20 eller C30. Mycket stora bagage samt anlagda bränder med brännbar vätska i passagerarutrymmet kan resultera i en brandeffekt på upp till 2 MW i startföremålets närområde. I ett extremfall med stor tändkälla i passagerarutrymmet, stor mängd kvarlämnat bagage och öppen dörr till förarhytten så kan branden i C20 resultera i en maximal brandeffekt på 15 MW. Motsvarande för C30 är 10 MW.

Konsekvenserna av en tågbrand med dimensionerande brandeffekt på 15 MW kan beräknas enligt nedanstående metodik vilket innebär en beräkning av den infallande strålningen mot kringliggande områden. Utifrån detta kan en bedömning göras avseende påverkan på bebyggelse och personer.

⁷ Statistik över olyckor på statens spåranläggningar år 2006, Banverket 2006

Flamstorlek

Samtliga fönster i tåget antas gå sönder till följd av branden varför flammor ut genom fönstret har beräknats med formel för fönsterflamma (drag) enligt figur 7 nedan.



Figur 7. Flamma ut genom fönster vid drag.

Nedanstående formler har använts i beräkningarna⁸:

Flamhöjd (m):
$$L_L = 1,366 \times \left(\frac{1}{u}\right)^{0,43} \times \left(\frac{\dot{Q}}{\sqrt{A_v}}\right) - h$$

Flammans horisontella projektion (m):
$$L_H = 0,605 \times \left(\frac{u^2}{h}\right)^{0,22} \times (L_L + h)$$

Flammans bredd (m):
$$w_f = w + 0,4 \times L_H$$

där

\dot{Q} = utvecklad effekt (MW), max 15 MW enligt ovan.

u = vindhastighet (m/s), antas till 1 m/s, vilket ger en konservativ flamhöjd

A_v = Tågets totala fönsteröppningsarea (m²), uppskattningsvis sammanlagt 15 m² för en vagn (en sida).

h = fönstrets höjd (m), ca 1 m

w = fönstrets bredd (m), ca 1 m per fönster, sammanlagt ca 15 m per spårvagnssida

Med ovanstående förutsättningar så erhålls följande värden:

$L_L = 4,3 \text{ m}$ mätt från undersida fönster blir höjden på den totala strålände ytan ca 5 m.

$L_H = 3,2 \text{ m}$

$w_f = 2,3 \text{ m}$ per fönster, totalt per vagnssida blir $w_f = 16,3 \text{ m}$

Flamtemperatur

Medelflamtemperaturen T_f antas vara 800°C (1073 K). Detta utgår från uppmätta temperaturer vid fullskaleförsök. Bakgrundsstrålning från tåget har också beaktats.

⁸ Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005

Värmestrålning

Den utfallande värmestrålningen, E , (kW/m^2) är beroende av flamtemperatur och den brinnande massans emissionstal. Emissionstalet, det vill säga materialets förmåga att avge värmeenergi, är beroende av materialets temperatur och egenskaper, särskilt vid ytan.

Värmestrålningen beräknas enligt följande ekvation:

$$E = \varepsilon \times \sigma \times T_F^4 \quad \text{där:}$$

ε = Emissionstal [-], ansätts konservativt till 1,0

σ = Stefan-Boltzmanns konstant = $5.67 \times 10^{-11} \text{ kW/m}^2\text{K}^4$

T_f = Flammans temperatur [K], 1073 K enligt ovan.

Med ovanstående förutsättningar så erhålls följande värde:

$$E = 75 \text{ kW/m}^2$$

Den infallande strålningen, E_p utgår från flammans emitterade strålning samt synfaktorn och beräknas genom:

$$E_p = F \times E \quad \text{där}$$

F = Synfaktorn (-), som anger hur stor andel av den emitterade strålningen som når den mottagande punkten eller ytan (se figur 8).

Vid beräkningen av synfaktorn antas att branden är rektangulär så att flammans diameter är lika stor i toppen som i botten. Detta är ett konservativt antagande då flaman i själva verket normalt smalnar av väsentligt upptill. Synfaktorn mellan flaman och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt:

$$F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$$

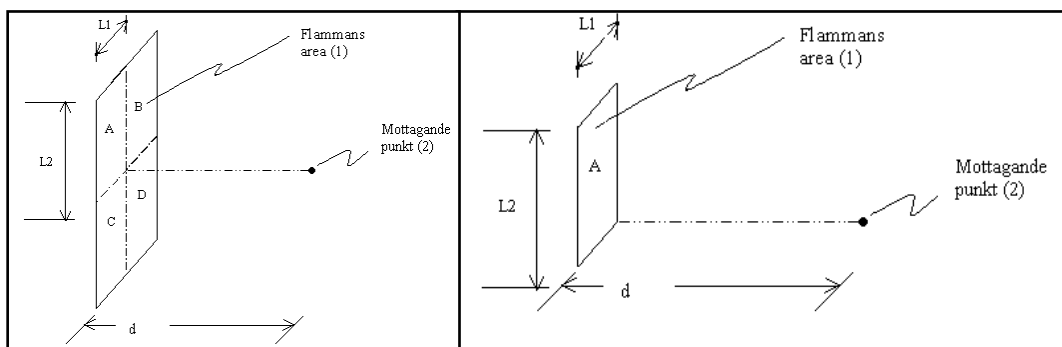
där $F_{A1,2}$ beräknas enligt följande ekvation:

$$F_{A1,2} = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right)$$

där:

$$X = \frac{L_1}{d} \quad \text{och} \quad Y = \frac{L_2}{d} \quad \text{enligt figur 8.}$$

$F_{B1,2}$, $F_{C1,2}$ och $F_{D1,2}$ beräknas på samma sätt för dess mått.



Figur 8. Synfaktor

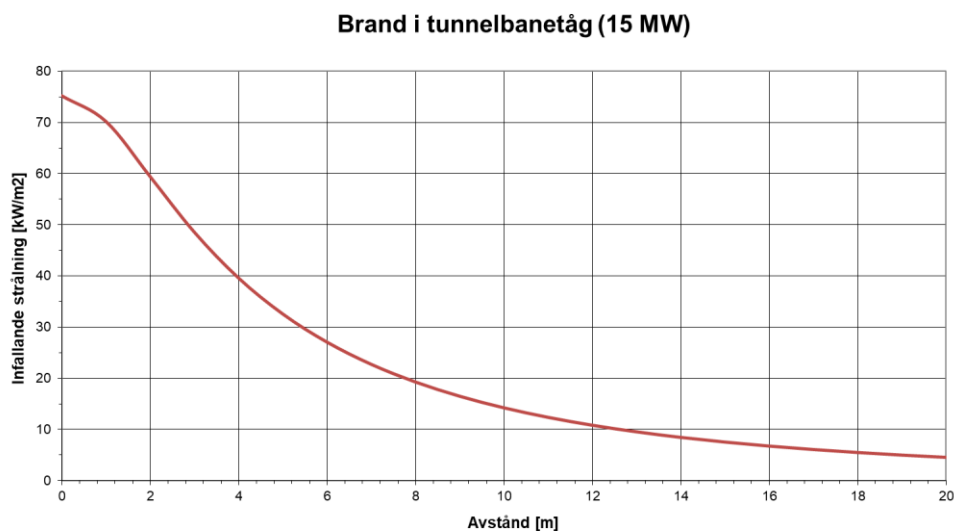
Bedömningskriterier

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

En person som befinner sig oskyddad utomhus och upptäcker en större brand försöker med stor sannolikhet sätta sig i säkerhet. Tiden för varseblivning samt beslut och reaktion innebär dock att personen kan utsättas för värmestrålning under en kortare stund innan hen reagerar. Det krävs en mycket hög strålningsnivå ($> 40 \text{ kW/m}^2$) för att skadorna ska bli så akuta att personen inte har någon möjlighet att ens försöka sätta sig i säkerhet. Outhärdlig smärta uppnås redan vid 20 kW/m^2 vid kortvarig bestrålning. För att denna strålningsnivå ska leda till omfattande brännskador (2:a graden) så krävs dock längre varaktighet. Vid strålning under 10 kW/m^2 bedöms sannolikheten för personskador vara mycket låg.⁹

För att branden ska spridas till intilliggande bebyggelse krävs ett långvarigt brandförlopp med en relativt hög infallande värmestrålning mot byggnaderna. Kritisk strålningsnivå för brandspridning till byggnader ansätts enligt riktlinjer från Boverket¹⁰ till 15 kW/m^2 om inga byggnadstekniska åtgärder beaktas.

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur 9.



Figur 9. Infallande strålning som funktion av avståndet från brand i tunnelbanetåg (15 MW).

Skadeområdet vid brand i ett tunnelbanetåg är begränsat, högst ca 10 meter utifrån genomförda beräkningar (se figur 9).

Riskbedömning

Med hänsyn till den låga sannolikheten för olycka samt den bedömt begränsade påverkan bedöms den sammanvägda risknivån med hänsyn till risken för tågbrand vara låg. Minsta avstånd mellan spår och byggnad är 13,5 meter. Risken för att en tågbrand ska påverka planerad byggnad är liten med hänsyn till att avståndet överstiger 10 meter som enligt figur 9 innebär att förväntad strålningsnivå kommer att understiga 15 kW/m^2 .

⁹ Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – metoder för bedömning av risker, FOA, September 1997

¹⁰ BBRAD 3 – Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BFS 2013:12; Boverket 2013

Suicid/olovligt spårbeträdande

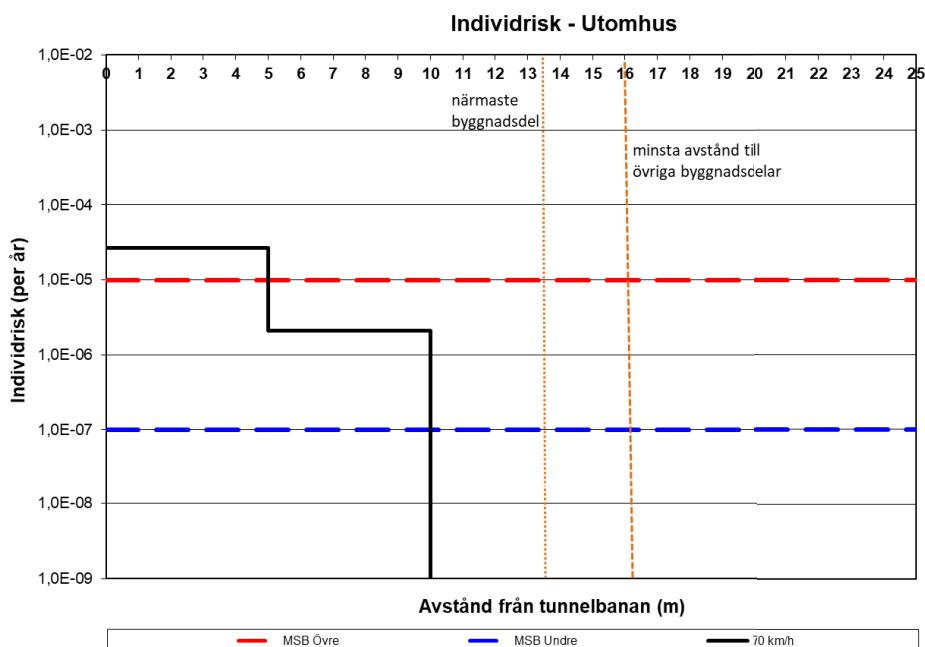
I och med att planförslaget innebär att antalet personrörelser nära tunnelbanespåren ökar finns också en ökad risk för att personer olovligen kommer vistas inom spårområdet. Under perioden 2015-2019 inträffade 84 personpåkörningar inom järnväg och tunnelbana¹¹. Enligt samma rapport sker i snitt 8,8 dödsfall per år inom tunnelbanan till följd av personpåkörning. Personpåkörning kan ske till följd av hopp/fall från broar eller plattformar ner på spår eller på grund av olovligt spårbeträdande.

Det aktuella planområdet ligger i anslutning till en station där hastigheten är lägre än ute på banan. En grov bedömning är att aktuellt planförslag inte i sig medför en ökad risk för suicid på den aktuella platsen. Risken för olovligt spårbeträdande kan dock öka i samband med exploateringen. Idag finns ett personstängsel utmed banan vilket förhindrar mindre barn och djur att ta sig in på spårområdet. För äldre barn och vuxna är det möjligt att ta sig över stängslet. För att minska risken för människor att ta sig in på spårområdet kan befintligt stängsel ersättas med ett suicidstängsel. Sådana stängsel är högre, har en tät struktur så att de inte är klättringsbara samt är försedda med t.ex. piggar på toppen.

Utmed tunnelbanan är denna typ av stängsel inte så vanligt och det är knappast rimligt att utmed just detta planområde vidta ökad skyddsåtgärder då det ger mycket begränsad effekt.

Individrisk

Utifrån beräknad frekvens och skadeområden för urspårning och tågbrand (se tidigare avsnitt) har individrisk beräknats. Denna redovisas i figur 10. Den beräknade risknivån jämförs med de acceptanskriterier för risk som normalt används i samhällsplaneringen och som baseras på underlag i rapporten *Värdering av risk*¹². **Kriterierna är framtagna med hänsyn till olycka vid transporter med farligt gods och bör användas med försiktighet för andra risker.** I beräkningarna har hänsyn tagits till risken för kollision med byggnad (se beräkningar under urspårning).



Figur 10. Individrisk för oskyddade personer utmed tunnelbanans gröna linje vid Blackeberg.

¹¹ Suicid i transportsystemet, förstudie, Trafikverket, Karolinska institutet, Region Stockholm, Rapport 2020:01, 2020

¹² Värdering av risk, Statens Räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997

Den beräknade risknivån visar på en oacceptabel risk jämfört med redovisade acceptanskriterier för avstånd upp till ca 5 meter från spåret. På avstånd mellan 5 och 10 meter ligger risknivån inom ALARP. För större avstånd är risknivån acceptabel. Detta beror på att påverkan från både urspårning vid maximal hastighet (70 km/h) samt tågbrand enligt beräkningarna inte har någon effekt på större avstånd.

Den aktuella höjdskillnaden på ca 1,6 meter där byggnaden ligger som närmast spåret bedöms vara hanterad med använd beräkningsmetodik då spårområdet normalt har en förhöjning jämfört med omgivningen och statistiken som använts som underlag till beräkningarna därför inkluderar denna höjdskillnad för urspårningar som hamnar utanför spårområdet.

Slutsats

Genomförd utredning visar att den enda riskkällan som identifierats i områdets närhet är tunnelbanans gröna linje. Tunnelbanan utgör främst en risk genom att ett tåg kan spåra ur eller börja brinna. Ingen urspårning där tåg har hamnat utanför spårområdet har enligt uppgift från Region Stockholm, Trafikförvaltningen³ skett under tunnelbanans hela drifttid.

Utredningen avseende urspårning visar att scenariot har en mycket liten påverkan på personsäkerheten inom planområdet. Sannolikheten för urspårning är låg liksom sannolikheten för att en urspårad vagn hamnar utanför spårområdet (<15 %). Dessutom finns det urspårningsräler på delar av sträckan vilket bedöms minska sannolikheten för att en vagn hamnar utanför spårområdet ytterligare. Om ett urspårat tåg ändå når byggnaden närmast blir skadorna sannolikt begränsade och endast lokala.

När det gäller brand bedöms sannolikheten för tågbrand vara låg och avståndet mellan spår och planerad ny bebyggelse bedöms vara tillräckligt stort för att inte vidare brandspridning ska kunna ske in i byggnaden.

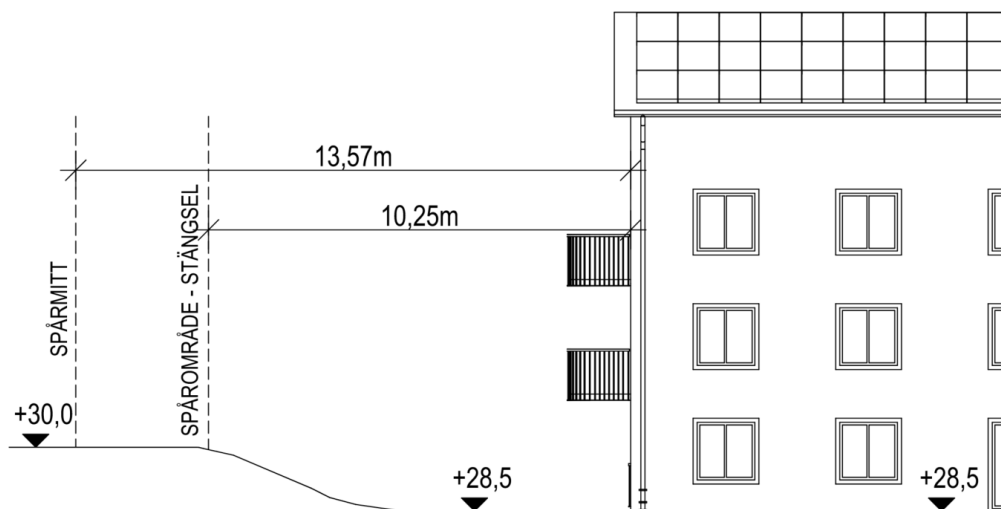
Svar på granskningsyttrande

Detta avsnitt syftar till att svara på de synpunkter som Storstockholms brandförsvär (SSBF) har lämnat på genomförd riskanalys i samband med granskning av detaljplanen (SSBF, Dnr 305-1109/2020, 2023-06-19) samt de kommentarer de lämnat på "Utlåtande risk Lappmannen 4, 2023-10-03".

Svar på yttrande

När det gäller brand i tåg har den tidigare åtgärden avseende ett avskärmande plank tagits bort. Detta eftersom avståndet till den närmaste byggnadsdelen har ökat från 8 till 13,5 meter. På 13,5 meters avstånd föreligger enligt genomförda beräkningar ingen risk för vidare brandspridning in i den planerade byggnaden. Åtgärder avseende brand anses därmed inte vara nödvändiga. Sannolikheten för att ett brinnande tåg blir stående i höjd med planområdet istället för att köra vidare in till den närliggande stationen är dessutom mycket låg.

När det gäller urspårning är sannolikheten för att ett tunnelbanetåg spårar ur och hamnar utanför spåret mycket låg. Statistik visar att ingen sådan urspårning har skett sedan tunnelbanan invigdes i Stockholm. De flesta tåg som spårar ur stannar nära spåret eftersom de delar av tåget som inte spårat ur "håller emot" den urspårade delen. Kraften i det urspårade tåget är också, initialt, riktat längs med spåret och inte vinkelrätt mot (bort från) detta. För att höjdskillnaden ska ha någon effekt måste urspårade vagnsdelar hamna utanför spårområdet. Vid den byggnadsdel som ligger på 13,5 meters avstånd är höjdskillnaden ca 1,2-1,8 meter (se figur 5 samt 11). Detta motsvarar i stort den höjd som uppbyggnaden av spårområdet alltid omfattar. Effekten av spårrådets höjd är således inkluderad i den statistik avseende urspårning som använts och där tåget/vagnen hamnat utanför spårområdet eftersom den höjdskillnaden varit aktuell även i de fallen och att inträffade urspårningsavstånd därför påverkats av detta.



Figur 11. Sektion genom den byggnadsdel som ligger närmast tunnelbanespåret.

Om ett urspårat tåg kör in i byggnadsdel nära spåret bedöms främst lokala byggnadsskador kunna uppstå. Eftersom hastigheten vid urspårningstillfället sannolikt är låg (< 70 km/h samt att de tågdelar som inte spårar ur initialt "håller emot" den urspårade delen enligt ovan) bedöms kraften som tåget i sådant fall kör in i byggnaden med vara begränsad. Hastigheten uppskattas snarare ligga runt 30-40 km/h med hänsyn till närheten till stationen. Omfattande skada som delvis eller total kollaps bedöms vara en osannolik följd av en urspårning utifrån aktuella förhållanden.

Den metod som använts för att beräkna urspårningsavstånd är baserad på statistik från tåg som har en lite annan utformning samt större massa vilket kan påverka avståndet som tåget spårar ur. Metoden kan därför inte direkt tillämpas för tunnelbanetåg och bedöms ge konservativa värden, dvs. längre urspårningsavstånd än vad som kan förväntas. Metoden tillämpas dock generellt ändå i brist på annan mer anpassad metod. Vid maximal hastighet fås med metoden ett urspårningsavstånd på 10,3 meter. Detta är troligen högt räknat utifrån ovanstående resonemang samt att hastigheten sannolikt är lägre förbi planområdet än vad beräkningarna är utförda för. Värdet innebär ändå att det finns en marginal på nästan två meter till den närmaste delen av planerad byggnad och sex meter till den näst närmaste byggnadsdelen.

Utmed hela den byggnadsdel som ligger på 13,5 meters avstånd finns dessutom urspårningsräler. Dessa syftar till att förhindra att ett urspårat tåg lämnar spårområdet och har införts för resenärernas säkerhet med hänsyn till den intilliggande bron. Urspårningsräler används av Trafikverket som åtgärd för att förhindra skada på resenärer till följd av urspårning på broar samt i tunnlar. Trafikverket anser att åtgärden är tillräcklig för resenärers säkerhet. Den bör därför kunna anses vara tillräcklig även för omgivningens säkerhet.



Figur 12. Översyn över aktuellt planområde.

Sammanfattningsvis när det gäller urspårning så innebär den mycket låga sannolikheten för att ett urspårat tåg lämnar spårområdet, det aktuella avståndet samt förekomsten av urspårningsräler att risken för urspårning bedöms vara så låg att det inte är motiverat med ytterligare åtgärder.

Sammanfattning

Utifrån genomförd riskanalys görs bedömningen att risker kopplade till tunnelbanetrafiken utmed planområdet för Lappmannen 4 är små och kan accepteras. Bedömningen görs bland annat utifrån följande förutsättningar:

- Med hänsyn till risken för tågbrand är avståndet till planerad bebyggelse betryggande.
- Sannolikheten för att ett brinnande tåg stannar i höjd med planområdet istället för att köra till den närliggande stationen är dessutom mycket låg.
- Sannolikheten för att en urspårad tunnelbanevagn hamnar utanför spårområdet är mycket låg (har än så länge inte inträffat i Stockholms tunnelbana).

- Hastigheten förbi planområdet är låg eftersom avståndet till station är kort. Detta innebär ytterligare ökad sannolikhet för längre skadeavstånd.
- Höjdskillnaden bedöms ha en begränsad påverkan på risker kopplade till urspårning.
- Endast en liten del av den planerade byggnaden ligger nära spåret.