
Diarienummer: SBF 2023–02222
2025-11-28

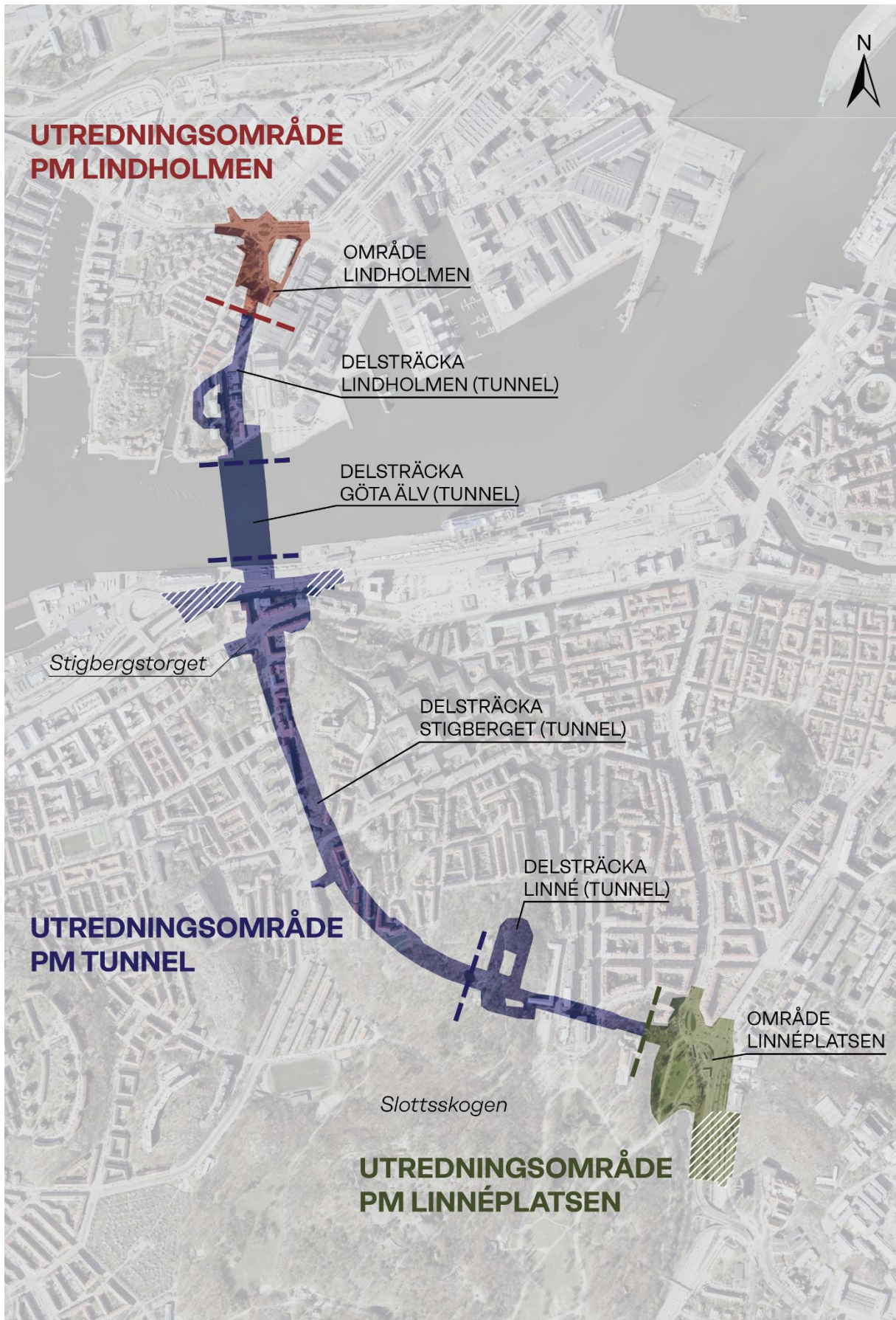
Detaljplan för spårväg mellan Lindholmen och Linnéplatsen inom stadsdelarna Lindholmen, Stigberget, Masthugget, Änggården, Olivedal och Annedal. "Lindholmsförbindelsen"

Försättsblad för Geoteknik

Göteborgs Stad planerar för ny spårvägsdragning mellan Lindholmen och Linnéplatsen, även kallad "Lindholmsförbindelsen".

Följande dokument har tagits fram som underlag kopplat till detaljplanen för att redogöra för geoteknik.

1. PM Geoteknik Detaljplan Lindholmen, 2025-11-28 (AFRY)
2. PM Geoteknik Detaljplan Tunnel, 2025-11-28 (AFRY)
3. PM Geoteknik Delområde Linné, 2025-11-28 (COWI)

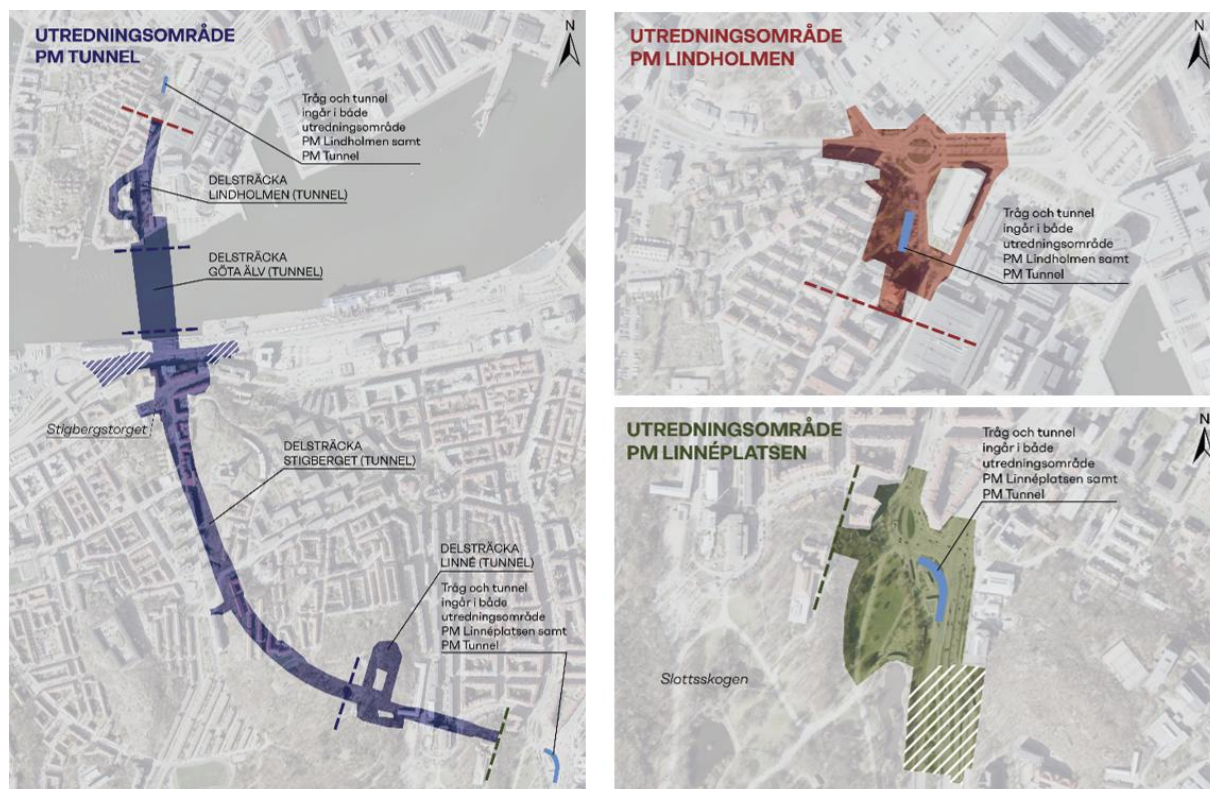


Figur 1. Översiktskarta över aktuellt planområde för Lindholmsförbindelsen.

Bakgrund

Göteborgs Stad arbetar med att ta fram en ny spårvägsdragning mellan Lindholmen och Linnéplatsen, även kallad Lindholmsförbindelsen. Inledningsvis delades spårvägsdragningen in i tre olika delområden tillika tre olika detaljplaneförslag, vilka tidigare omnämnts som; Detaljplan Lindholmen, Detaljplan Tunnel samt Detaljplan Linnéplatsen. Under processens gång har Göteborgs Stad valt att gå vidare med en gemensam detaljplan för hela Lindholmsförbindelsens sträckning, i stället för uppdelat i flera detaljplaner. Detta innebär att vissa framtagna dokument hänvisar till detaljplanenamn som inte längre är aktuella, utan ingår i den sammanhållna detaljplanen för sträckan.

De geotekniska förhållandena för Lindholmsförbindelsen beskrivs i tre separata rapporter och omfattar tre olika geografiska ytor längs med spårvägsdragningen, vilka baserats på dem tre tidigare detaljplanerna, se avgränsningen nedan. Inför kommande granskningsskede, kommer dessa rapporter slås ihop till ett och samma dokument så det tydligare framgår att det är underlag till aktuell detaljplan, som numera går under namnet Detaljplan för spårväg mellan Lindholmen och Linnéplatsen inom stadsdelarna Lindholmen, Stigberget, Masthugget, Änggården, Olivedal och Annedal, "Lindholmsförbindelsen".



Figur 2. Bilden redovisar de olika avgränsningarna för Detaljplan Tunnel (blå), Detaljplan Lindholmen (röd), samt Detaljplan Linnéplatsen (grön).

Geografiska kompletteringar till granskningskedet

För geoteknik kommer följande områden kompletteras till detaljplanens granskningsförslag:

- Ytor vid Oscarsleden, se blå skraffering i Figur 3.
- Ytor vid Fågeldammen/Linné, se grön skraffering i Figur 3.

Områdena har tillkommit så pass sent i processen att det inte finns beskrivet i underlagen som tagits fram för Linnéplatsen och Oscarsleden. Till granskningskedet kommer området beskrivas med samma detaljeringsnivå som övriga områden inom planområdet.



Figur 3. Bilden visar de tillkommande ytorna vid Oscarsleden (blått/skrafferat) samt vid Fågeldammen (grönt/skrafferat). Ytorna är inte skalenliga utan visar en ungefärlig avgränsning.



AFRY



Lindholmsförbindelsen

PM Geoteknik Detaljplan Lindholmen

Godkänd
Samråd
2025-11-28
Version: _



AFRY



Lindholmsförbindelsen
PM Geoteknik Detaljplan Lindholmen
2025-11-28
Version: _
Sida 1/22

Teknikansvarig, Teknikområde
S. Håkansson, Geoteknik
Organisation
ELU
Godkänd av
Peter Lundman
Projekt ID
D0038958
Datum
2025-11-28
Rev. datum

Version

—

Beställare
Stadsbyggnadsförvaltningen,
Göteborgs Stad



**Göteborgs
Stad**

Ärendenummer
SBF-2023-02222

Lindholmsförbindelsen

EXF-2023-00924-50G-025-0100-4001
PM Geoteknik Detaljplan Lindholmen

Framsidebild: Göteborgs Stad

ÅF-Infrastructure AB
Sweden

Telefon +46 10 505 00 00
Säte i Stockholm, Sweden
Organisationsnr. 556185-2103
Momsreg.nr. SE556185210301

afry.com





Sammanfattning

Förutsättningar

Lindholmen består av varierande stadsbebyggelse med en blandning av olika stadstyper på ömse sidor om Lindholmsallén. Markytan inom området kring Ceresgatan och Lindholmsallén ligger på nivån ca +2,3. Cirkulationsplats, parkering och Kunskapsgatan ligger på nivå ca +2,3. Gamla Lindholmen ligger på nivå +8,7 till +14,7.

Utförda undersökningar visar att bergets djup i den östra delen ligger på cirka 60–90 meter. Djupet minskar successivt västerut för att slutligen övergå till berg i dagen. Jorden består i detta område överst av asfalt eller mulljord som följs av ett fyllnadslager med varierande sammansättning och mäktighet. Denna underlagras av torrskorpelera ovan lera som i öster om Plejadgatan vilar på friktionsjord ovan berg. I väster om Plejadgatan, där berget stiger kraftigt, vilar leran direkt på berg. Portrycket i leran bedöms utifrån portycksmätningar ha en hydrostatisk fördelning som motsvarar en grundvattennivå ca 0,5 till 1 m under markytan, nivå ca +1,5.

Leran är normal till lätt överkonsoliderad. Leran är därför i huvudsak känslig för tilläggsbelastning, då dessa kan leda till ökade sättningar som kan pågå under lång tid. För arbeten som tillför belastning på leran ska sättningsutredning utföras. Leran uppvisar i de södra delarna av området hög sensitivitet, med indikationer på kvicklera.

Marken inom området och i anslutning för detaljplanen är relativt plan förutom i parkområdet, där finns det berg i dagen i slänterna och jorrdjupen är grunda. Det bedöms inte föreligga några risker med avseende på stabilitetsförhållanden inom och i anslutning till planområdet för befintliga förhållanden. För planerade förhållanden är stabiliteten tillfredsställande, men restriktioner för schakt och uppfyllnad krävs inom parkområdet.

Radonmätningar har inte utförts i området. Göteborgs Stads radonriskkarta visar på normalriskområde i det berörda området.

Det är ingen pågående erosion i området, därmed behövs inget erosionskydd eller underhåll av erosionskydd.

Konsekvenser

Detaljplanen är genomförbar. Hänsyn måste tas till sättning och stabilitetsförhållanden. För schaktarbeten närmre spårkonstruktion än 4,5m bör stödskonstruktion användas. För arbeten som innebär belastning på leran ska sättningsutredning genomföras. Vid risk för sättningar kan pågrundläggning eller användning av lättfyllning bli aktuellt.



Innehållsförteckning

1	Inledning.....	5
1.1	Lindholmsförbindelsen	5
1.2	Detaljplaner.....	5
1.3	Syfte med rapport.....	6
2	Underlag	7
3	Styrande dokument	7
4	Koordinatsystem	7
5	Befintlig bebyggelse.....	8
6	Planerad byggnation	9
6.1	Tråg	9
6.2	Skyfallsmagasin	9
6.3	Markförlagt spår.....	10
6.3.1	Kontaktledning	10
6.4	Landskap	10
6.5	Ledningar.....	13
7	Geoteknisk översikt	14
7.1	Topografi och ytbeskaffenhet.....	14
7.2	Jordlagerföljd.....	14
7.3	Materialegenskaper	15
7.4	Grundvatten- och portrycksförhållanden.....	16
8	Stabilitetsförhållanden	16
8.1	Stabilitet befintliga förhållanden.....	16
8.2	Stabilitet planerade förhållanden	16
8.2.1	Laster	17
8.2.2	Rekommenderad säkerhet.....	17
9	Sättningsförhållanden	18
10	Grundläggningsmetoder	19
10.1	Förutsättningar för byggnation och omgivningspåverkan	19
11	Radon	20
12	Erosionsförhållanden.....	20
13	Klimatanpassningsåtgärder.....	20
14	Riskanalys	21
15	Slutsats.....	22



1 Inledning

1.1 Lindholmsförbindelsen

Inom ramen för Sverigeförhandlingen planerar Göteborgs Stad för en ny fast förbindelse mellan Lindholmen och Linnéplatsen. Den så kallade Lindholmsförbindelsen utgör en del av det större projektet *Spårväg och Citybuss Brunnsbo–Linné via Lindholmen*. Projektet innefattar ny spårväg med stadsbanekvalitet i tre etapper: Brunnsbo–Hjalmar Brantingsplatsen, Frihamnen–Lindholmen samt aktuellt projekt Lindholmen–Linnéplatsen (Lindholmsförbindelsen). Stadsbanekvalitet innebär att spårvägen ska gå på egen bana med få korsningar i plan och relativt glest placerade hållplatser, vilket skapar förutsättningar för att hålla en hög hastighet och en förhållandevis hög turtäthet.

Lindholmsförbindelsens funktion och lokalisering har tagits fram genom Göteborgs Stads stadsutvecklingsarbete. Förbindelsen pekas ut i stadens gällande

översiktsplan liksom i det gemensamma kollektivtrafikprogrammet *Målbild Koll2035* som ett stråk för stadstrafikens stomnät. Lindholmsförbindelsen utgör en stor del av den planerade innerstadsringen som ska länka samman stadskärnan med övriga delar av innerstaden. Syftet med Lindholmsförbindelsen är att skapa en tvärlänk med goda resenärs kvaliteter som överbryggar de naturliga barriärerna Göta älv och Stigberget. På så sätt förs stadens delar närmare varandra, stomnätet i de centrala delarna av Göteborg avlastas och nya resvanor skapas.

Lindholmsförbindelsen innefattar en ny spårvägskoppling som huvudsakligen planeras att gå i tunnel, med hållplatser vid Stigbergstorget (under jord) och på Linnéplatsen (i markplan). För att projektera och planlägga Lindholmsförbindelsen har Göteborgs Stad anlitat två konsulter, AFRY och COWI, som ansvarar för olika delar av sträckan. AFRY ansvarar för delen mellan Lindholmen och Vegasvackan, strax väster om Jungmansgatan, medan COWI ansvarar för den avslutande delen från Vegasvackan till Linnéplatsen. Arbetet sker i nära samverkan mellan de båda konsulterna och staden.

1.1 Detaljplaner

Göteborgs Stad har valt att planlägga Lindholmsförbindelsen som en järnvägsplan, vilket innebär att projektet ska följa *Lag om byggande av järnväg (1995:1649)*.

Projektet innebär även en påverkan på områden utanför järnvägsplanens gränser och eftersom spårväg inte får byggas i strid mot gällande detaljplaner eller områdesbestämmelser pågår parallellt stadsbyggnadsförvaltningens planläggning av tre detaljplaner.

- Detaljplan för spårväg Lindholmen – Linnéplatsen, delområde tunnel inom stadsdelarna Lindholmen, Majorna, Slottsskogen, Olivedal
- Detaljplan för spårväg Lindholmen – Linnéplatsen, delområde Lindholmen inom stadsdelen Lindholmen
- Detaljplan för spårväg Lindholmen – Linnéplatsen, delområde Linnéplatsen inom stadsdelarna Annedal, Kommendantsängen, Olivedal, Slottsskogen och Änggården



1.2 Syfte med rapport

Denna rapport utgör underlag till detaljplan för spårväg Lindholmen – Linnéplatsen, delområde Lindholmen inom stadsdelen Lindholmen. Syftet med denna rapport är att redogöra för de geotekniska förutsättningarna inom det aktuella området för detaljplanen, se Figur 1.



Figur 1. Detaljplanområde

Geotekniska utredningen som gjorts inom området, 2022 – 2025, utgör ett underlag för arbetet med planeringskedet och beskriver hur markens förutsättningar påverkar planändamålet och vilka åtgärder som eventuellt ska ingå i planen.

Denna handling är ej framtagen som ett underlag för projektering.



2 Underlag

Underlag till föreliggande PM har varit följande handlingar:

- Markteknisk undersökningsrapport Lindholmen, Exploateringskontoret Göteborg, EXF-2023-00924-50G-531-0100-2001, daterad 2026-08-18.
- Markteknisk undersökningsrapport Hydrogeologi, Exploateringskontoret Göteborg, EXF-2023-00924-50H-025-0000-2001, daterad 2026-08-18.
- Projekterings PM Hydrogeologi, Exploateringskontoret Göteborg, EXF-2023-00924-50H-431-0000-2001, daterad 2026-08-18.
- Förundersökningsrapport Bergteknik, Exploateringskontoret Göteborg, EXF-2023-00924-17-025-0000-2008, daterad 2026-08-18.
- MUR (Markteknisk undersökningsrapport) /Geoteknik Göteborgs stadslinbana – Station Lindholmen, 2-SL0-15-531-0001, 2019-09-20.
- Projekterings-PM/Geoteknik Göteborgs stadslinbana – Station Lindholmen, Trafikkontoret Göteborg, 2-SLo-15-531-0002, 2019-09-20.

3 Styrande dokument

Denna rapport ansluter till TRVINFRA samt SS-EN-1997-1:2005 med tillhörande nationell bilaga.

4 Koordinatsystem

Gällande koordinatsystem är Sweref 99 12 00 i plan. Samtliga nivåer i aktuellt PM är i höjdsystem RH2000 om ej annat anges.



5 Befintlig bebyggelse

Lindholmen består av varierande stadsbebyggelse med en blandning av olika stadstyper på ömse sidor om Lindholmsallén. Norr om Lindholmsallén ligger Karlastaden, ett blandstadsområde med bostäder och service kring skyskrapan Karlatornet. Karlastaden består av en blandning av bostäder, kontor, kultur och service. Grönstrukturen är sparsam och splittrad på grund av områdets historia som storskaligt verksamhetsområde.

Sydväst om Lindholmsallén finns småskalig bostadsbebyggelse, området kallas Gamla Lindholmen. Husen är byggda omkring förra sekelskiftet.

Lindholmen Science Park präglas av höga, glas- och stålbyggnader. Området hyser kontor, undervisning och kultur och fungerar som ett centrum för forskning och utbildning, med närvaro av Chalmers tekniska högskola, Göteborgs universitet och IT-universitetet. Inom området ligger även Backateatern.

I Göteborg Stads översiktsplan benämns grönområdet längs med Plejadgatan på östra sidan som "Pulkabacken" och kategoriseras som befintlig bostadsnära park och natur. Parken innehåller flera högresta träd av varierande art, busk- och örtskikt samt synligt berg.

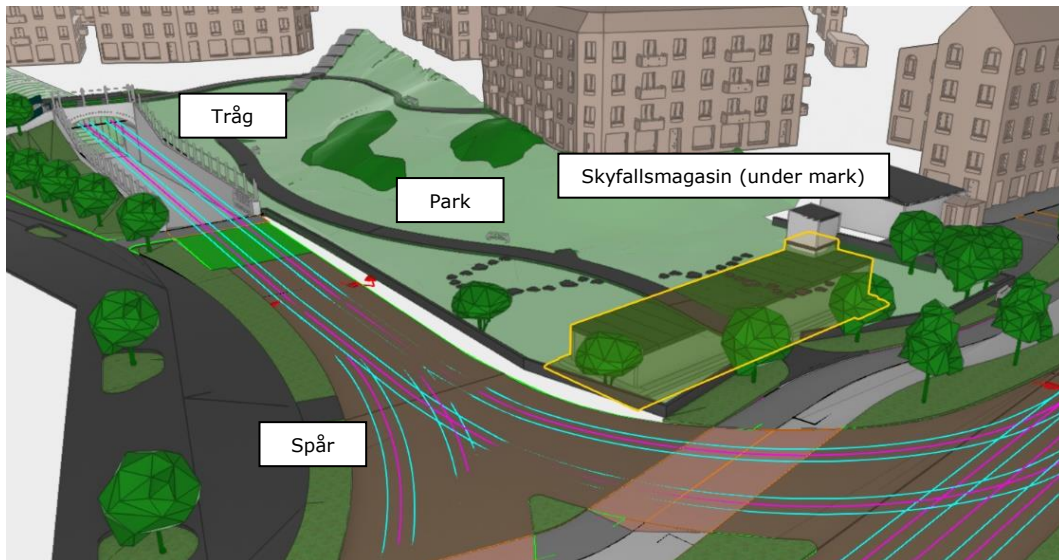


Figur 2. Översiktsbild befintliga konstruktioner (Lantmäteriet 2025).

I planområdet finns det en likriktarstation mellan grönområdet och Ceresgatan. Likriktarstationen är grundlagd på betongpålar slagna till berg. Innanför Lindholmsallén, Plejadgatan och Kunskapsgatan ligger ett parkeringshus som är grundlagt med kohesionspålar. De har pålar i betong och de yttersta är snedslagna utåt med en svag vinkel.

6 Planerad byggnation

De anläggningar som planeras inom projekt Lindholmsförbindelsen ligger i den norra delen av det undersökta området. *Figur 3* visar den planerade utformningen av området.



Figur 3. Bild från samordningsmodellen som visar planerade konstruktioner, områdets landskapsutformning och spåranläggning. Vyn är tagen från norr mot söder.

6.1 Tråg

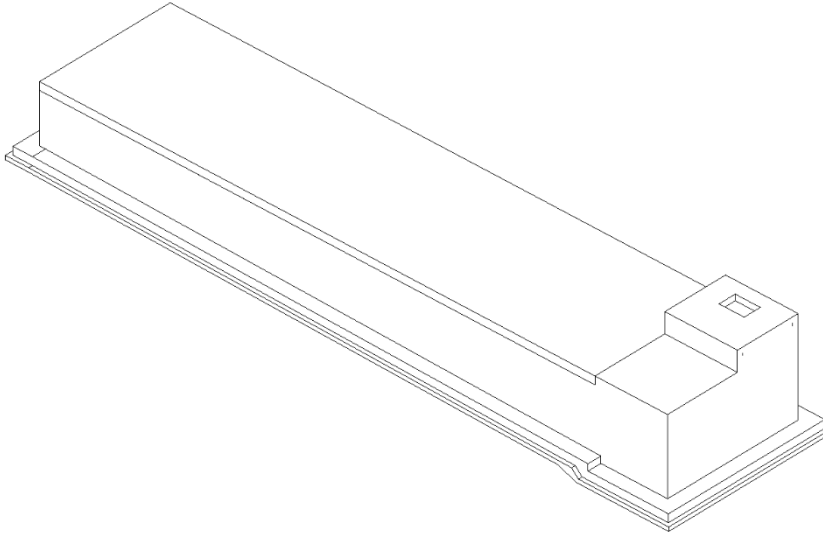
Den nya spårvägen längs Lindholmsallén svänger söderut intill Plejadgatan och leds ner i anslutande tråg och vidare in i tunnel. Tråget utförs som ett cirka 50 m långt öppet betongtråg som ansluts mot en kortare betongtunnel. Tråget har en varierande grundläggningsnivå från -2,14 till +0,2.

6.2 Skyfallsmagasin

I anslutning till tunnelinfarten på Lindholmen behövs ett fördröjningsmagasin för att vid skyfall undvika att stora vattenmassor rinner ner i tråget och vidare in i tunneln. Magasinet förläggs under parken som anläggs i anslutning till tråget, där parken fungerar som en fördröjningsyta. Stora delar av parkens yta utformas som en lågpunkt på nivån +2,050 m, varifrån vatten kommer att kunna rinna in i magasinet genom flera brunnar längs magasinets längd. Under bottenplattan förutsätts en cirka 300 mm tjock bädd av packad fyllning för att motverka barriäreffekten mot grundvattnet. Grundläggning av skyfallsmagasinet utförs med kompensationsgrundläggning eller pålar.



Skyfallsmagasinet är ca 35 m långt och 10 m brett, med en varierande grundläggningsnivå på -1,95 till -2,85 (se Figur 4). Vid schaktning för skyfallsmagasin kommer stödkonstruktion att behövas.



Figur 4. Utformning skyfallsmagasin

6.3 Markförlagt spår

Det markförlagda spåravnsspåret, som fortsätter efter tråget med riktning mot Lindholmsallén, anläggs på en betongplatta (spårplatta). Spårplattan läggs på en makadambädd på geotextil. Geotekniska förstärkningsåtgärder bedöms främst bli aktuella i anslutning till det pålade tråget men kan även bli aktuellt vid spårläge högre än dagens marknivå. En jämn styvhetsövergång mellan tråget och spåret behöver säkerställas, vilket kan lösas med länkplatta, MC-förstärkning eller bankpållning.

6.3.1 Kontaktledning

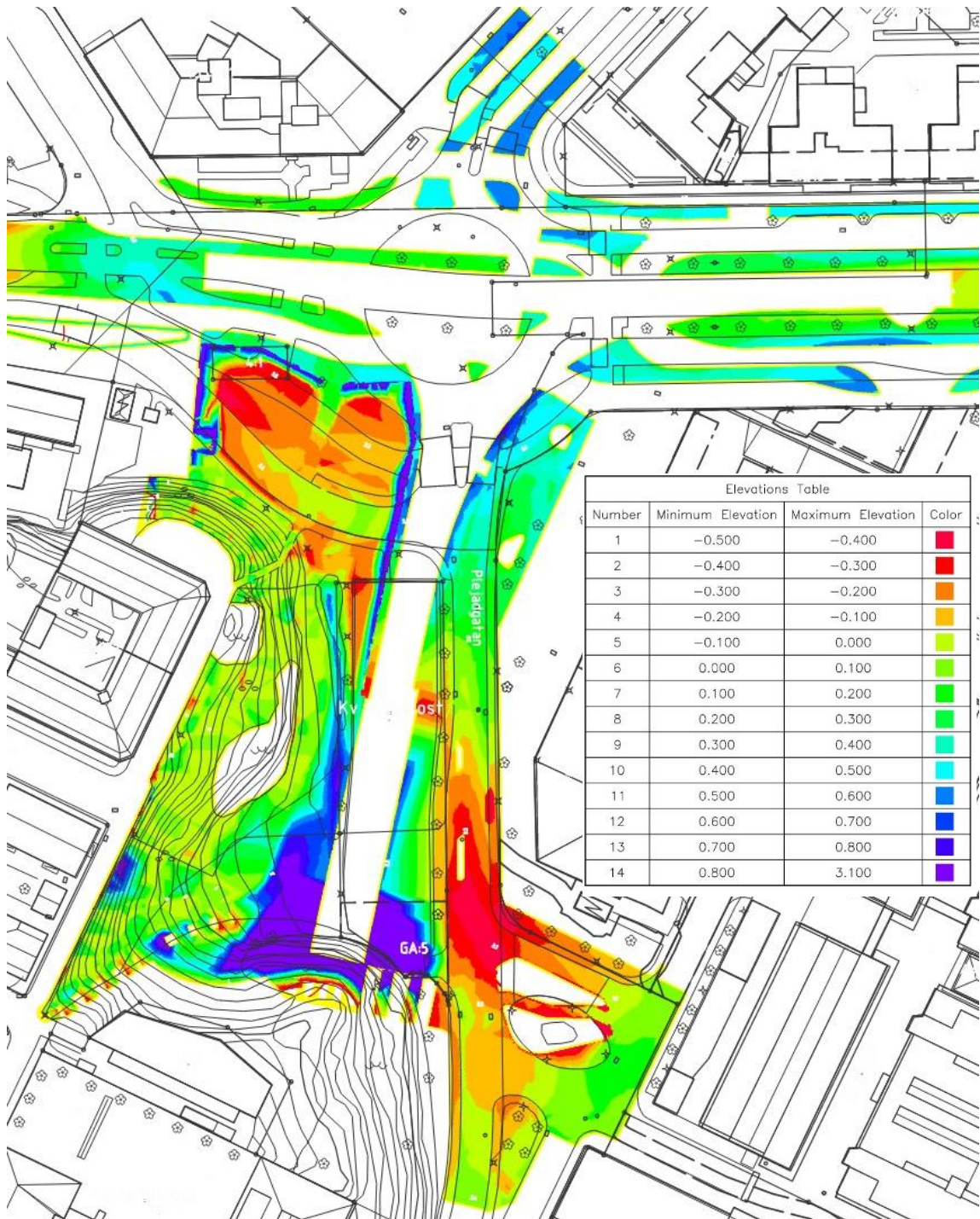
Kontaktledningar grundläggs med fundament med bred bottenplatta för att fördela lasterna och begränsa sättningar. Närmast tråget används ett pålat fundament för att minska risken för differenssättning mellan kontaktledning och spår.

6.4 Landskap

I anslutning till tråget och skyfallsmagasinet har landskapet utformats med gångstråk, gröna ytor och träd (se Figur 6). Parken i väst fungerar som en fördröjningsyta vid skyfall. Stora delar av parkens yta utformas som en lågpunkt på nivån +2,050 m, varifrån vatten kommer att kunna rinna vidare till skyfallsmagasinet i parkens norra del (se Figur 8 och Figur 9). Inom parkområdet fylls marken upp mot spåret.

Intill trågväggarna fylls marken upp med vattenförande material, i form av fyllning eller lättfyllning samt mulljord (se Figur 10 för att säkerställa att grundvattenströmningen inte hindras och att barriäreffekter i det övre grundvattenmagasinet inte uppstår.

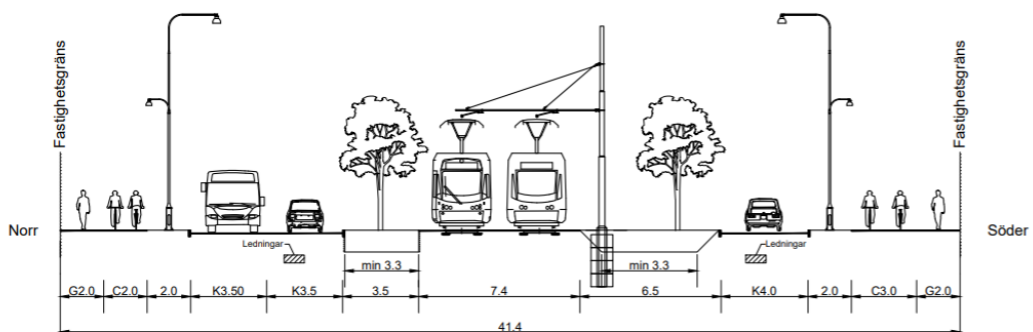
Pljadgatan sänks till ca nivå +2,0 medan Lindholmsallén ligger på nivå +2,3 till +2,7. Skillnaderan mellan befintliga och planerade marknivåer reovisas i Figur 5. För att se framtida utformning av tråg, park, spår och väg se Figur 6 till Figur 10.



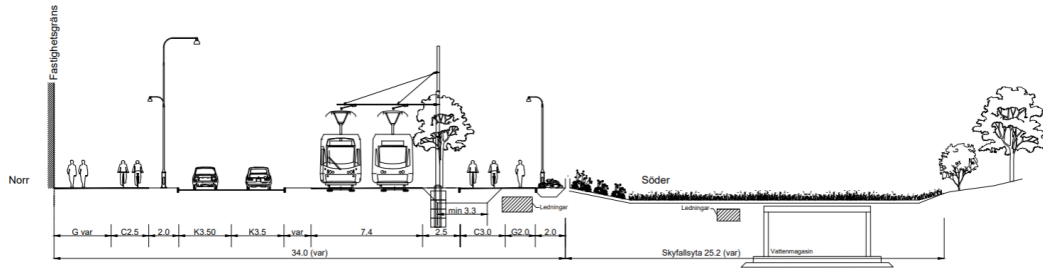
Figur 5. Skillnader mellan befintlig och projekterad marknivå i meter.



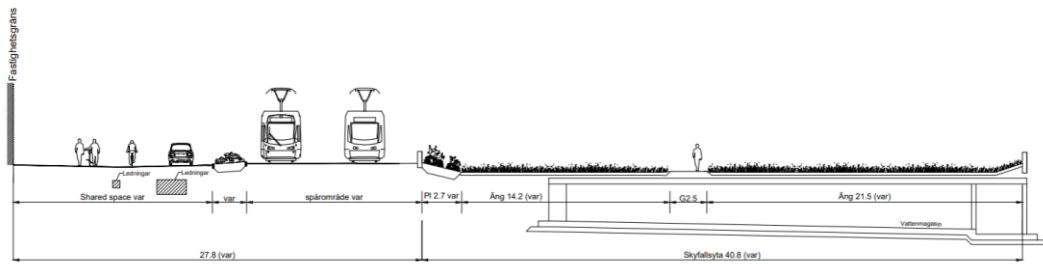
Figur 6. Illustrationsplan med sektioner (från Modellöversikt - Lindholmen daterad 2026-08-18).



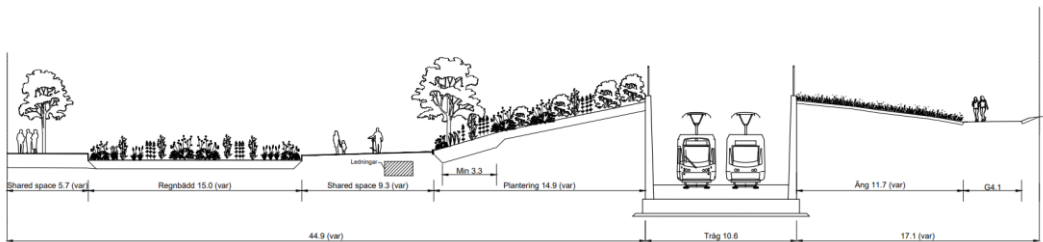
Figur 7. Sektion A från illustrationsplan, (från Modellöversikt - Lindholmen daterad 2026-08-18).



Figur 8. Sektion B från illustrationsplan, (från Modellöversikt - Lindholmen daterad 2026-08-18).



Figur 9. Sektion C från illustrationsplan, (från Modellöversikt - Lindholmen daterad 2026-08-18).



Figur 10. Sektion D från illustrationsplan, (från Modellöversikt - Lindholmen daterad 2026-08-18).

6.5 Ledningar

Det är flera befintliga ledningar som kommer behöva läggas om då de krockar med planerad ombyggnation i området. Ledningsomläggning sker genom schakt med slänt eller stödkonstruktion.



7 Geoteknisk översikt

7.1 Topografi och ytbeskaffenhet

Det berörda området avgränsas i norr av Karlastaden, i väst där Ceresgatan och Gjutaregatan möts och i öst av hållplats Göteborg Lindholmen som består av hårdgjorda ytor, parkeringsytor samt grönytor. Markytan inom området kring Ceresgatan och Lindholmsallén ligger på nivån ca +2,3.

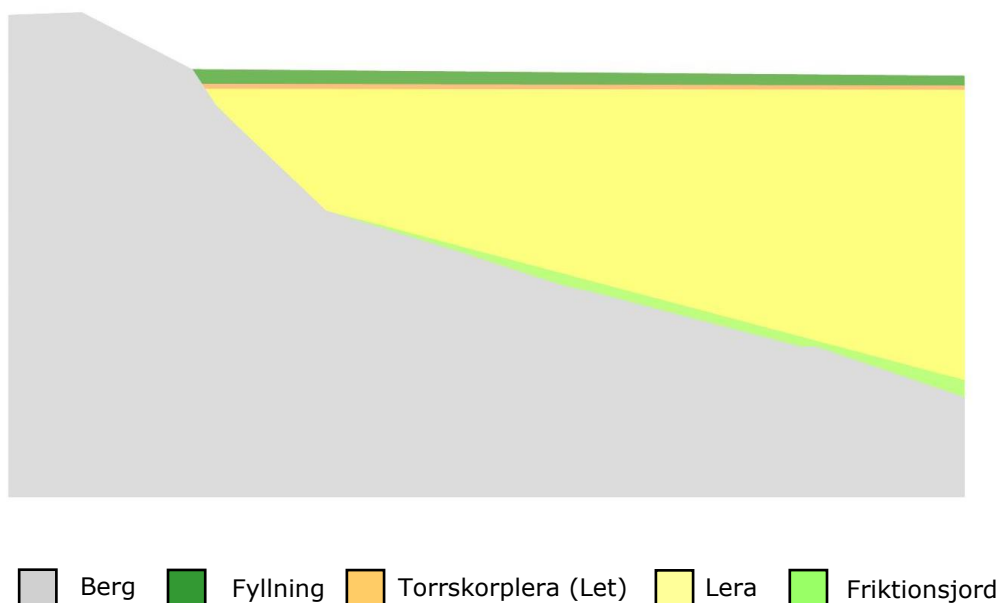
Lindholmsallén förbinds med Ceresgatan av en cirkulationsplats. Norr om cirkulationsplatsen ligger Polstjärnegatan på nivå +2,4 och Karlavagnsgatan på nivå +2,1. Söderut från cirkulationsplatsen sträcker sig Plejadgatan, som längre söderut leder upp på Gamla Lindholmen. Vid Plejadgatans nordvästra sida finns en parkeringsplats och bakom den berg i dagen i väst. Kunskapsgatan sträcker sig i nord-sydlig riktning från korsning med Lindholmsallén i norr. Cirkulationsplats, parkering och Kunskapsgatan ligger på nivå ca +2,3. Gamla Lindholmen ligger på nivå +8,7 till +14,7.

7.2 Jordlagerföljd

Jordlagerföljden bedöms utifrån utförda geotekniska undersökningar.

Undersökningarna redovisas i Markteknisk undersökningsrapport Lindholmen, med dokumentbeteckning EXF-2023-00924-50G-531-0100-2001.

Utförda undersökningar visar att djup till berg ligger på mellan 60–90 meter i öst, där största djup återfinns längs Lindholmsallén, för att sedan nära gamla Ceresgatan och parkeringen väster om Plejadgatan minska kraftigt (släntberg) för att övergå till berg i dagen i väst. Jorden består i detta område överst av asfalt eller mulljord som följs av ett fyllnadslager med varierande sammansättning och mäktighet. Denna underlagras av torrskorpelera ovan lera. I de östra delarna vilar leran på friktionsjord ovan berg. I området nära Ceresgatan och parkeringen väster om Plejadgatan, där berget stiger kraftigt (släntberg), vilar leran direkt på berg se Figur 11.



Figur 11. Tolkad jordlagerföljd



Fyllningen består till största delen av sand och grus. Fyllningens tjocklek varierar mellan ca 1 och 3m.

Torrskorpans mäktighet varierar mellan 0,2 och 0,5m.

Lerans mäktighet varierar mellan 2 och 80m. Leran bedöms vara homogen med en densitet på 16 kN/m³. Leran vattenkvot varierar mellan 92% i toppen och 53% på djupet. Utifrån konflytgränsen bedöms leran vara högplastisk och sensitiviteten visar på att det nordliga delarna av området är mellan- till högsensitiv och de sydliga delarna visar på en högsensitiv till kvick lera. Undersökningar återfinns i Bilaga 1. Plan för punkter som visar på högsensitiv-/kvicklera finns i Bilaga 3.

Underlagrande **friktingsjord** har en mäktighet som är svår att uppskatta då sonderingarna har behövt avbrytas innan de nått berg. Friktionsjordens materialparametrar är inte vidare undersökta.

7.3 Materialegenskaper

Tabell 1. Valda värden utifrån resultat från geotekniska undersökningar m.h.t nivå.

Jordlager	Egenskaper	Valda värden
Fyllning Från markyta till nivå +0,0 (Minsta mäktighet 1m)	Tunghet ¹	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ $\gamma' = 11 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet ¹	$\phi' = 37^\circ$
Torrskorplera (Let) Från nivå +0,0 till -0,5	Tunghet	$\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$ $\gamma' = 16 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet	$c_u = 16 \text{ kPa}$
Lera Från nivå -0,5 till varierande djup på nivå -48,0 till -78,0	Tunghet	$\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$ $\gamma' = 16 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet	$c_u = 16 + 1,1 * z \text{ (-3 < z < -12)}$ $c_u = 16 + 1,4 * z \text{ (-12 < z < -48)}$
Underlagradfriktionsjord Varierande djup	Tunghet ¹	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ $\gamma' = 13 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet ¹	$\phi' = 42^\circ$

1) Empiriskt värde från TRVINFRA



7.4 Grundvatten- och portrycksförhållanden

Grundvattenytan har kontrollerats genom installation av grundvattenrör i 5 undersökningspunkter. För mätningar av grundvattenyta och dimensionerande grundvattenyta, se EXF-2023-00924-50H-025-0000-4001 (PM Hydrogeologi). Portrycket i leran bedöms utifrån portrycksmätningar ha en hydrostatisk fördelning som motsvarar en grundvattennivå ca 0,5 till 1 m under markytan, nivå ca +1,5.

8 Stabilitetsförhållanden

8.1 Stabilitet befintliga förhållanden

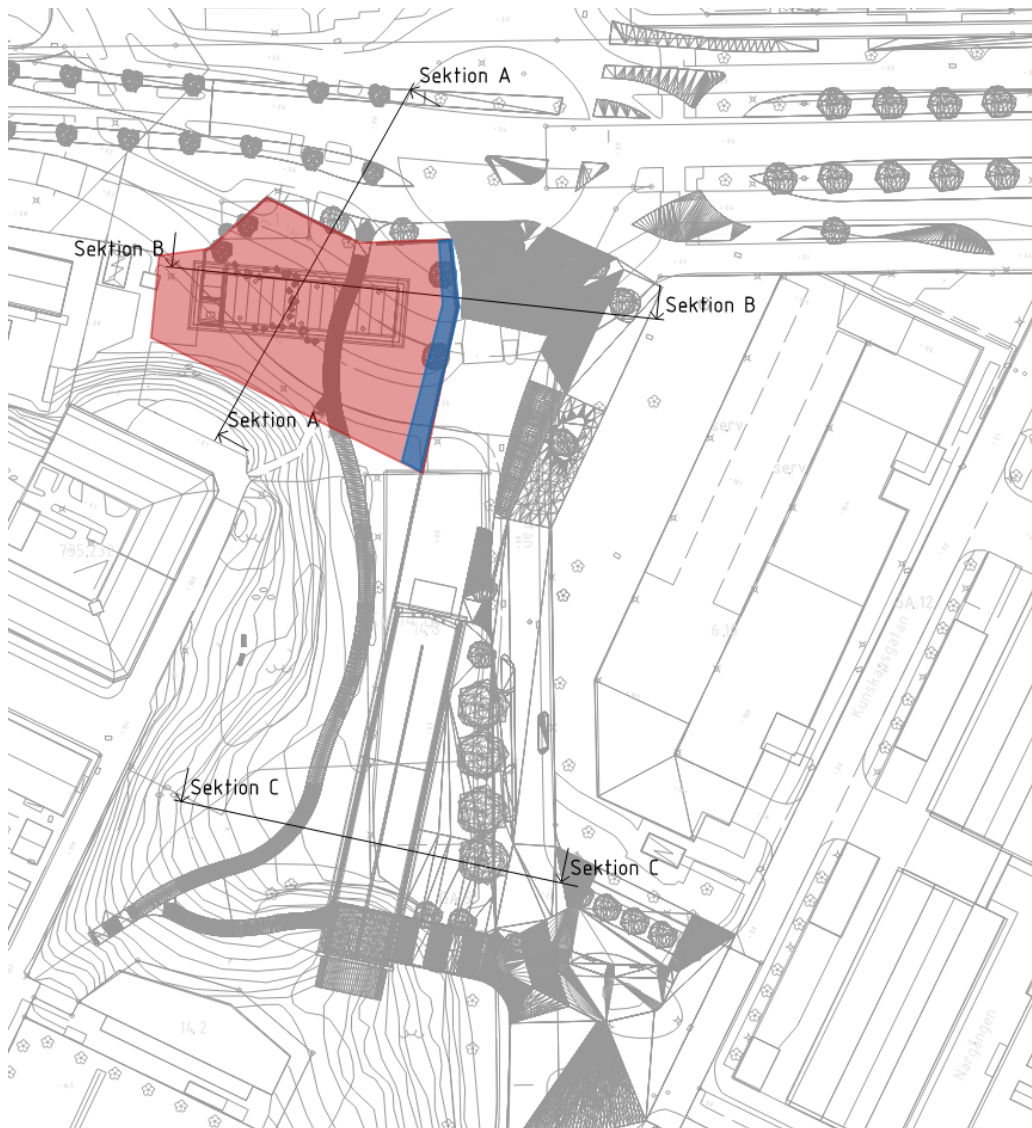
Marken inom området och i anslutning för detaljplanen är relativt plan förutom i parkområdet, där finns det berg i dagen i slänterna och jorddjupen är grunda. Stabilitetsförhållandena är således goda och det saknas förutsättningar för ras eller skred inom och i anslutning till området. Vid nya slänter skall stabilitetsförhållanden kontrolleras enligt IEG 6:2008, Rev 1.

8.2 Stabilitet planerade förhållanden

Vid träget ska utöver de planerade markförändringar som finns inom projektet även markförändringar på $\pm 0,5$ m tas hänsyn till då dessa får utföras utan marklov. Samtliga sektioner har tillfredställande stabilitet, förutom sektion B i kombinerad analys med schaktning 1,5 m från stödmur och uppfyllnad motsvarande 0,5m. Se Bilaga 2 för stabilitetsberäkning.

Schakter och uppfyllnader i parkområdet kring skyfallsmagasinet bör ej utföras med hänsyn till skyfallsmagasinet funktion. Detta inkluderar schakter och uppfyllnader som får utföras utan marklov. Schakter och uppfyllnader i området kring skyfallsmagasinet kan påverka kompensationsgrundläggningen, genom att skyfallsmagasinet sätter sig eller hävs. Schakter och uppfyllnader kan även påverka avrinningen vid skyfall.

I Figur 12 redovisas beräkningssektioner samt område för markrestriktioner utifrån skyfallsmagasinet funktion med hänsyn till kompensationsgrundläggningen och avrinningen, röd markering i Figur 12, vid skyfall samt stabilitetsförhållanden, blå markering i Figur 12.



Figur 12. Plan över kontrollerade sektionen, det röda området är det område där restriktioner på markförändringar bör upprättas utifrån skyfallsmagasinet funktion, blått område restriktion utifrån ej tillfredställande stabilitet i sektion B.

8.2.1 Laster

Last från spårvagn kommer från Göteborgs stad Trafikkontoret Teknisk handbok där spårvagnslast SPV1 är 40kPa.

8.2.2 Rekommenderad säkerhet

Stabilitetsförhållanden har studerats för framtida utformning för att säkerställa att stabiliteten uppfyller gällande rekommenderad säkerhet enligt gällande norm, IEG rapport 6:2008.

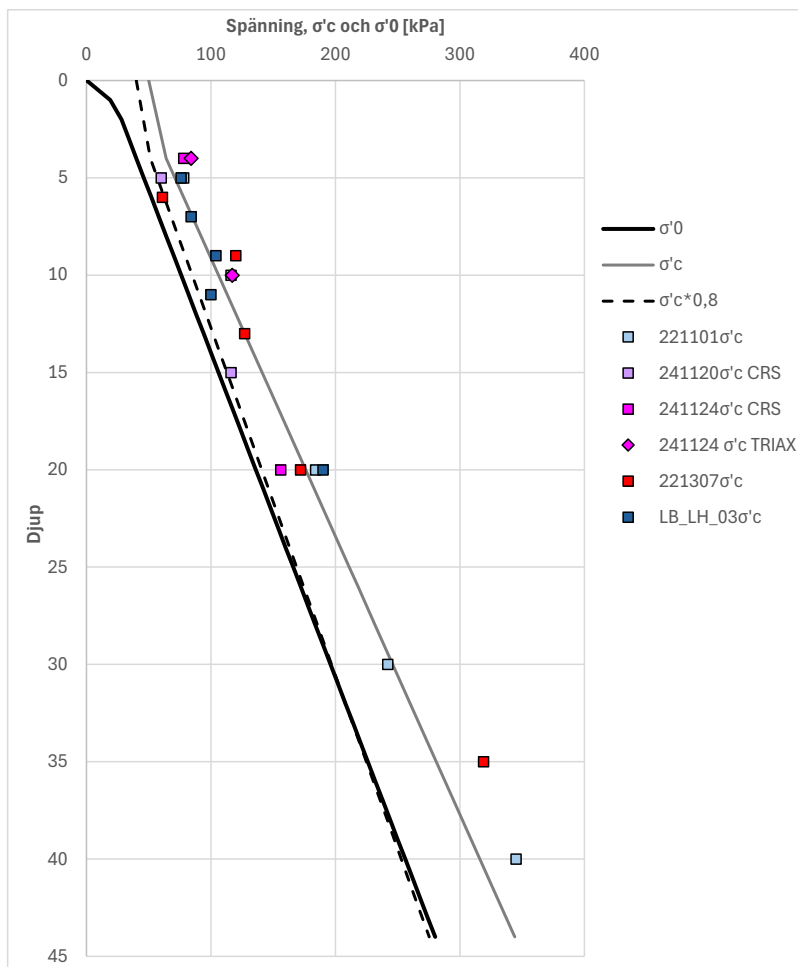
Enligt IEG rapport 6:2008 rekommenderas, för partialkoefficientmetoden i SK3, erforderlig säkerhetsfaktor $F_{EN} > 1,1$. Säkerhetsfaktorn har valts på grund av att det finns kvicklera på ca 8m djup. De beräknade glidytorna går som djupast till 6m, men har kontrollerats konservativt mot säkerhetsfaktor 1,1 se Bilaga 2.



9 Sättningsförhållanden

Leran bedöms vara normalkonsoliderad till lätt överkonsoliderad enligt CRS-försök med OCR 1,19–1,33 i hela lerprofilen, se *Figur 13*. Krypsättningar ($\sigma'_0 \leq 0,8 \cdot \sigma'_c$) bedöms pågå mot djupet i området, *Figur 13*. Leran är därför i huvudsak känslig för tilläggsbelastning, då dessa kan leda till ökade sättningar som kan pågå under lång tid. Detta är viktigt att beakta vid all belastning av marken så väl inom som i anslutning till anläggningen, till exempel avseende markuppfyllnader och grundvattensänkningar.

InSAR-mätningar visar på att sättningshastigheten i området är mellan -0,9mm/år till -4,2mm/år.



Figur 13. Spänningsdiagram med utvärderad σ'_c linje 0/100–0/400.

Laboratorieundersökningar visar att sättningsmodulen (ML) varierar mellan 400–1200 kPa, där högre värden förekommer på djupet. Permeabiliteten (k_i) i leran är ca $1,1 \cdot 10^{-9}$ m/s.



10 Grundläggningsmetoder

Tråget bedöms kunna grundläggas med stödpålar till berg. Pålarna är mellan 5–25 m långa. Pålarna kommer utföras som borrarade stålrörspålar på grund av släntberg. Grundläggningen kräver djupa schakter, vilket innebär att temporära stödkonstruktioner behövs i byggskedet.

Skyfallsmagasinet bedöms kunna grundläggas med kompensationsgrundläggning på kontrollerat packad fyllning ovan befintlig lera, alternativt med pålar. Osäkerheten beror på att geotekniska undersökningar inte har kunnat utföras på platsen på grund av pågående byggnation. När avståndet till berg har fastställts kan lämplig grundläggningsmetod väljas. Grundläggningen av skyfallsmagasinet kräver djupa schakter, vilket innebär att temporära stödkonstruktioner behövs i byggskedet.

För det markförlagda spårvagnsspåret bedöms geotekniska förstärkningsåtgärder främst bli aktuella i anslutning till det pålade tråget men kan även bli aktuellt vid spårläge högre än dagens marknivå. En jämn styvhetsövergång mellan tråget och spåret behöver säkerställas, vilket kan lösas med länkplatta, MC-förstärkning eller bankpålning.

10.1 Förutsättningar för byggnation och omgivningspåverkan

För framtida tyngre byggnader inom planområdet rekommenderas i första hand grundläggning med pålar, eftersom sättningar bedöms pågå i området. I de delar där släntberg förekommer kan borrarade stålrörspålar behövas, då slagna betongpålar kan ha svårt att få tillräckligt fäste i lutande berg. Borrarade stålrörspålar kan även vara motiverade för att begränsa massundanträngning och därmed minska påverkan på närliggande konstruktioner såsom tråget och skyfallsmagasinet. Förekomst av släntberg kan därför medföra mer kostsamma grundläggningslösningar om pålning krävs. För mindre konstruktioner där kompensationsgrundläggning är möjlig ska detta kontrolleras. Vid grundläggningsarbeten kan temporära stödkonstruktioner behövas i byggskedet.

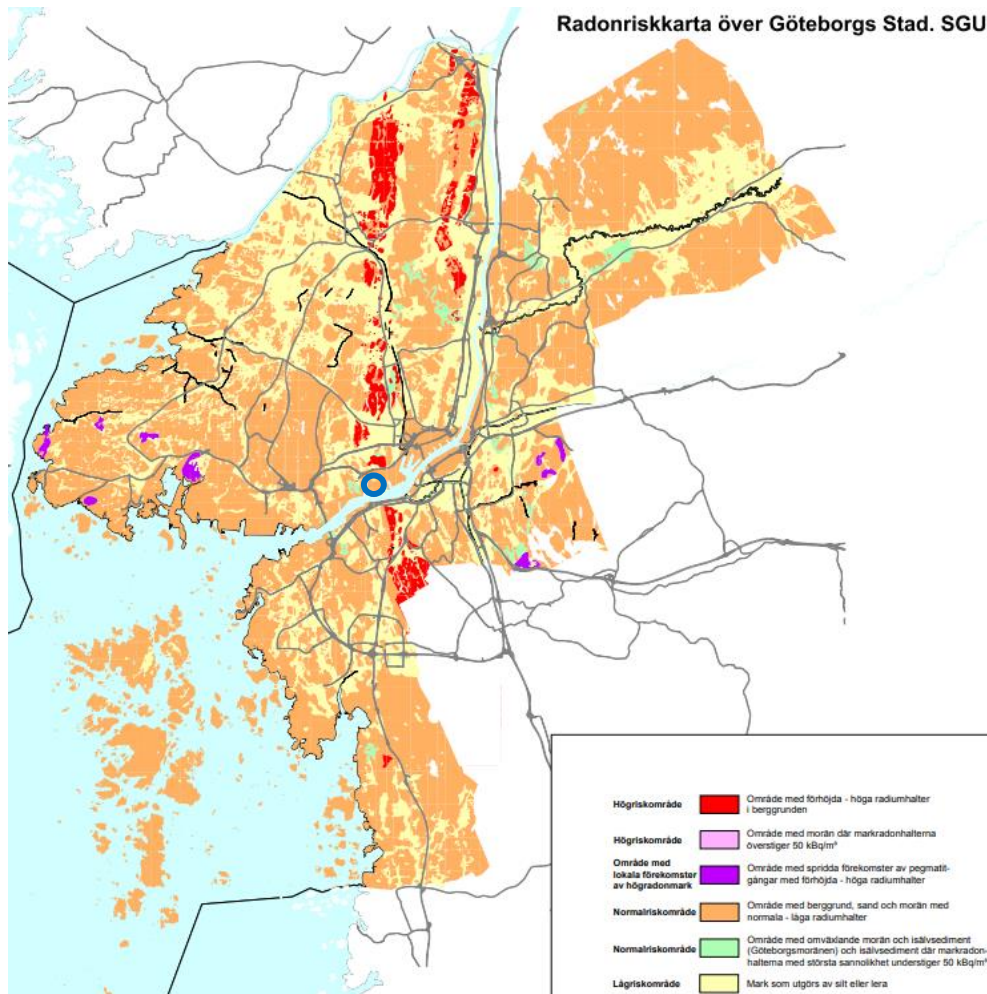
Vid pålning i närheten av tråget (cirka 1,5 x pållängden) är det viktigt att undvika massundanträngning som kan påverka trågets grundläggning och funktion. Pålning ska därför utföras med metoder som ger minimal massundanträngning. Omgivningspåverkan ska beaktas vid projekteringen och kontrollprogram krävs under byggskedet. Tråget ska även dimensioneras med tillräcklig robusthet för att möjliggöra framtida bebyggelse i området.

Skyfallsmagasinet kan komma att grundläggas med kompensationsgrundläggning. Därför bör marknivåer och markförhållanden i området kring magasinet i huvudsak lämnas oförändrade, eftersom markförändringar kan orsaka hävning eller sättning som påverkar magasinets funktion. Schaktning i området bör också undvikas, då den kan förändra avrinningsförhållandena mot magasinet. Om lågpunkten i parken förskjuts riskerar vatten vid skyfall att ansamlas på annan plats och i stället rinna ner i tråget och tunneln. Pålning som kan ge massundanträngning ska följas upp avseende omgivningspåverkan och bör inte utföras närmare skyfallsmagasinet än en pållängd.

11 Radon

Radongas bildas i jord och berg vid sönderfall av uran och torium. Radongasen transporteras genom marken främst med jordluften och grundvattnet. Lerjordar där vattenhalten vanligtvis är hög försvårar transporten av radongas. Vid bildning av torrsprickor i lerjordar och vid ringa lerdjup kan även lerjordar vara riskjordar för radon (SGU, 2020).

Radonmätningar har inte utförts i området. Göteborgs Stads radonriskkarta visar på normalriskområde i det berörda området, se *Figur 14*.



Figur 14. Radonriskkarta över Göteborgs Stad, SGU (2025). Planområdets ungefärliga läge markerat med blå cirkel.

12 Erosionsförhållanden

Det är ingen pågående erosion i området, därmed behövs inget erosionskydd eller underhåll av erosionskydd.

13 Klimatanpassningsåtgärder

Inom detaljplaneområdet har ett skyfallsmagasin planerats för att ta hand om stora skyfall. Tråget har konstruerats med en högvattenport som förhindrar att större vattenvolymer rinner ner i tunneln. Utöver skyfallsmagasin och högvattenport bedöms inga klimatanpassningar vara nödvändiga för att säkra framtida markanvändning.



14 Riskanalys

Schaktning inom spont i anslutning till tråget ska utföras med stor försiktighet eftersom högsensitiv lera, inklusive inslag av kvicklera, förekommer i området. Vid störning kan lera förlora sin hållfasthet och övergå till flytande form. Masshanteringen i tråg-området behöver därför ske kontrollerat, då schaktmassorna har hög vattenhalt och riskerar att flyta ut om de läggs upp på marken. Massorna bör avvattnas från överskottsvatten innan de transporteras bort från arbetsplatsen.

Eftersom schaktning sker inom spont för både tråg och skyfallsmagasin är det viktigt att schaktbotten kontrolleras under byggskedet. Stabiliteten ska också följas upp för eventuella tillfälliga slänter eller schakter som kan uppstå, även om dessa inte redovisas i detta PM.

Det bedöms finnas risk för sättningar i området, vilket innebär att grundvattennivån inte bör sänkas. Grundvattensänkningar kan annars leda till ökade sättningar som kan påverka befintliga byggnader, ledningar och andra anläggningar som inte är grundlagda med spetsbärande pålar. Riskerna kan begränsas genom att undvika grundvattensänkning samt genom val av grundläggningsprinciper som kompensationsgrundläggning eller pålning där det är nödvändigt. En grundvattensänkning kan även påverka skyfallsmagasinet grundläggning genom sättningar och medföra påhängslaster på trågets pålar om omgivande mark sätter sig.

En jämn övergång i styvhet mellan tråget och det markförlagda spåret behöver säkerställas. Detta kan uppnås genom exempelvis användning av länkplatta, MC-förstärkning eller bankpålning.

Om styvhetsövergången inte utformas tillräckligt jämnt, och om sättningstakten i marken blir större än beräknat, finns risk för differenssättningar som påverkar spårkomforten negativt. Detta kan i sin tur leda till att behovet av spårjusteringar uppstår tidigare än planerat, vilket riskerar att förkorta livslängden och öka framtida underhållskostnader.

För planerade konstruktioner utöver tråg och skyfallsmagasin rekommenderas pålgrundläggning när kompensationsgrundläggning inte är möjligt, eftersom sättningar bedöms pågå i området. I delar med släntberg kan borrade stålörspålar behövas då slagna betongpålar kan få svårt att få tillräckligt fäste i lutande berg. Borrade stålörspålar kan även vara motiverade för att begränsa massundanträngning och därmed minska påverkan på närliggande konstruktioner, såsom tråg och skyfallsmagasin.

Schaktning, spontning, sprängning och pålning är arbeten som kan ge upphov till vibrationer och buller. Detta innebär en risk för påverkan på närliggande konstruktioner samt risk för buller- och vibrationsstörningar för boende i närområdet. Inför detaljprojekteringen ska därför en riskanalys tas fram för de aktuella arbetsmomenten och deras påverkan på omgivningen, så att arbetena kan planeras och genomföras på ett säkert och kontrollerat sätt.

Inom ramen för detaljprojekteringen bör även en separat utredning av rörelser, stabilitet och laster i konstruktioner genomföras. Syftet är att ta fram riktvärden och krav för tillåtna rörelser och belastningar på omkringliggande mark och anläggningar under utförandeskedet.

Ett kontrollprogram för uppföljning av omgivningspåverkan under byggskedet ska därefter upprättas, baserat på riskanalysen och den kompletterande utredningen.

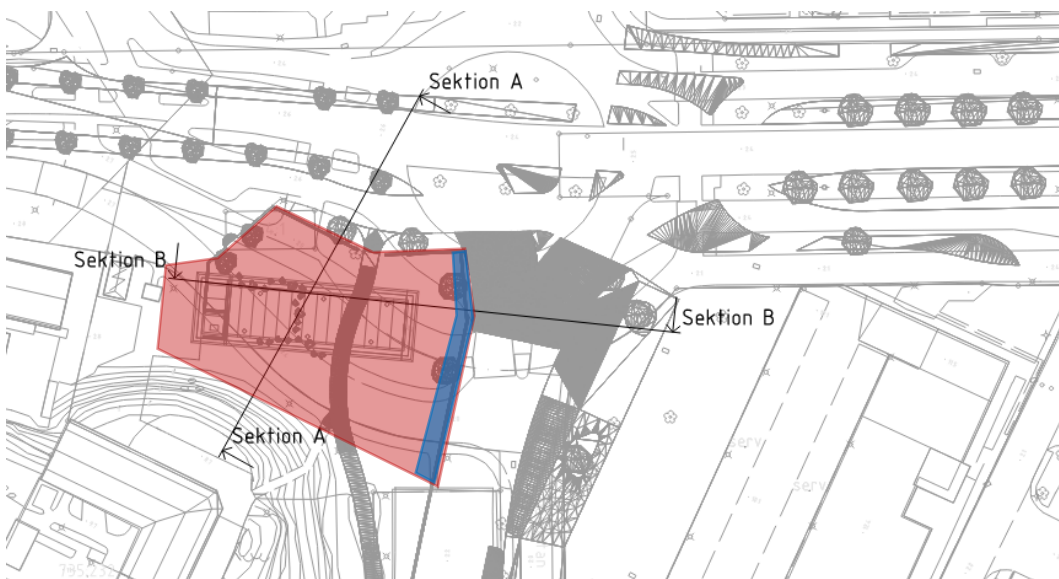


15 Slutsats

Sammantaget bedöms detaljplanen kunna genomföras utan att orsaka negativ omgivningspåverkan på omkringliggande byggnader och infrastruktur.

I samband med all förändring av områdena såsom nybyggnation, schaktning, ändrade dräneringsförutsättningar, lastförändringar, upplag etc. skall stabilitetssituationen beaktas.

Schakter och uppfyllnader i parkområdet kring skyfallsmagasinet får ej utföras då detta påverkar kompensationsgrundläggningen och avrinningen vid skyfall. Schaktning bör ej utföras längs med spåret i parkens östra del, se Bilaga 2.



Figur 15. Plan över kontrollerade sektionen, det röda området är det område där restriktioner på markförändringar bör upprättas utifrån skyfallsmagasinet funktion, blått område restriktion utifrån ej tillfredställande stabilitet i sektion B.

I byggskedet hanteras schaktars och slänters stabilitet i enlighet med Trafikverkets Tekniska krav (TK Geo 11, publ. 2011:047) som följer normerna i SS EN 1997-1. Inför byggskedet ska kontrollprogram avseende schaktars stabilitet upprättas. Kontrollerna innefattar bland annat kontroll av horisontella och vertikala rörelser intill schakter.

För grundläggningsmetod rekommenderas pålar om kompensationsgrundläggning inte går att använda då det bedöms pågå sättningar i området. Borrade stålrörspålar kan behövas i de områden där det finns släntberg, då slagna betongpålar kan ha svårt att få fäste på berget. Borrade stålrörspålar kan även behövas med hänsyn till påverkan på konstruktioner så som tråget och skyfallsmagasinet, för att minimera massundanträngningen som kan påverka nämnda konstruktioner.

En jämn övergång i styvhet mellan tråget och det markförlagda spåret behöver säkerställas. Detta kan uppnås genom exempelvis användning av länkplatta, MC-förstärkning eller bankpålning.

Om styvhetsövergången inte utformas tillräckligt jämnt, och om sättningsstakten i marken blir större än beräknat, finns risk för differenssättningar som påverkar spårkomforten negativt. Detta kan i sin tur leda till att behovet av spårjusteringar uppstår tidigare än planerat, vilket riskerar att förkorta livslängden och öka framtida underhållskostnader.



AFRY



Lindholmsförbindelsen

PM Geoteknik Detaljplan Tunnel

Godkänd
Samråd
2025-11-28
Version: _



AFRY



Lindholmsförbindelsen
PM Geoteknik Detaljplan Tunnel
2025-11-28
Version: _
Sida 1/110

Teknikansvarig, Teknikområde
S. Håkansson, Geoteknik
Organisation
ELU
Godkänd av
Peter Lundman
Projekt ID
D0038958
Datum
2025-11-28
Rev. datum

Version

—

Beställare
Stadsbyggnadsförvaltningen,
Göteborgs Stad



**Göteborgs
Stad**

Ärendenummer
SBF 2023-02222

Lindholmsförbindelsen

EXF-2023-00924-50G-025-0000-4002
PM Geoteknik Detaljplan Tunnel

Framsidesbild: Göteborgs Stad



Sammanfattning

Förutsättningar

Befintliga marknivåer varierar inom aktuellt område för projektet Lindholmsförbindelsen. På Lindholmen ligger marknivån mellan ca +2,0 till +15,0, med en högre markyta på Gamla Lindholmen, och lägre längs med Kunskapsgatan ned mot älven. På den södra älvstranden varierar markytan mot Stigbergskajen och Oscarsleden med en marknivå på ca +2,5. Marknivån ökar sedan med en bergvägg upp till Stigbergstorget, och Bangatan med en marknivå mellan +19 och +20. Markytan öster om Bangatan är markant högre upp mot Masthuggskyrkan, ca nivå +50 på toppen vid Kyrkan. Marknivån vid tunneln ökar till ca +40 vid Fjällgatan när tunneln går mot Slottsskogen, för att sedan avta igen ned mot Vegasvackan som ligger på en nivå ca +30. Mot Linnéplatsen ökar marknivån igen för höjden vid Naturhistoriska med en marknivå på ca +40, för att avta igen ned mot Linnéplatsen som ligger på ca marknivå +15.

Djup till berg varierar också kraftigt över tunnelns planerade dragning. På Lindholmen är djupet till berg mellan 0 och 60 m i nivån för tråget. Vid älvkanten är det mellan 0,5 och 2 meters djup ner till berg, medan djupet i älvens mitt ökar till över 80 meter. På andra sidan älven avtar djupet till berg igen mellan 0,5 till 2 meter vid Stigbergskajen och Oscarsleden. På Stigbergstorget och Bangatan ligger berget mellan 10 och 20 meter djupt. Över slottsskogen är djup till berg lågt, varierande mellan 0 och 5 meter. Kring Vegasvackan ligger djup till berg generellt mellan 0 och 14 meter och vid Linnéplatsen ligger djup till berg mellan 0 och 37 meter.

Lera återfinns framför allt på Lindholmen, i älven och vid Linnéplatsen inom området för Lindholmsförbindelsen. Området vid älven på Lindholmen, Stigbergskajen och Oscarsleden är generellt fyllning på berg. Vid älvstranden på Lindholmen finns det lera under fyllningen. Området vid Stigbergstorget och Bangatan består av friktionsjord, med några inslag av lera. Leran är generellt normal till lätt överkonsoliderad. Leran är därför i huvudsak känslig för tilläggsbelastningar, då dessa kan leda till ökade sättningar som kan pågå under lång tid. För arbeten som tillför belastning på leran ska sättningsutredning utföras.

Området vid älven präglas av släntberg och varierande lerdjup, med berg nära älvkanten. Bottenmassorna i vattnet är förorenade, vilket kräver särskild hantering vid schakt och eventuell utfyllnad.

Marken inom området är generellt plan, och de nivåskillnader som förekommer utgörs huvudsakligen av berg, ofta i form av bearbetat berg. Generellt för området bedöms det inte föreligga några risker med avseende på stabilitetsförhållanden. Vid älvenkanten på Lindholmen har stabilitetsförhållanden kontrollerats för befintliga förhållanden, under byggskedet samt planerat slutgiltigt skede av Lindholmsförbindelsen. Samtliga skeden visar på tillfredsställande stabilitetsförhållanden. Under byggskedet krävs provisoriska stödkonstruktioner för djupa schakter i anslutning till älven. Den befintliga parkeringen vid älvstranden behöver stängas av under tiden den muddrade rännan för sänktunneln i älven ej är återfylld.

Radonmätningar har inte utförts i området för aktuellt projekt. Göteborgs Stads radonriskkarta visar generellt på låg- eller normalrisk inom det berörda området.



Generellt för området finns ingen pågående erosion. I området för älven finns befintliga erosionskydd på den norra älvstranden.

Konsekvenser

Detaljplanen bedöms som genomförbar. Stabiliteten för planerade förhållanden är tillfredsställande, men schakt och uppfyllnader inom områden med stora lerdjup kräver särskild hänsyn till sättningar och stabilitet. För arbeten som medför belastningsökning på leran ska sättningsutredning genomföras och vid behov kan pålgrundläggning eller kompensationsgrundläggning bli aktuellt.

Sänktunneln innebär att framtida pålning, spontning, schakter och andra anläggningsarbeten i närliggande områden måste utföras med metoder som minimerar massundanträngning och markrörelser. Inom ett skyddsavstånd från tunneln bör borrade stålrörspålar användas och kohesionspålar undvikas. Vid planerade arbeten nära tunneln krävs fördjupad utredning av omgivningspåverkan.

Utfyllnader i älven är möjliga men kan medföra betydande sättningar och kräver permanenta, bakåtförankrade stödkonstruktioner förankrade till berg. Förekomst av släntberg kan innebära behov av borrade rörspont, vilket är kostnadsdrivande.

På grund av förorenade sediment i älvbotten tillåts inte utfyllnad utan föregående bortschaktning av förorenade massor. Sådana schakter behöver utformas så att ogynnsamma markrörelser inte uppstår som kan påverka sänktunneln eller stabiliteten i angränsande mark.

Befintliga kaj- och strandkonstruktioner är i behov av åtgärder. Nya kajkonstruktioner bedöms möjliga och kan skapa framtida älvkantsskydd, men måste projekteras med hänsyn till risken för markrörelser som kan påverka sänktunneln.

Under byggtiden för sänktunneln försämras möjligheterna att genomföra annan byggnation i området kring älven.



Innehållsförteckning

1.1	Lindholmsförbindelsen	10
1.2	Detaljplaner.....	10
1.3	Syfte med rapport.....	11
2	Underlag	12
3	Styrande dokument	12
4	Koordinatsystem	12
5	Geoteknisk översikt	13
5.1	Lindholmen	13
5.2	Göta älv.....	13
5.3	Stigberget.....	13
5.4	Linné	14
6	Lindholmen – området kring älven.....	15
6.1	Befintlig bebyggelse	15
6.2	Planerad byggnation	20
6.3	Topografi och ytbeskaffenhet.....	24
6.4	Jordlagerföljd.....	24
6.5	Materialegenskaper	25
6.6	Grundvatten- och portryckförhållanden	25
6.7	Stabilitetsförhållanden	26
6.7.1	Stabilitet befintliga förhållanden.....	26
6.7.2	Stabilitet planerade förhållanden.....	28
6.8	Sättningsförhållanden	31
6.9	Grundläggningsmetoder	32
6.10	Radon.....	35
6.11	Erosionsförhållanden	35
6.12	Klimatanpassningsåtgärder.....	35
6.13	Förutsättningar för byggnation.....	36
7	Lindholmen – väg för servicefordon	37
7.1	Befintlig bebyggelse	38
7.2	Planerad byggnation	40
7.3	Topografi och ytbeskaffenhet.....	40
7.4	Jordlagerföljd.....	41
7.5	Materialegenskaper	42
7.6	Grundvatten- och portryckförhållanden	42
7.7	Stabilitetsförhållanden	42
7.7.1	Stabilitet befintliga förhållanden.....	42
7.7.2	Stabilitet planerade förhållanden.....	42
7.8	Sättningsförhållanden	42



7.9	Grundläggningsmetoder	42
7.10	Radon	43
7.11	Erosionsförhållanden	43
7.12	Klimatanpassningsåtgärder	43
7.13	Förutsättningar för byggnation	43
8	Lindholmen – Påslag för servicetunnel och frånluftsschakt	44
8.1	Befintlig bebyggelse	44
8.2	Planerad byggnation	48
8.3	Topografi och ytbeskaffenhet	49
8.4	Jordlagerföljd	50
8.5	Materialegenskaper	51
8.6	Grundvatten- och portryckförhållanden	51
8.7	Stabilitetsförhållanden	51
8.7.1	Stabilitet befintliga förhållanden	51
8.7.2	Stabilitet planerade förhållanden	52
8.8	Sättningsförhållanden	52
8.9	Grundläggningsmetoder	52
8.10	Radon	52
8.11	Erosionsförhållanden	52
8.12	Klimatanpassningsåtgärder	52
8.13	Förutsättningar för byggnation	52
9	Stigberget – området kring älven	53
9.1	Befintlig bebyggelse	53
9.2	Planerad byggnation	54
9.3	Topografi och ytbeskaffenhet	55
9.4	Jordlagerföljd	55
9.5	Materialegenskaper	55
9.6	Grundvatten- och portryckförhållanden	55
9.7	Stabilitetsförhållanden	55
9.7.1	Stabilitet befintliga förhållanden	55
9.7.2	Stabilitet planerade förhållanden	55
9.8	Sättningsförhållanden	56
9.9	Grundläggningsmetoder	56
9.10	Radon	56
9.11	Erosionsförhållanden	56
9.12	Klimatanpassningsåtgärder	56
9.13	Förutsättningar för byggnation	56
10	Stigberget – Flytt av Oscarsleden	57
10.1	Befintlig bebyggelse	57
10.2	Planerad byggnation	57
10.3	Topografi och ytbeskaffenhet	58



10.4	Jordlagerföljd.....	58
10.5	Materialegenskaper	58
10.6	Grundvatten- och portryckförhållanden	59
10.7	Stabilitetsförhållanden	59
10.7.1	Stabilitet befintliga förhållanden.....	59
10.7.2	Stabilitet planerade förhållanden.....	60
10.8	Sättningsförhållanden	61
10.9	Grundläggningsmetoder	61
10.10	Radon.....	61
10.11	Erosionsförhållanden	61
10.12	Klimatanpassningsåtgärder.....	62
10.13	Förutsättningar för byggnation.....	62
11	Stigberget – Påslag för servicetunnel	62
11.1	Befintlig bebyggelse	63
11.2	Planerad byggnation	65
11.3	Topografi och ytbeskaffenhet.....	65
11.4	Jordlagerföljd.....	65
11.5	Materialegenskaper	66
11.6	Grundvatten- och portryckförhållanden	66
11.7	Stabilitetsförhållanden	67
11.7.1	Stabilitet befintliga förhållanden.....	67
11.7.2	Stabilitet planerade förhållanden.....	67
11.8	Sättningsförhållanden	67
11.9	Grundläggningsmetoder	67
11.10	Radon.....	67
11.11	Erosionsförhållanden	67
11.12	Klimatanpassningsåtgärder.....	67
11.13	Förutsättningar för byggnation.....	67
12	Stigberget – Likrikstarstation vid Barlastgatan.....	68
12.1	Befintlig bebyggelse	68
12.2	Planerad byggnation	69
12.3	Topografi och ytbeskaffenhet.....	69
12.4	Jordlagerföljd.....	69
12.5	Materialegenskaper	71
12.6	Grundvatten- och portryckförhållanden	71
12.7	Stabilitetsförhållanden	71
12.7.1	Stabilitet befintliga förhållanden.....	71
12.7.2	Stabilitet planerade förhållanden.....	71
12.8	Sättningsförhållanden	71
12.9	Grundläggningsmetoder	72
12.10	Radon.....	72



12.11	Erosionsförhållanden	72
12.12	Klimatanpassningsåtgärder.....	72
12.13	Förutsättningar för byggnation.....	72
13	Stigberget – Hållplats Stigbergstorget.....	73
13.1	Befintlig bebyggelse	73
13.2	Planerad byggnation	74
13.3	Topografi och ytbeskaffenhet.....	74
13.4	Jordlagerföljd.....	74
13.5	Materialegenskaper	76
13.6	Grundvatten- och portryckförhållanden	76
13.7	Stabilitetsförhållanden	76
13.8	Sättningsförhållanden	77
13.9	Grundläggningsmetoder	77
13.10	Radon.....	77
13.11	Erosionsförhållanden	77
13.12	Klimatanpassningsåtgärder.....	77
13.13	Förutsättningar för byggnation.....	77
14	Stigberget – Likrikarstation vid Fjällgatan.....	78
14.1	Befintlig bebyggelse	78
14.2	Planerad byggnation	81
14.3	Topografi och ytbeskaffenhet.....	82
14.4	Jordlagerföljd.....	82
14.5	Materialegenskaper	83
14.6	Grundvatten- och portryckförhållanden	83
14.7	Stabilitetsförhållanden	83
14.7.1	Stabilitet befintliga förhållanden.....	83
14.7.2	Stabilitet planerade förhållanden.....	83
14.8	Sättningsförhållanden	84
14.9	Grundläggningsmetoder	84
14.10	Radon.....	84
14.11	Erosionsförhållanden	84
14.12	Klimatanpassningsåtgärder.....	84
14.13	Förutsättningar för byggnation.....	84
15	Linné – Likrikarstation vid Annedalsmotet.....	84
15.1	Befintlig bebyggelse	84
15.2	Planerad byggnation	85
15.3	Topografi och ytbeskaffenhet.....	86
15.4	Jordlagerföljd.....	87
15.5	Materialegenskaper	88
15.6	Grundvatten- och portryckförhållanden	92
15.7	Stabilitetsförhållanden	93



15.7.1	Stabilitet befintliga förhållanden.....	93
15.7.2	Stabilitet planerade förhållanden.....	97
15.8	Sättningsförhållanden	97
15.9	Grundläggningsmetoder	97
15.10	Radon.....	97
15.11	Erosionsförhållanden	97
15.12	Klimatanpassningsåtgärder.....	97
15.13	Förutsättningar för byggnation.....	97
16	Linné – Jungmansgatan Tillfartstunnel	97
16.1	Befintlig bebyggelse	97
16.2	Planerad byggnation	98
16.3	Topografi och ytbeskaffenhet.....	99
16.4	Jordlagerföljd.....	101
16.5	Materialegenskaper	102
16.6	Grundvatten- och portryckförhållanden	102
16.7	Stabilitetsförhållanden	102
16.7.1	Stabilitet befintliga förhållanden.....	102
16.7.2	Stabilitet planerade förhållanden.....	103
16.8	Sättningsförhållanden	103
16.9	Grundläggningsmetoder	103
16.10	Radon.....	103
16.11	Erosionsförhållanden	103
16.12	Klimatanpassningsåtgärder.....	103
16.13	Förutsättningar för byggnation.....	103
17	Risکاناليس	104
18	Rekommendation för detaljplan.....	105
18.1	Lindholmen – området kring älven	105
18.2	Lindholmen – väg för servicefordon	106
18.3	Lindholmen – Påslag för servicetunnel och frånluftsschakt.....	107
18.4	Stigberget – området kring älven	107
18.5	Stigberget – Flytt av Oscarsleden	107
18.6	Stigberget – Påslag för servicetunnel	107
18.7	Stigberget – Likrikstarstation vid Barlastgatan.....	108
18.8	Stigberget – Hållplats Stigbergstorget.....	108
18.9	Stigberget – Likrikstarstation vid Fjällgatan.....	109
18.10	Linné – Likrikstarstation vid Annedalsmotet	109
18.11	Linné – Jungmansgatan Tillfartstunnel	109
19	Referenser.....	110



AFRY



Bilagor

Bilaga 1 – PM Stabilitet Befintliga förhållanden

Bilaga 2 – Tolkade Sektioner Stigbergstorget

Bilaga 3 – PM Stabilitet Nybyggnation

Bilaga 4 – PM Stabilitet Flytt av Oscarsleden



1 Inledning

1.1 Lindholmsförbindelsen

Inom ramen för Sverigeförhandlingen planerar Göteborgs Stad för en ny fast förbindelse mellan Lindholmen och Linnéplatsen. Den så kallade Lindholmsförbindelsen utgör en del av det större projektet *Spårväg och Citybuss Brunnsbo–Linné via Lindholmen*. Projektet innefattar ny spårväg med stadsbanekvalitet i tre etapper: Brunnsbo–Hjalmar Brantingsplatsen, Frihamnen–Lindholmen samt aktuellt projekt Lindholmen–Linnéplatsen (Lindholmsförbindelsen). Stadsbanekvalitet innebär att spårvägen ska gå på egen bana med få korsningar i plan och relativt glest placerade hållplatser, vilket skapar förutsättningar för att hålla en hög hastighet och en förhållandevis hög turtäthet.

Lindholmsförbindelsens funktion och lokalisering har tagits fram genom Göteborgs Stads stadsutvecklingsarbete. Förbindelsen pekas ut i stadens gällande

översiktsplan liksom i det gemensamma kollektivtrafikprogrammet *Målbild Koll2035* som ett stråk för stadstrafikens stomnät. Lindholmsförbindelsen utgör en stor del av den planerade innerstadsringen som ska länka samman stadskärnan med övriga delar av innerstaden. Syftet med Lindholmsförbindelsen är att skapa en tvärlänk med goda resenärskvaliteter som överbryggar de naturliga barriärerna Göta älv och Stigberget. På så sätt förs stadens delar närmare varandra, stomnätet i de centrala delarna av Göteborg avlastas och nya resvanor skapas.

Lindholmsförbindelsen innefattar en ny spårvägskoppling som huvudsakligen planeras att gå i tunnel, med hållplatser vid Stigbergstorget (under jord) och på Linnéplatsen (i markplan). För att projektera och planlägga Lindholmsförbindelsen har Göteborgs Stad anlitat två konsulter, AFRY och COWI, som ansvarar för olika delar av sträckan. AFRY ansvarar för delen mellan Lindholmen och Vegasvackan, strax väster om Jungmansgatan, medan COWI ansvarar för den avslutande delen från Vegasvackan till Linnéplatsen. Arbetet sker i nära samverkan mellan de båda konsulterna och staden.

1.2 Detaljplaner

Göteborgs Stad har valt att planlägga Lindholmsförbindelsen som en järnvägsplan, vilket innebär att projektet ska följa *Lag om byggande av järnväg (1995:1649)*.

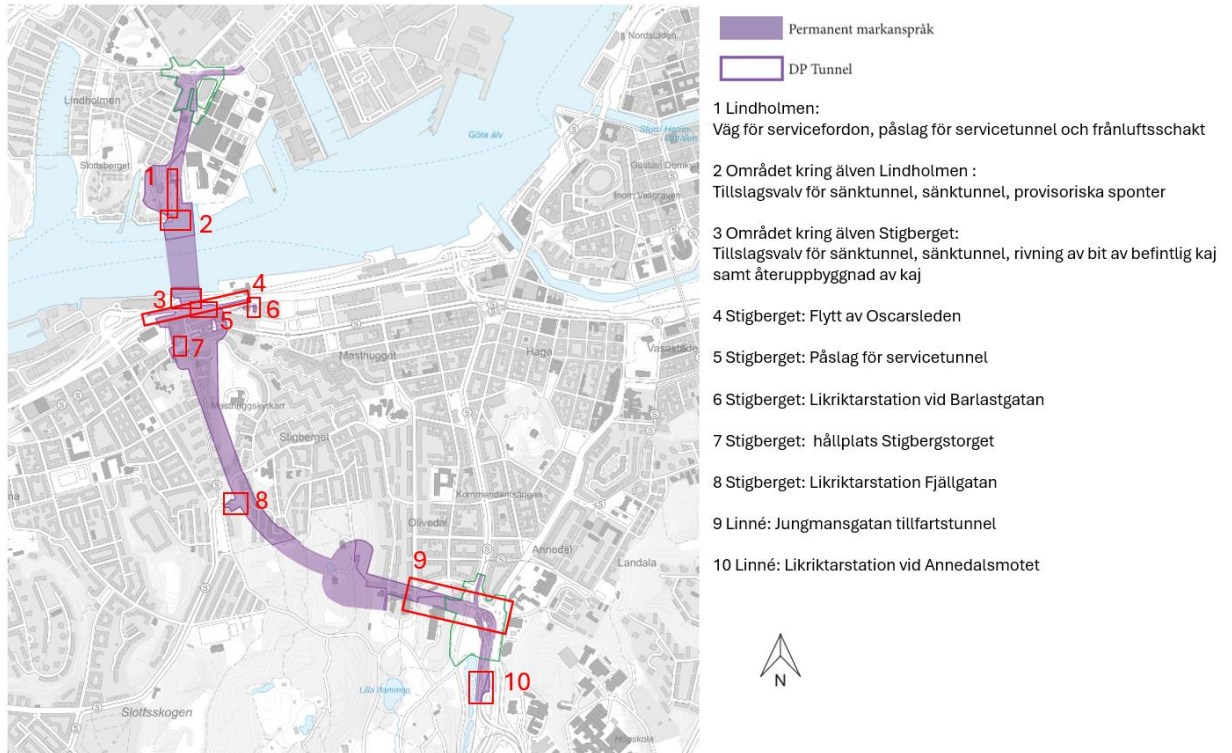
Projektet innebär även en påverkan på områden utanför järnvägsplanens gränser och eftersom spårväg inte får byggas i strid mot gällande detaljplaner eller områdesbestämmelser pågår parallellt stadsbyggnadsförvaltningens planläggning av tre detaljplaner.

- Detaljplan för spårväg Lindholmen – Linnéplatsen, delområde tunnel inom stadsdelarna Lindholmen, Majorna, Slottsskogen, Olivedal
- Detaljplan för spårväg Lindholmen – Linnéplatsen, delområde Lindholmen inom stadsdelen Lindholmen
- Detaljplan för spårväg Lindholmen – Linnéplatsen, delområde Linnéplatsen inom stadsdelarna Annedal, Kommendantsängen, Olivedal, Slottsskogen och Änggården



1.3 Syfte med rapport

Denna rapport utgör underlag till detaljplan för spårväg Lindholmen – Linnéplatsen. Syftet med denna rapport är att redogöra för de geotekniska förutsättningarna inom de områden där det planeras konstruktioner ovan mark, se de rödmarkerade områdena i Figur 1.



Figur 1. Detaljplanområde för DP tunnel.

Den geotekniska utredning som utförts inom området, 2022 – 2025, utgör underlag för arbetet i planeringsskedet för Lindholmsförbindelsen och beskriver hur markens förutsättningar påverkar planändamålet och vilka åtgärder som eventuellt ska ingå i planen.

Denna handling är ej framtagen som ett underlag för projektering.



2 Underlag

Underlag till föreliggande PM har varit följande handlingar:

- [1] Markteknisk undersökningsrapport Lindholmen, Exploateringskontoret Göteborg, EXF-2023-00924-50G-531-0100-2001 ver. 0.1, daterad 2026-06-18, stämplad som *För Granskning 2025-11-28*
- [2] Markteknisk undersökningsrapport Göta älv, Exploateringskontoret Göteborg, EXF-2023-00924-50G-531-0200-2001 ver. 0.1, daterad 2026-06-18, stämplad som *För Granskning 2025-11-28*
- [3] Markteknisk undersökningsrapport Stigberget, Exploateringskontoret Göteborg, EXF-2023-00924-50G-531-0300-2001 ver. 0.1, daterad 2026-06-18, stämplad som *För Granskning 2025-11-28*
- [4] Markteknisk undersökningsrapport Järnvägsplan Lindholmsförbindelsen delsträcka Linné, Exploateringsförvaltningen Göteborg, EXF-2023-00924-50G-531-0400-2001 ver. 0.1, stämplad som Granskningskopia 2025-11-28
- [5] Grundkarta Lindholmsförbindelsen, EXF-2023-00924-50G-P0-0000-2001, daterad 2022-08-02
- [6] Gräns DP-Tunnel, Stadsbyggnadsförvaltningen, erhållen 2025-06-17
- [7] Samordningsmodell i projektet Lindholmsförbindelsen, framtagen av AFRY, ELU och COWI.
- [8] PM Byggnadsverk Lindholmsförbindelsen Järnvägsplan, EXF-2023-00924-18-025-0000-1001, daterad 2025-05-29.
- [9] Skiss 250603 SBF CS Strukturplan, Stadsbyggnadsförvaltningen, daterad 2025-06-03.

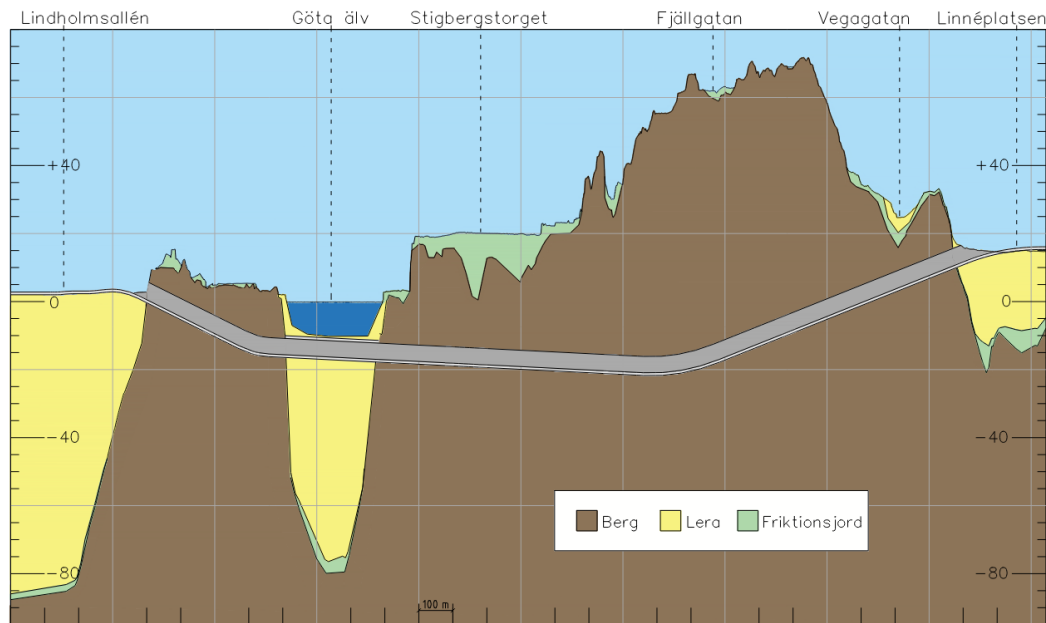
3 Styrande dokument

Denna rapport ansluter till TRVINFRA samt SS-EN-1997-1:2005 med tillhörande nationell bilaga.

4 Koordinatsystem

Gällande koordinatsystem är Sweref 99 12 00 i plan och samtliga nivåer i aktuell rapport är angivna i höjdsystem RH2000 om ej annat anges.

5 Geoteknisk översikt



Figur 2. Schematisk bild av spårtunneln och tolkad jordprofil längs utbyggnadsträckan. Illustration: ELU.

5.1 Lindholmen

Utförda undersökningar på Lindholmen visar på att jordlagerföljden består av fyllning, på lera ovan berg. Lerans mäktighet i området uppgår till 70 meter. I vissa områden återfinns friktionsjord mellan leran och berget. Området på Slottsberget, beläget ovanför Plejadgatan, har en annorlunda lagerföljd med morän och friktionsjord direkt ovanpå berget. Ned mot älven övergår det till plansprängd yta där markytan består av fyllning ovan berg. Berget sluttar kraftigt mot öster med stora lermäktigheter ovan berg.

5.2 Göta älv

Utförda undersökningar i Göta älv visar att berget sluttar från båda älvens stränder ned mot mitten av älven. Jordlagerföljden består av sediment av gyttja ovan lera. Sonderingar visar indikationer på friktionsjord ovan berg vid djup över 70–80 meter under medelvattennivå.

5.3 Stigberget

Utförda undersökningar vid Stigbergskajen, den norra delen av delsträcka Stigberget, visar på fyllning ovan plansprängt berg, djup till berg är ca 2 till 4 meter. En bergvägg separerar området för Stigbergskajen och Stigbergstorget.

I området för Stigbergstorget består jordlagerföljden av fyllning ovan sand med inslag av tunnare silt- och lerlager ovan berg. Mot söder av delsträcka Stigberget, längs med Bangatan mellan Kjellmansgatan och Fjällgatan domineras jordlagerföljden helt av fyllning på lera ovan berg för att närmare Fjällgatan övergå till att vara varvig med lager av sand, silt och lera. Under den varviga jorden och leran finns indikationer på ett möjligt fastare friktionslager med en mäktighet på ca 4m som vilar på berg. Djup till berg inom området varierar mellan 2 och 20 meter.



5.4 Linné

Utförda undersökningar vid Jungmansgatan, i nordvästra delen av delsträcka Linné, visar att jordlagerföljden består av fyllning som underlagras av lera ovan friktionsjord på berg. Djupet ned till berg varierar generellt mellan 1 och 4 meter, men större jorddjup på upp till cirka 12 meter förekommer lokalt längs Jungmansgatan.

Utförda undersökningar vid Vegagatan visar att jordlagerföljden består av fyllning som underlagras av lera ovan friktionsjord på berg. Djupet till berg varierar generellt mellan 2 och 14 meter, där de djupare jordmaktigheterna återfinns längs Vegagatan.

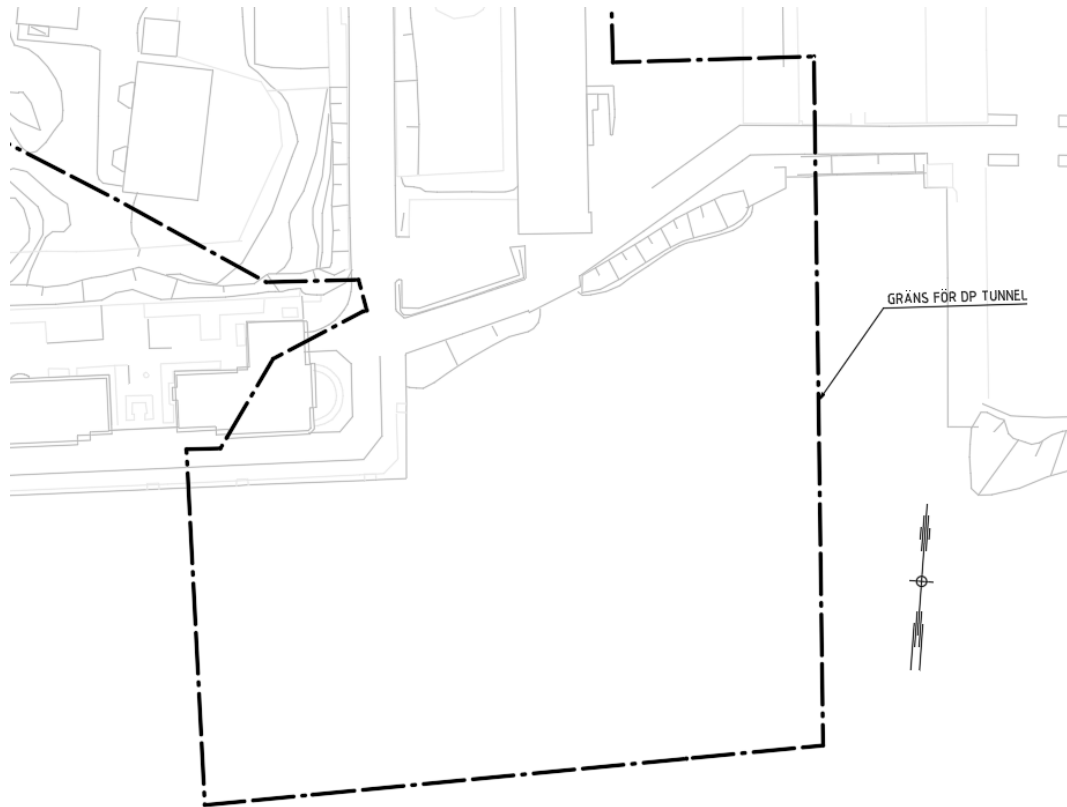
Inom höjdpartiet vid Göteborgs naturhistoriska museum finns synligt berg. Ställvis finns partier med tunna jordlager bestående av fyllning, mulljord och friktionsjord.

Inom Linnéplatsen, strax öster om höjdpartiet vid Göteborgs naturhistoriska museum, utgörs jordlagren av lös lera på friktionsjord (bottenfriktion) på berg. Enligt utförda undersökningar och från underlag i utförd arkivinventering, bedöms lermäktigheten variera mellan 0 och 30 meter. Lerans skjuvhållfasthet klassificeras som mycket låg till låg, och bedöms vara högsensitiv och utgöras av kvicklera.

Enligt SGU:s fastmarkskarta, utgörs marken inom delsträckan till största del av icke fastmarksområden (områden med lera). Fastmark (tunt lager friktionsjord på berg alternativt berg i dagen) finns dock direkt öster om gränsen till delsträcka Stigberget, mot Jungmansgatan. Fastmark finns även vid höjdpartiet vid Göteborgs naturhistoriska museum.



6 Lindholmen – området kring älven



Figur 3. Gräns för DP Tunnel vid området kring älven, Lindholmen.

6.1 Befintlig bebyggelse

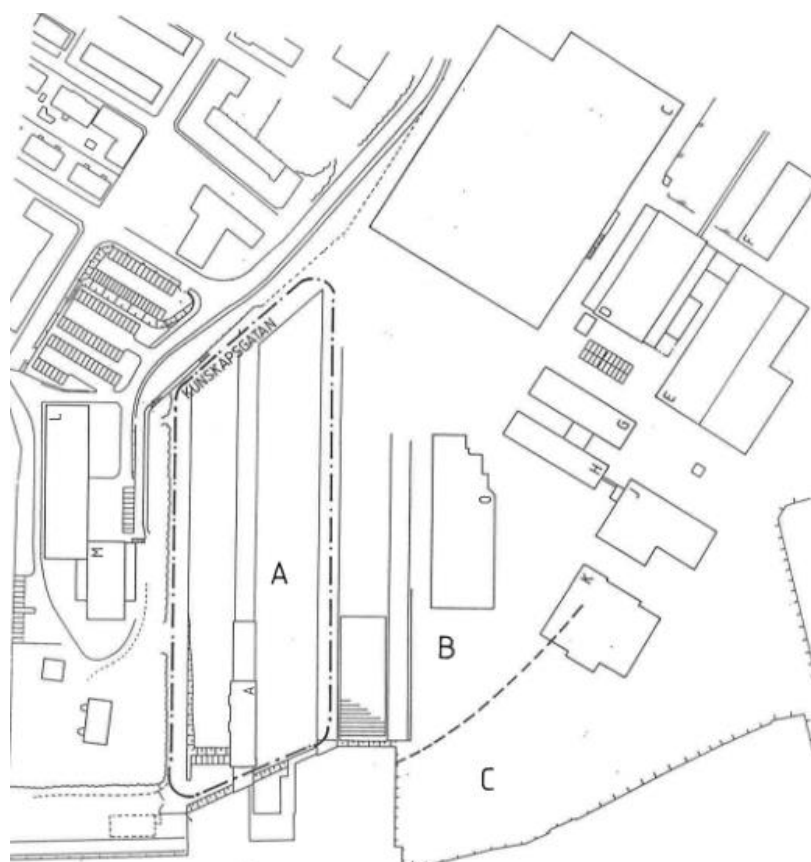
Inom området finns flera befintliga byggnader så som flera skolbyggnader, parkeringsyta, kaj och bostadshus, se Figur 4.



Figur 4. Översiktsbild befintliga konstruktioner på det aktuella området (Bildkälla: Lantmäteriet 2025)

Parkeringsudden i sydost är en återfylld del av Göta älv och fylldes troligtvis ut i slutet av 1800-talet. Verkstadsbyggnader kopplade till varvsverksamheten har tidigare legat på platsen och dessa har troligtvis varit grundlagda på kohesionspålar, område C i Figur 5. Läge, djup och omfattning av dessa pålar har dock inte fastställts. Inget underlag har återfunnits på uppbyggnad av kajen på parkeringsuddens västra strand. Platsbesök och botten-scanning indikerar att kajen är spontad, dock har ingen bedömning på skick och omfattning gjorts.

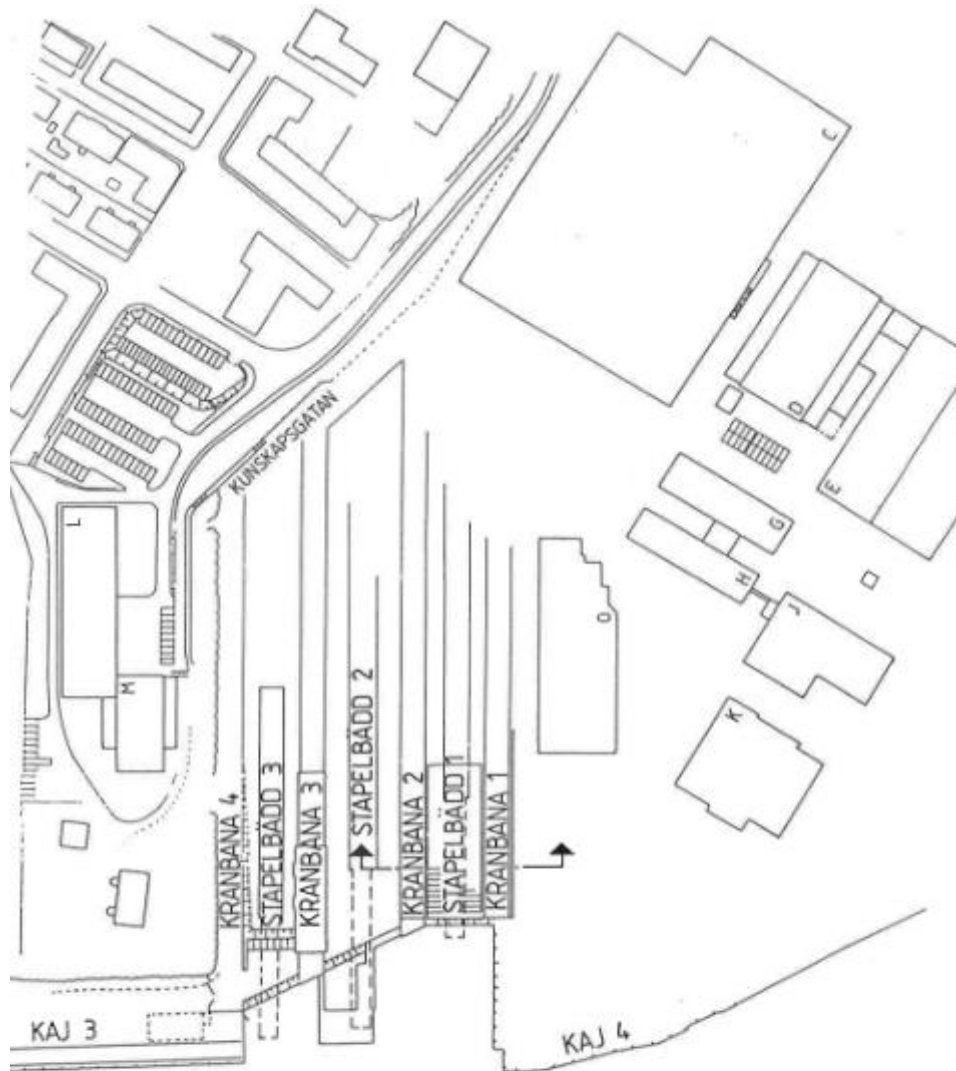
De gamla stapelbäddarna, se Figur 6 och Figur 7, vars kranbanor finns kvar än idag, är grundlagda direkt på berg, område A i Figur 5, eller med stödpålar på berg, område B i Figur 5. Stapelbäddarna användes för att bygga fartyg.



PLAN
SKALA 1:2000

- A. GRUNDLÄGGNING PÅ BERG
- B. GRUNDLÄGGNING MED STÖPÅLAR
- C. GRUNDLÄGGNING MED SVÄVANDE PÅLAR

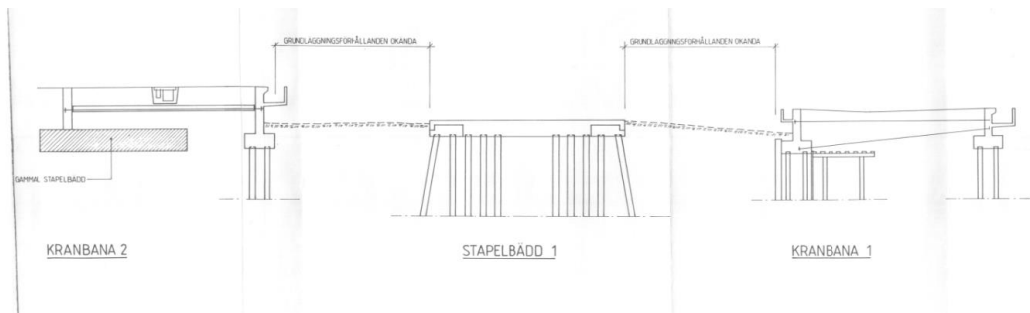
Figur 5. Plan över Lindholmen som visar generella områden för olika typer av grundläggning (BAAB, 1994).



PLAN
SKALA 1/2000

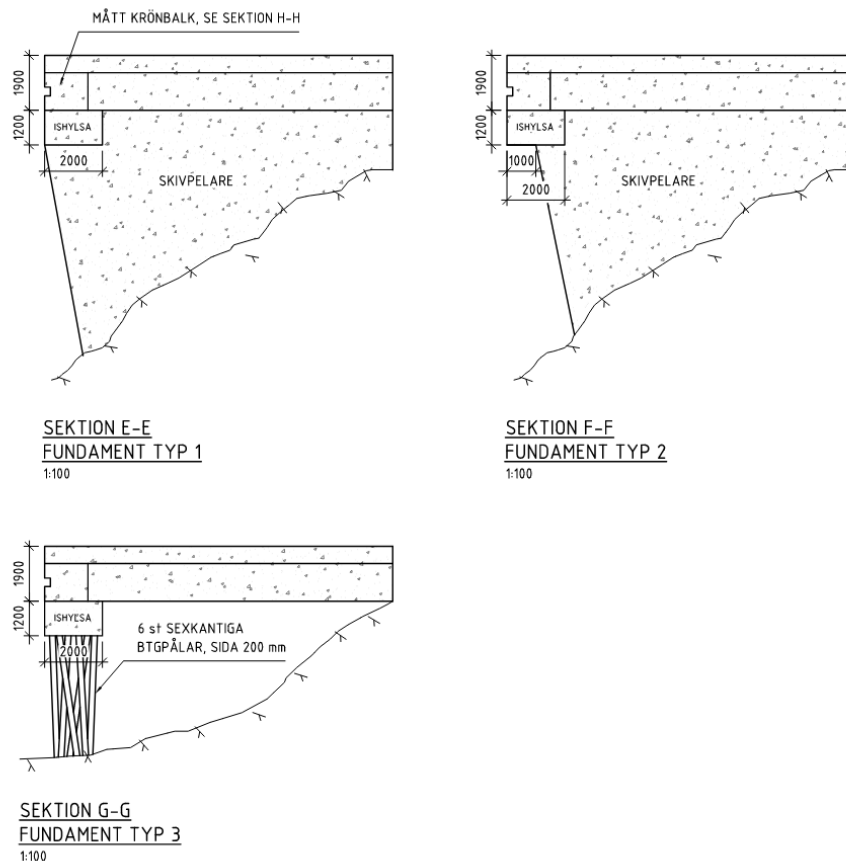
BENÄMNING AV TIDIGARE
STAPELBÄDDAR,
KRANBANOR OCH
KAJER

Figur 6. Plan över stapelbäddarna samt de konstruktionsdelar som går ut i älven (Bildkälla: BAAB, 1994)

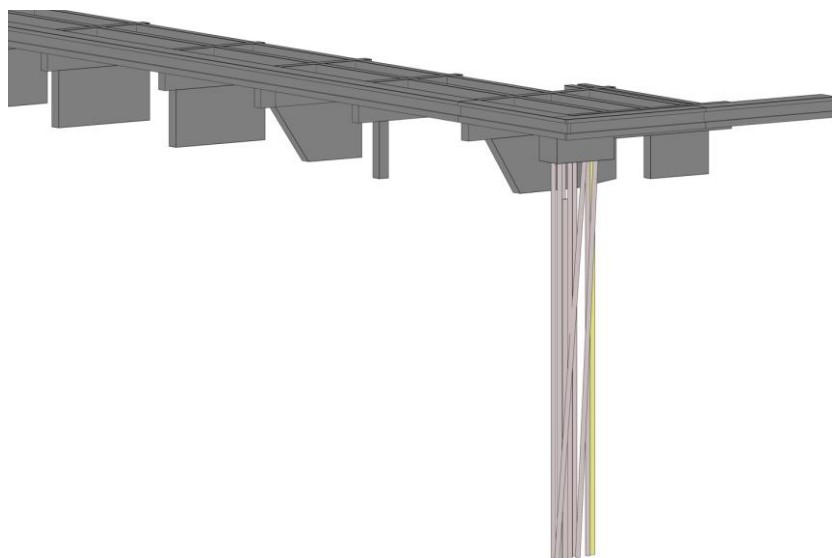


Figur 7. Sektion över grundläggning för kranbanor och stapelbäddarna (Bildkälla: BAAB, 1994).

Stapelbäddkajen väster om stapelbäddarna och intilliggande bostäder är grundlagda med skivpelare och pålar till berg (AFRY, 2023; ÅF Infrastructure, 2012), se Figur 8 och Figur 9, respektive direkt på plansprängt berg (Birger Ludvigson ingenjörbyrå AB, 1986).



Figur 8. Urklipp från befintlighetsritning med sektioner på fundamenttyper på stapelbäddskajen (Bildkälla: (ÅF Infrastructure, 2012).

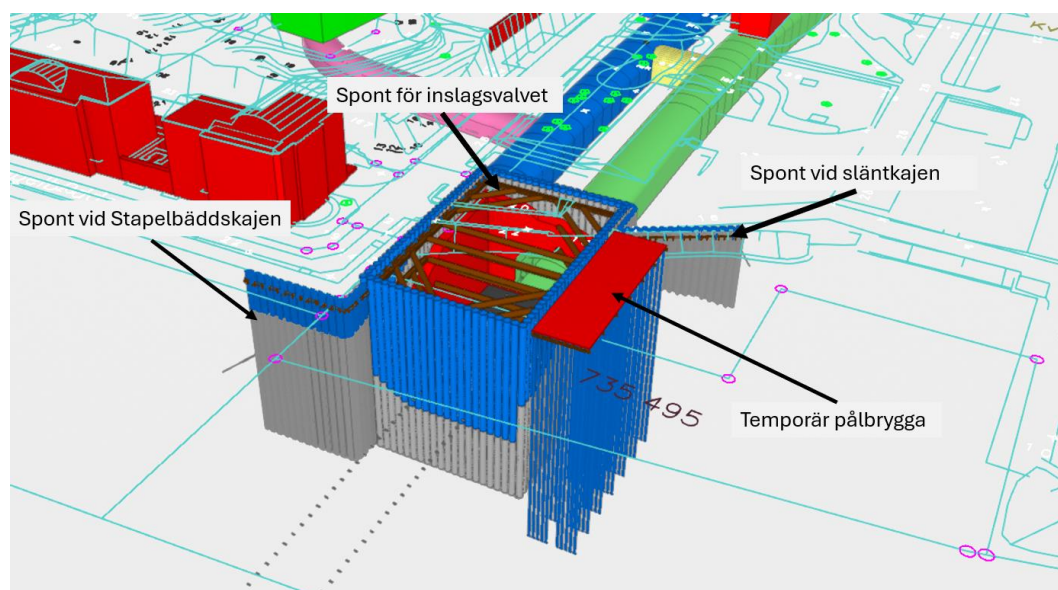


Figur 9. 3D-modell av stapelbäddskajen baserad på AFRY:s dykinspektion 2023. Vy från sydost (från projektet Lindholmsförbindelsens samordningsmodell)

6.2 Planerad byggnation

Inom projektet Lindholmsförbindelsen planeras en sänktunnel att byggas under Göta Älv. Sänktunneln ansluter till en bergtunnel på var sida om älven. Sänktunneln planeras att grundläggas på stödpålar. För att koppla samman sänktunneln med bergtunnlarna byggs inlagsvalv av betong på vardera sida älven. Arbetena kräver en stödkonstruktion vid älvkanten, så att jord- och bergschakt samt efterföljande betongarbeten kan utföras i torrhet.

För att säkerställa stabiliteten mot den muddrade rännan som anläggs för sänktunneln behövs även stödkonstruktioner vid Stapelbäddskajen samt vid släntkajen intill inlagsvalvet, se Figur 10.

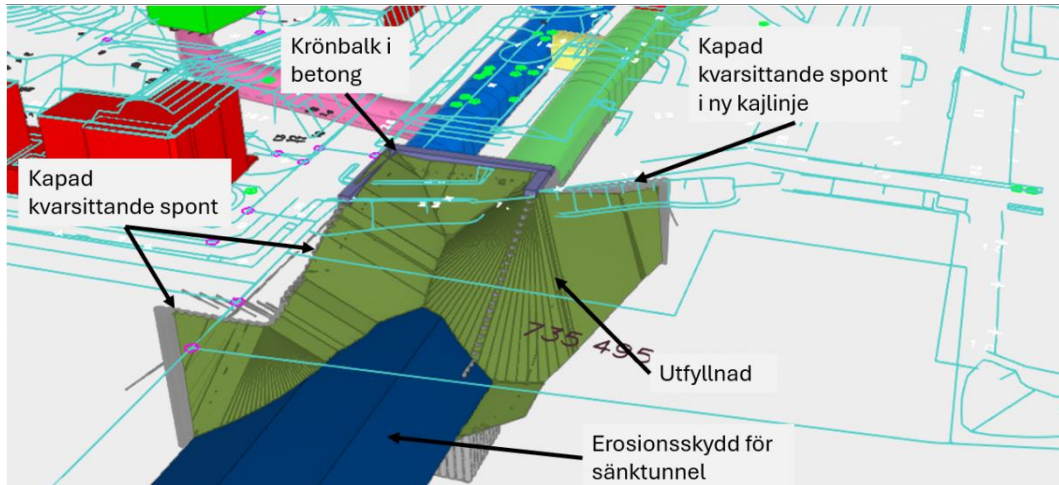


Figur 10. Vy över stödkonstruktioner vid norra älvstranden under byggnationstiden för projektet Lindholmsförbindelsen.



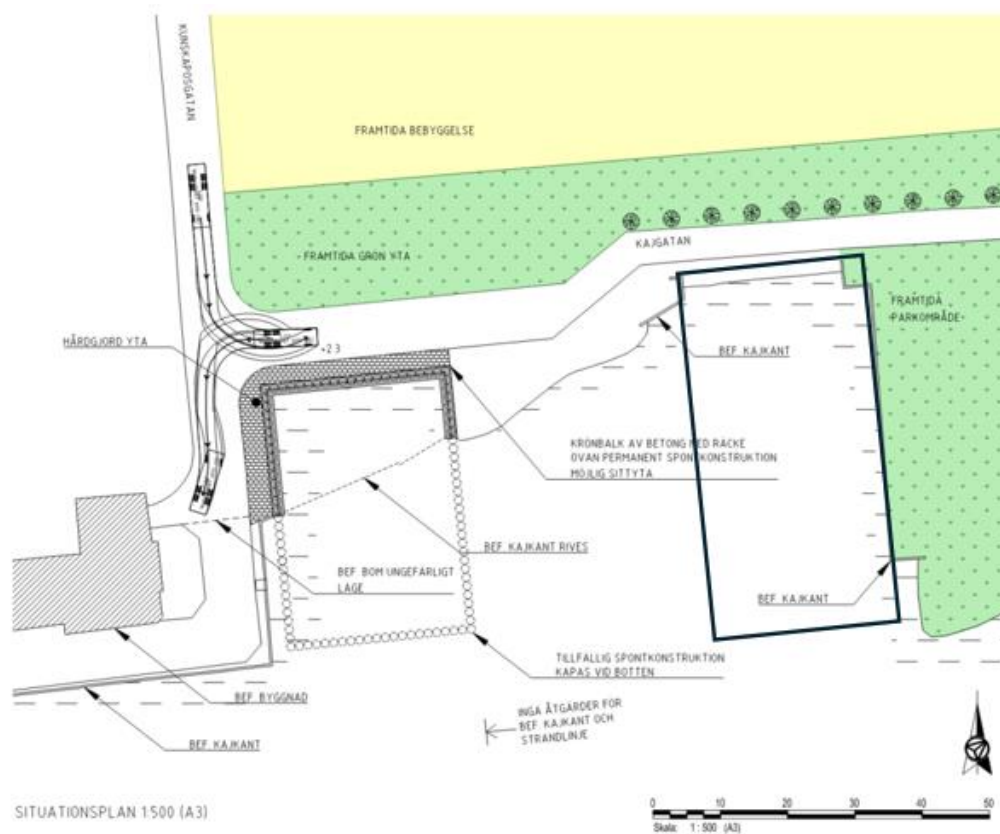
En återställning av älvstranden planeras inom projektet Lindholmsförbindelsen efter byggnation av inlagsvalv mellan bergtunnel och sänktunnel.

Den befintliga strandlinjen planeras att flyttas i linje med de kapade kvarsittande spontkonstruktionerna (se Figur 11) från byggnation av inlagsvalv där en krönbalk i betong planeras att gjutas över en del av den kapade stödstrukturen. Resterande del av stödstrukturen för inlagsvalvet kommer att kapas i nivå med botten och endast den undre delen blir kvar i marken. Utfyllnader kommer att göras i älven upp mot den befintliga kajen (se Figur 11).



Figur 11. Vy över projektet Lindholmsförbindelsens återställning i området för norra älvstranden, kapad kvarsittande spont längs med ny bottennivå för utfyllnad, samt ny kajlinje med krönbalk i betong.

Vid upprättandet av detta PM fanns ingen gällande planbeskrivning för övrig framtida bebyggelse inom planområdet. Det finns samtidigt planer på att eventuellt anlägga ett parkområde i vattnet öster om sänktunneln och inlagsvalvet (se Figur 12 för en översiktlig, konceptuell skiss). Skissen är illustrativ och utgör inget fastställt förslag, men inom markerat område kan en utbyggnad av parkområdet bli aktuell.



Figur 12. Översiktlig skiss som illustrerar en möjlig utformning av ett framtida parkområde öster om sänktunneln och inslagsvalvet. Skissen är endast konceptuell och utgör inte ett gällande förslag. Inom svart rektangel kan det eventuellt bli aktuellt att bygga ut parkområdet.



Öster om det berörda detaljplansområdet finns en byggrätt för ett trevåningshus, delvis belägen i ett område som idag utgörs av vatten. I *Figur 13* den övre bilden (med vårt detaljplaneområde markerat i färg) samt i den nedre bilden (ett utdrag ur gällande detaljplan) framgår byggrättens placering inom det inringade röda området.



Figur 13. Inringat område som visar placeringen av byggrätten för ett trevåningshus öster om det berörda detaljplansområdet. Den övre bilden visar vårt detaljplaneområde markerat i färg, och den nedre bilden visar ett utdrag ur gällande detaljplan.



Stapelbäddskajen och ca 50 m öster ut under stapelbäddarna varpå bergets naturliga slänt tar vid. Under stapelbäddarna och parkeringsudden består jordlagerföljden av fyllning, som vilar direkt på berg, men åt öst övergår till att underlagras av lera ovan friktionsjord på berg. Där berget släntar som brantast har ingen friktionsjord ovan berget kunnat utvärderas och det antas att leran ligger direkt på berg.

Djup till berg varierar inom större delen av området. Grundast är det i väst med berg i dagen varpå djupet ökar längre ut åt öster och söder. Djupet till berg varierar mellan 0 och 5 m under stapelbäddskajen och stapelbäddarna för att längre åt öst öka till ca 60m.

Fyllningen består till största delen av sand och grus. Fyllningens tjocklek varierar mellan ca 2 och 8 m.

Lerans mäktighet varierar mellan 3 och 47 m. Leran bedöms som homogen över djupet men bedöms som gyttjig de översta ca 15 metrarna.

Underlagrande **friktionsjord** har en mäktighet som är svår att uppskatta då sonderingarna har behövt avbrytas innan de nått berg. Friktionsjordens materialparametrar är inte vidare undersökta.

Jordlagerföljden inom området i älven är **Gyttja** ovan **lera** på berg. Gyttjans mäktighet varierar mellan 2 och 5 meter inom området och djup till berg i området har varit svårt att fastställa då stora djup till berg med sondering från vatten, sonderingar har stannat vid ca 80 meter djup, utan att nå berg.

Sonderingar inom området har visat att det översta jordlagret i älven innehåller förorenade massor. Den exakta mäktigheten för föroreningarna är vid skrivande stund ej utrett.

6.5 Materialegenskaper

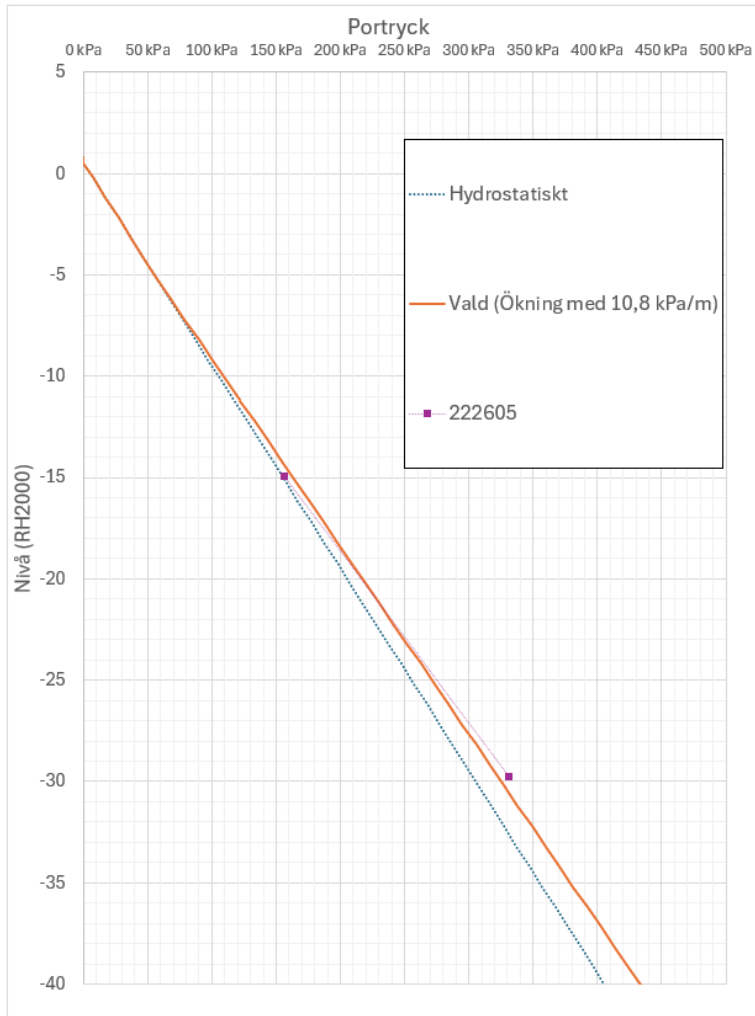
Underlag för samtliga jordparametrar för stabilitetsutredningen redovisas i Bilaga 1.

6.6 Grundvatten- och portryckförhållanden

Grundvattenytan har kontrollerats genom installation av grundvattenrör i 4 undersökningspunkter. För mätningar av grundvattenyta och dimensionerande grundvattenyta, se EXF-2023-00924-50H-025-0000-4001 (PM Hydrogeologi Detaljplan Tunnel).

Grundvattenmätningar visar på att grundvattennivån i det övre magasinet har en korrelation med vattenståndet i Göta älv.

Portrycket i leran bedöms utifrån portrycksmätningar i 3 undersökningspunkter. Portrycket i leran bedöms ha en hydrostatisk fördelning ner till nivå -6 följt av en ökning på 10,8 kPa per meter, se Figur 16.



Figur 16. Graf med hydrostatisk, uppmätt och vald portrycksprofil i älvnära området på Lindholmen.

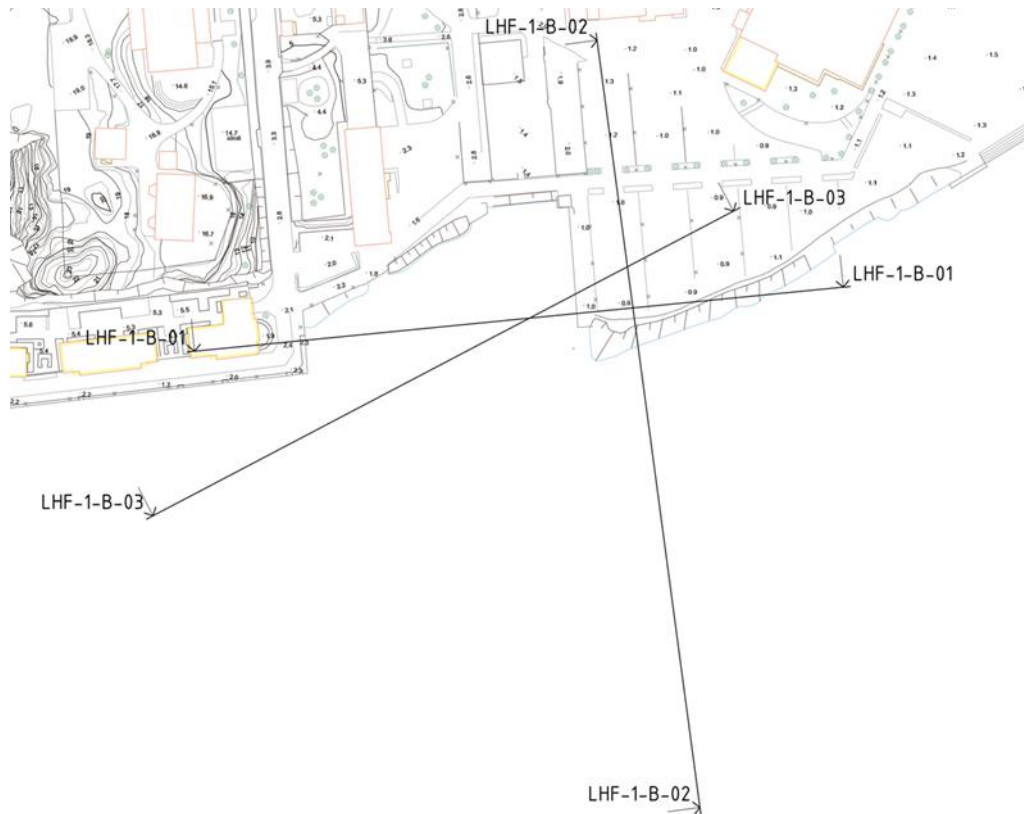
6.7 Stabilitetsförhållanden

6.7.1 Stabilitet befintliga förhållanden

I samband med projektering av Lindholmsförbindelsen i systemhandlingsskedet genomförde ELU Konsult en stabilitetsutredning för befintliga förhållanden i området. Utredningen har endast kontrollerats för befintliga förhållanden, och inte förhållanden som tillåts inom befintlig detaljplan (uppfyllnad 0,5m samt ev. nybyggnationer), dessa kontroller kommer att utföras till granskningshandling.

Tre beräkningssektioner har valts för kontroll av stabiliteten med avseende på befintliga förhållanden inom området vid Lindholmen, se Figur 17 nedan.

Motivering och val av beräkningssektioner redovisas i Bilaga 1.



Figur 17. Valda beräkningssektioner för befintlig stabilitet på Lindholmen.

För parkeringsytan på Lindholmen har en karakteristisk ytlast på 5 kPa antagits enligt anvisningar från IEG 4:2010. Parkeringslasterna har valts att beaktas i både odränerad och kombinerad analys då lasterna anses kunna bli varaktiga.

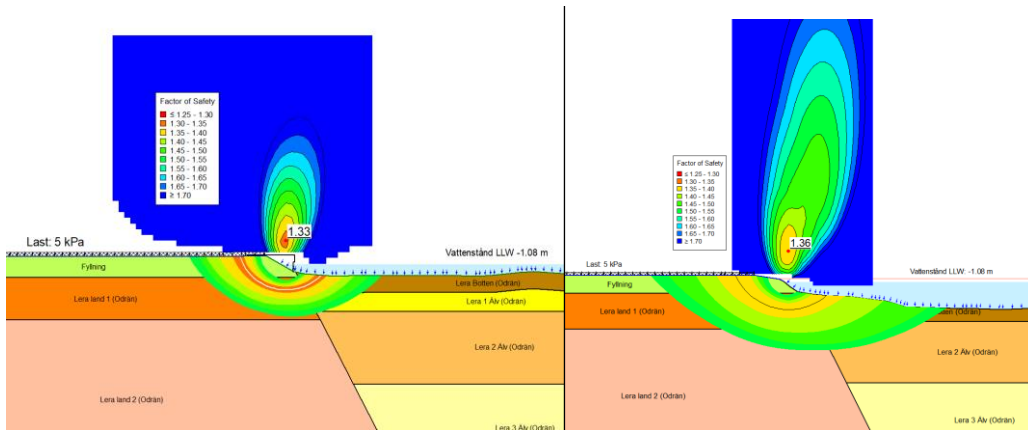
Utifrån en bedömning av gynnsamma och ogynnsamma förhållanden har erforderlig säkerhetsfaktor valts till $F_c \geq 1,3$ och $F_{komb} \geq 1,2$. Valet av den låga säkerhetsfaktorn motiveras av att omfattning och konsekvens av de beräknade kritiska glidytorerna anses som små.

Resultaten av utredningen visade en säkerhetsfaktor på $F_c=1,33$ till 1,37 och $F_{komb}=1,41$ till 1,49 för de beräknade sektionerna, vilket visar att stabiliteten för samtliga tre sektioner bedöms som tillfredsställande, se Figur 18. Beräkningarna förutsätter en parkeringslast på 5 kPa över hela ytan, bortsett från ovanpå kajkonstruktionen i väster.

Vid ändrade förutsättningar ska stabiliteten kontrolleras för aktuellt fall.

Muddring som sker i älven efter projektets färdigställande och som planeras till större djup än aktuellt sjökortsdjup måste föregås av en stabilitetsutredning för aktuellt fall.

Stabilitetsutredningen i sin helhet redovisas i Bilaga 1.



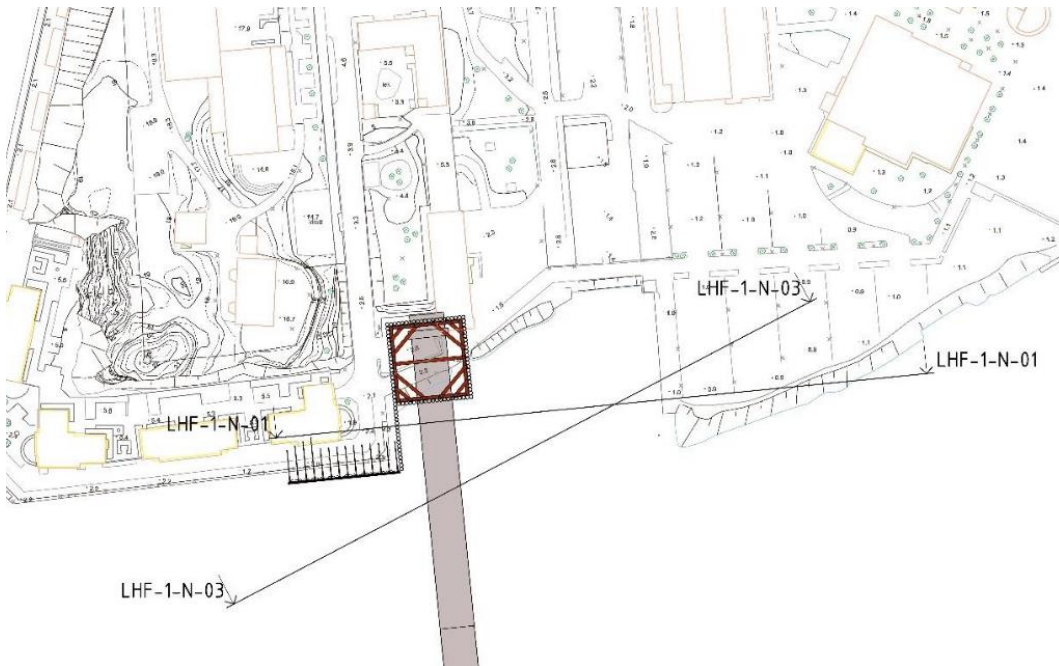
Figur 18. Stabilitetsanalys för Lindholmen (Sektion LHF-1-B-01 och LHF-1-B-02, odränerad analys)

6.7.2 Stabilitet planerade förhållanden

I samband med projektering av Lindholmsförbindelsen i systemhandlingskedet genomförde ELU Konsult en stabilitetsutredning för planerade förhållanden i området, både under byggnationstiden för projektet Lindholmsförbindelsen, samt permanentskedet. Övrig planerad byggnation inom planeringsområdet har ej kontrollerats i detta skede. Detta kontrolleras vid behov till granskningshandling av aktuell handling.

Två beräkningssektioner har valts för kontroll av stabiliteten med avseende på planerade förhållanden inom området vid Lindholmen, se *Figur 19* nedan.

Motivering och val av beräkningssektioner redovisas i Bilaga 3.



Figur 19. Valda beräkningssektioner för nybyggd stabilitet på Lindholmen.



6.7.2.1 Byggskede

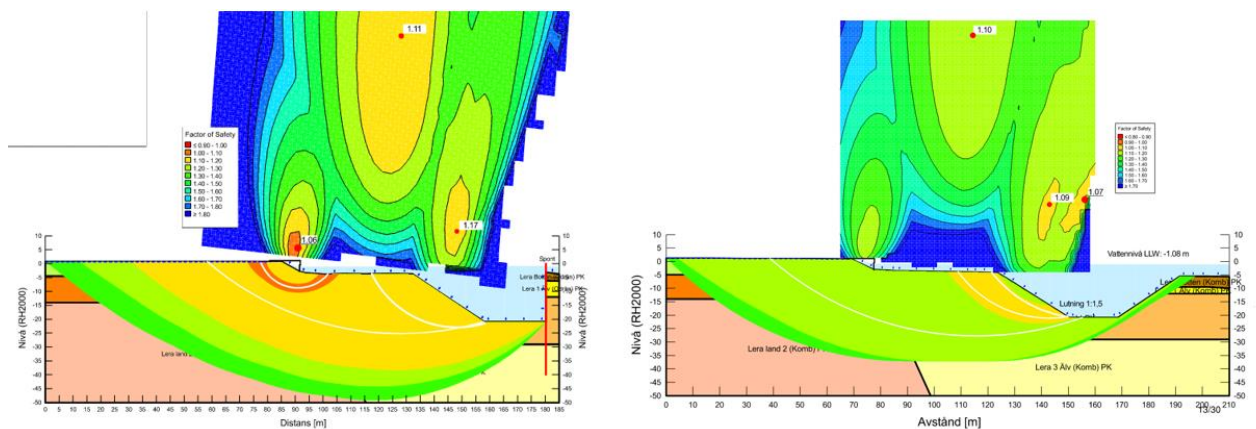
Stabiliteten under byggskedet för Lindholmsförbindelsen bedöms som tillfredställande med restriktioner på belastningar inom området för parkeringen öster om tunnelinjen (område benämnt "Parkering" i Figur 4). Ingen belastning av ytan får ske under tiden den muddrade rännan i älven är öppen. Beräkningar för att kontrollera stabiliteten under byggskedet är utförda enligt sektion LHF-1-N-01 samt LHF-1-N-03 från Figur 19.

Erforderlig säkerhetsfaktor har valts utifrån ansatt säkerhetsklass. För glidytor vid Lindholmen redovisas två glidytor med tillhörande säkerhetsfaktorer:

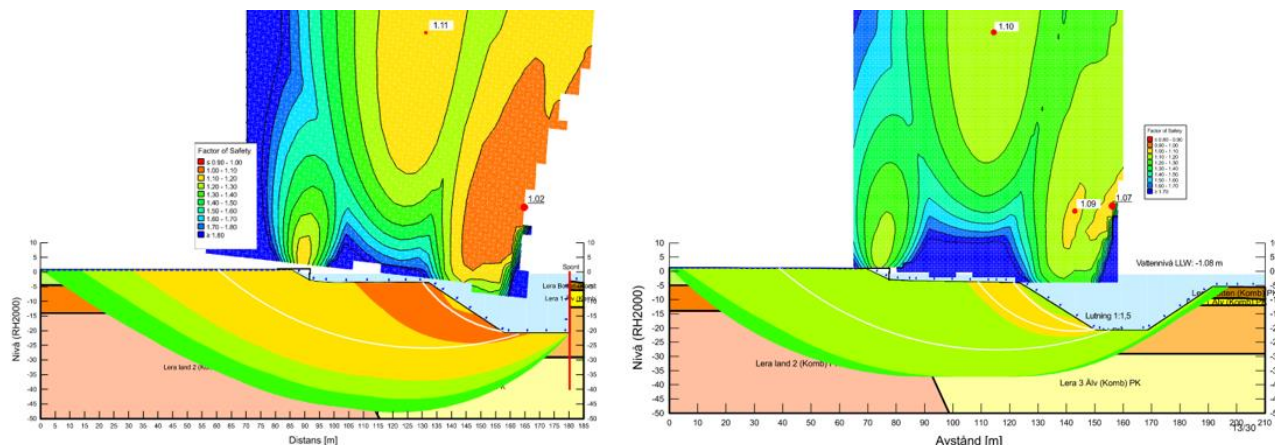
- För glidytor som har en utbredning som sträcker sig från muddrad ränna upp på land, ansätts säkerhetsklass 3 (SK3) och säkerhetsfaktorn väljs till $F_{EN} \geq 1,1$
- För glidytor som har en utbredning lokalt i slänten för den muddrade rännan ansätts säkerhetsklass 2 (SK2) och säkerhetsfaktorn väljs till $F_{EN} \geq 1,0$

Valet av säkerhetsklass 2 för stabiliteten lokalt i slänten för den muddrade rännan motiveras av omfattning och konsekvens av de beräknade kritiska glidytor anses som små.

Resultaten av utredningen visar en lägsta säkerhetsfaktor på $F_c=1,10$ samt $F_{komb}=1,10$ för den stora glidytan, och $F_c=1,17$ samt $F_{komb}=1,02$ för den mindre lokala glidytan vid den muddrade rännan. Detta visar att stabiliteten för samtliga sektioner bedöms som tillfredsställande. Se Figur 20 och Figur 21.



Figur 20. Stabilitetsanalys för Lindholmen (Sektion LHF-1-N-01 och LHF-1-N-03, odränerad analys)



Figur 21. Stabilitetsanalys för Lindholmen (Sektion LHF-1-N-01 och LHF-1-N-03, kombinerad analys)

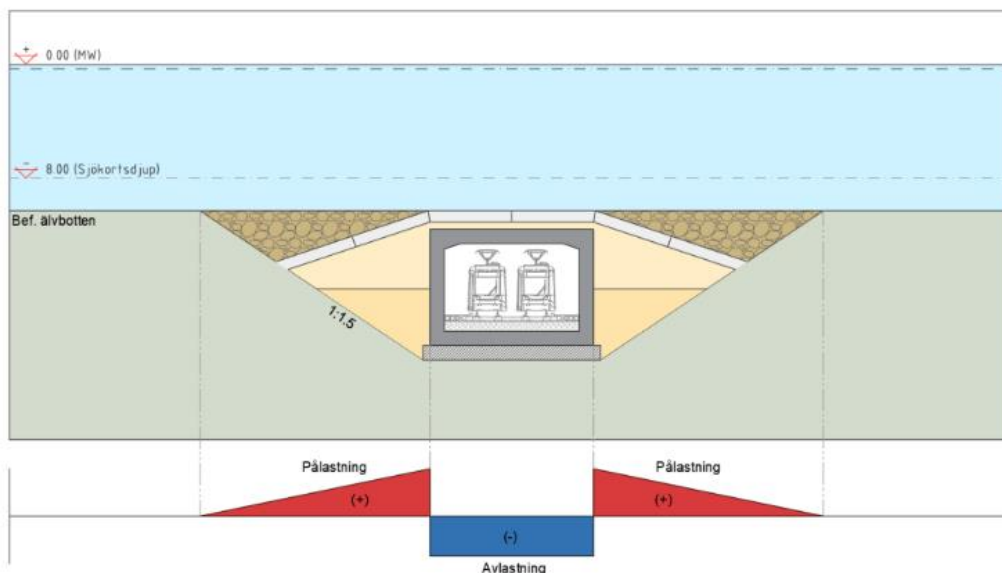
Vid ändrade förutsättningar ska stabiliteten kontrolleras för aktuellt fall.

Muddring som sker i älven efter projektets färdigställande och som planeras till större djup än aktuellt sjökortsdjup måste föregås av en stabilitetsutredning för aktuellt fall.

För stabiliteten mot den muddrade rännan vid stapelbäddskajen och släntkajen krävs det temporära stödkonstruktioner under byggskedet, se Figur 10.

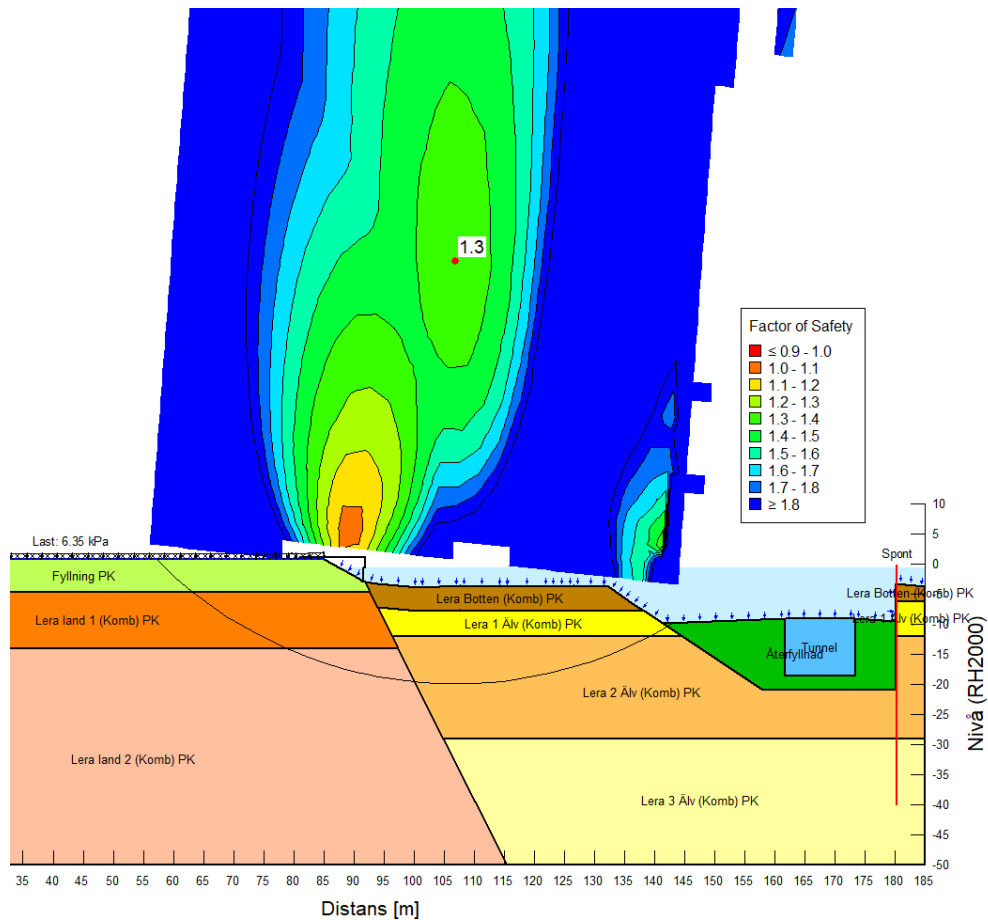
6.7.2.2 Permanentskedet

Stabiliteten i permanentskede bedöms som tillfredsställande då återfyllnad kring sänktunnel innebär en lasthöjning jämförts med befintliga förhållanden, se Figur 22.



Figur 22 Schematisk illustration av lastförhållanden över tunneltvärsnittet, med markering av området för pålastning respektive avlastning.

En översiktlig beräkning har gjorts för att kontrollera bedömningen, se Figur 23, som visar att inga glidytor som skulle kunna innebära någon stabilitetsproblematik uppkommer på grund av återfylld tunnelkonstruktion. Denna beräkning redovisas i sin helhet i Bilaga 3.



Figur 23. Kontrollberäkning av stabilitetsförhållanden (Sektion LHF-1-N-01) för permanenta förhållanden efter planerad tunnel är färdig.

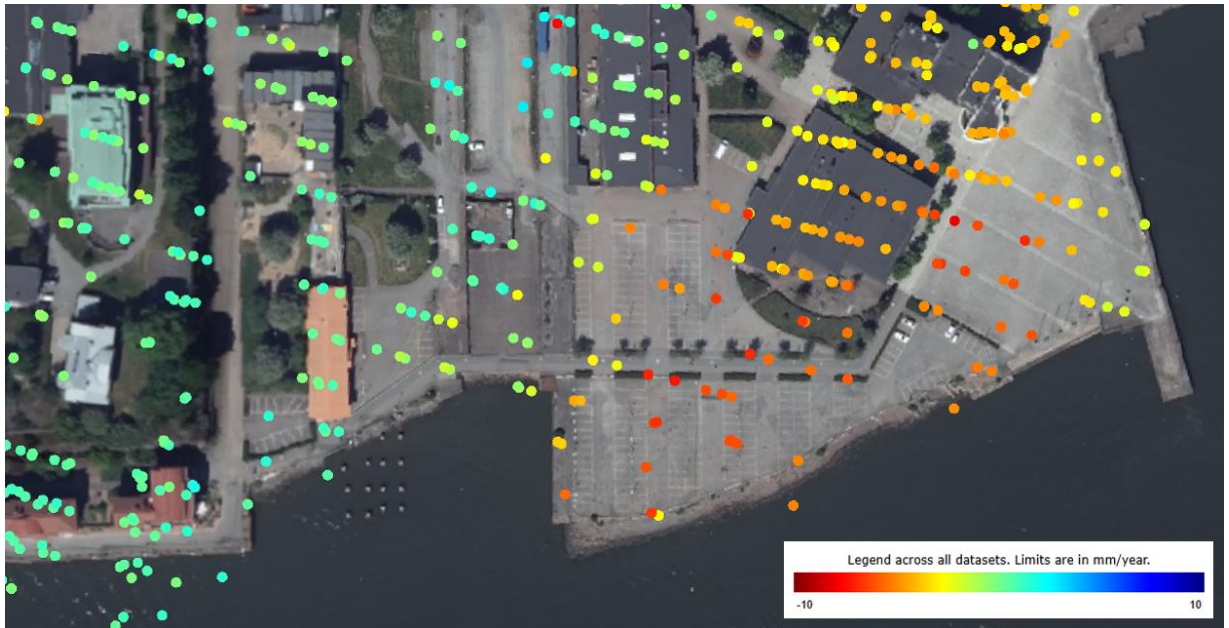
Efter återfyllning av den muddrade rännan kommer en återfyllning med slänter mot befintlig släntkaj och stapelbäddskaj att utföras enligt Figur 11. Verifikationerna av stabiliteten för denna utformning kommer att utföras till granskningshandling.

6.8 Sättningsförhållanden

Landområdet där det finns lera är känsligt för sättningar vid förändringar i last och portryck. De planerade konstruktionerna i Lindholmsförbindelsen i aktuellt område förändrar ej lastsituationen.

Det pågår stora sättningar i de uppfyllda landområdena vid parkeringen till öster om det aktuella planområdet med en sättningshastighet på ca -7mm/år (Figur 24).

Även området i älven domineras av lösa sediment av gyttja följt av lera till stora djup inom det aktuella området. Leran i älven är känslig för sättningar vid förändringar i last och portryck. Inga mätningar för sättningar för älvbotten har utförts.



Figur 24. Uppmätta sättningshastigheter baserade på inSAR-mätningar (insar.rymdstyrelsen.se) visar på betydande sättningar, med hastigheter på ca 7 mm per år i de östra delarna av området. Dessa sättningar sammanfaller med områden som har utfyllts utanför den ursprungliga strandlinjen, där fyllnadsmäktigheten är stor.

6.9 Grundläggningsmetoder

Sänktunneln kommer att grundläggas på berg närmast älvkanten samt med stödpålar till berg i älven. I de delar där det förekommer släntberg vid älvkanten, kommer tunneln att grundläggas med borrade stålrörspålar till berg. För att möjliggöra byggnation av inslagsvalvet i torrhet krävs en tät stödkonstruktion, exempelvis en spont eller annan tät konstruktion.

För byggrätten av det trevåningshus som planeras öster om sänktunneln, enligt gällande detaljplan (se Figur 13), bedöms grundläggningen kunna utföras delvis på berg och delvis med stödpålar till berg innanför älvkanten. För utbyggnad i älven föreslås en pålbrygga, stödpålad till berg. För att minimera påverkan på sänktunneln bör ej massundanträngande pålar användas, exempelvis borrade stålrörspålar. Då det även förekommer släntberg inom aktuellt område borrade pålar behöva användas.

För övrig framtida bebyggelse inom planområdet har det vid upprättandet av detta PM inte funnits någon gällande planbeskrivning om vad som ska uppföras. Följande avsnitt är därför generellt hållna och redogör för möjliga grundläggningsprinciper baserade på kända markförhållanden.

Grundläggningsförutsättningarna varierar inom området beroende på djup till berg. I den västra och norra delen av planområdet på land är det relativt grunt till berg, och eventuell framtida bebyggelse bedöms kunna grundläggas direkt på berg eller med stödpålar till berg.

I området öster om inslagsvalvet och sänktunneln, där stora lerdjup förekommer och pågående sättningar har noterats, behöver tunnelkonstruktionen särskilt beaktas vid val av grundläggningsmetod och utbyggnadssätt. Tyngre konstruktioner inom detta område bedöms kräva pålgrundläggning med stödpålar till berg, och pålarna måste dimensioneras för att ta upp påhängslaster längs hela sin längd.



För att minimera påverkan på sänktunneln bör pågrundläggning i vattenområdet öster om inslagsvalvet, inom ett avstånd av cirka 1,0 gånger aktuell pållängd från tunneln, utföras med pålar som medför så liten massundanträngning som möjligt. Detta innebär att borrade stålörspålar bör användas.

Det skyddande avståndet från tunneln varierar längs dess sträckning, eftersom bergdjupet förändras. Närmast påslaget är avståndet till centrum av tunneln cirka 45 meter, medan det vid parkeringsudden, där bergdjupet är större, uppgår till cirka 85 meter.

Kohesionspålar bör undvikas i detta område, då de riskerar att orsaka tillskottsbelastningar på sänktunnelns grundläggning, vilket i sin tur kan leda till deformationer i tunnelkonstruktionen.

Om staden avser att genomföra pålning eller spontning i detta område bör en fördjupad utredning genomföras, där konsekvenserna för sänktunneln utreds i detalj. Syftet är att säkerställa att tunneln dimensioneras med hänsyn till möjliga mindre rörelser orsakade av massundanträngning, så att en tillräckligt robust konstruktion uppnås.

Exempel på andra lämpliga konstruktionstyper i området inkluderar bryggkonstruktioner, flytbryggor och andra lösningar som möjliggör park- eller vistelseytor. Även pålade kajkonstruktioner, med eller utan bebyggelse, kan vara lämpliga beroende på utformning och krav på markpåverkan.

Utfyllnader i vattenområdet öster om inslagsvalvet är möjliga, men kräver noggrann utformning med hänsyn till markförhållandena. Leran i området är sättningsbenägen, och betydande sättningar kan uppstå vid lastökning.

För att möjliggöra uppfyllning krävs att spontkonstruktioner utformas som bakåtförankrade, permanenta stödkonstruktioner, förankrade till berg. Dessa stödkonstruktioner är nödvändiga dels för att säkerställa stabiliteten mot älven, dels för att den förändrade lastsituationen inte ska påverka sänktunneln negativt, exempelvis genom inducerade sättningar. På grund av förekomst av släntberg i området behöver stödkonstruktionerna föras ner till stora djup. Detta medför att konstruktionerna behöver utföras som borrade rörspont, vilket är mycket kostnadsdrivande.

Miljöundersökningar har visat att bottenmassorna i älven är förorenade, och att dessa kan sträcka sig flera meter ner i djupet. Detta innebär att stora volymer förorenat material kan behöva schaktas bort innan byggnation får tillåtas ovanpå, vilket medför både höga kostnader och potentiella stabilitetsproblem vid älvstränderna.

I dagsläget tillåts inte fyllning ovanpå förorenade sediment utan att förorenade massor först avlägsnas. Detta påverkar samtliga byggåtgärder i området och behöver därför beaktas redan i ett tidigt planeringskede.

Om bortschaktning ska genomföras måste det säkerställas att ogynnsamma markrörelser inte uppstår som kan påverka sänktunneln. Detta kan kräva omfattande stödkonstruktioner. Därutöver påverkar schakt i vatten även den geotekniska stabiliteten för intilliggande markområden norr och öster om det förorenade området. Även detta behöver utredas och säkerställas innan schaktarbeten i vattnet kan tillåtas.

De kaj- och strandkonstruktioner som i dag utgör kajkanten öster och väster om sänktunneln utgörs av äldre anläggningar, vilka enligt den inventering som utförts inom projektet Lindholmsförbindelsen är i behov av åtgärder i form av utbyte eller



AFRY



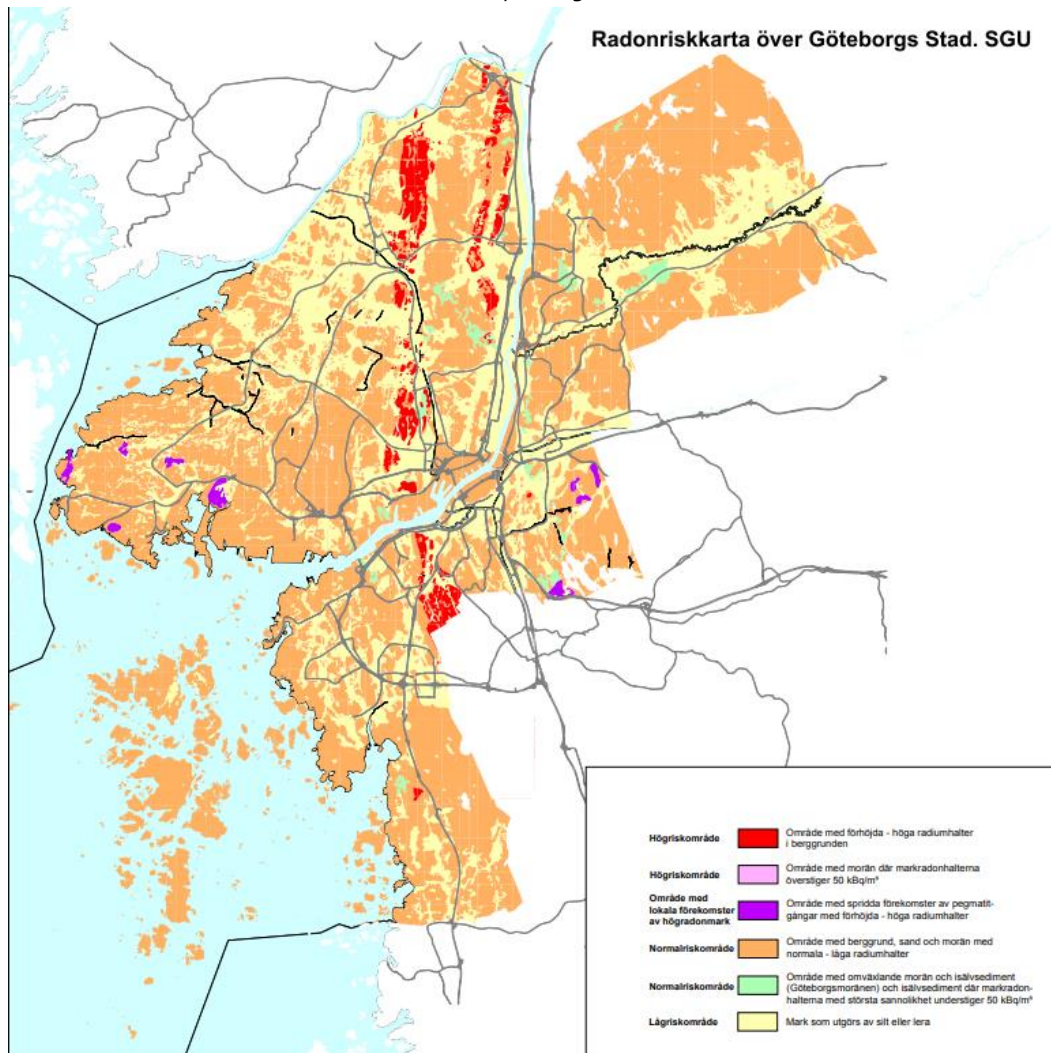
omfattande underhåll.

Utifrån detta ser vi inga principiella hinder för att anlägga nya kajkonstruktioner som möjliggör önskade marknivåer i strandzonen, och samtidigt skapar det älvkantskydd som kommer att krävas i framtiden med hänsyn till förväntade vattenståndshöjningar i Göta älv.

Vid utformning och byggnation av sådana kajkonstruktioner måste dock särskild hänsyn tas till omgivningspåverkan och markrörelser, eftersom sänktunneln i detta läge är känslig för laterala (sidleds) deformationer i omgivande mark. Risken för påverkan behöver därför utredas, begränsas och hanteras i den tekniska projekteringen.

6.10 Radon

Radonmätningar har inte utförts i området. Göteborgs Stads radonriskkarta visar på normalriskområde i det berörda området, se *Figur 25*



Figur 25. Radonriskkarta över Göteborgs Stad, SGU (2025).

6.11 Erosionsförhållanden

Ett befintligt erosionskydd finns längs med älvstranden. Inom projektet Lindholmsförbindelsen planeras ett erosionskydd ovan sänktunneln. Erosionskyddet längs med älvstranden planeras återställas till nuvarande utformning.

6.12 Klimatanpassningsåtgärder

Den befintliga markytan i aktuellt området är låg och i direkt anslutning till Göta älv, detta medför en risk för översvämning i området vid högre vattenstånd.

Höjda grundvattennivåer medför ökade portryck i marken, vilket minskar den effektiva spänningen. Detta kan påverka både stabilitet och sättningsförhållanden. Den minskade effektiva spänningen leder till reducerad skjuvhållfasthet i jorden och därmed försämrade slänt- och grundstabilitet, särskilt i finkorniga jordar. För sättningsförhållandena kan förändringen initialt minska ytterligare konsolidering, men vid långvariga eller varierande vattennivåer kan variationer i portryck och markens



kompressabilitet orsaka ojämna rörelser och differentialsättningar. Påverkan bedöms främst kunna bestå av försämrad stabilitet och förändrade sättningsmönster snarare än omfattande ökade sättningar.

6.13 Förutsättningar för byggnation

Området innehåller som beskrivet ovan komplicerade geotekniska förhållanden med stabilitet och sättningar i och med mäktiga lerlager. Förutsättningarna för byggnation i området är därför komplicerade och planerade konstruktioner behöver utredas så att de tar hänsyn till dessa förutsättningar.

Pålning:

- Västra och norra delar: relativt grunt till berg, möjlig grundläggning direkt på berg eller med stödpålar.
- Östra delen: stora lerdjup, kräver hänsyn till sänktunneln vid grundläggning. Borrade stålrörspålar till berg rekommenderas för att minimera massundanträngning och sättningar. Påhängslaster behöver beaktas vid dimensionering av pålelement.

Sänktunnelns grundläggning:

Tunneln grundläggs på berg närmast älvkanten, med stödpålar till berg i vattnet. För byggnation i torrhet av inlagsvalvet krävs tät stödkonstruktion. Där det finns släntberg närmast älvkanten används borrade stålrörspålar. För älvstrandens stabilitet under byggskedet krävs temporära stödkonstruktioner till väster och öster om inlagsvalvet.

Byggrätten öster om tunneln (3-våningshus):

Grundläggning kan ske på berg eller med stödpålar till berg för delen på land. I vattnet kan utbyggnader ske via pålbryggor med borrade stålrörspålar som överför lasten direkt till berg och ger minimal massundanträngning.

Exempel på möjliga byggnadsstrukturer i älven:

Bryggor, flytbryggor och pålade kajer, med eller utan byggnader, är möjliga lösningar i området.

Utfyllnader i älven:

Utfyllnader i vattnet kräver stora permanenta bakåtförankrade stödkonstruktioner till berg. I områden med släntberg krävs borrarad rörspont, vilket är kostnadsdrivande.

Markföroreningar:

Bottenmassor i älven är förorenade, vilket kan kräva omfattande schakt och borttransport innan byggnation. Åtgärder måste säkerställa att inga ogynnsamma markrörelser uppstår i närheten av sänktunneln och att stabiliteten för angränsande kajområden upprätthålls.

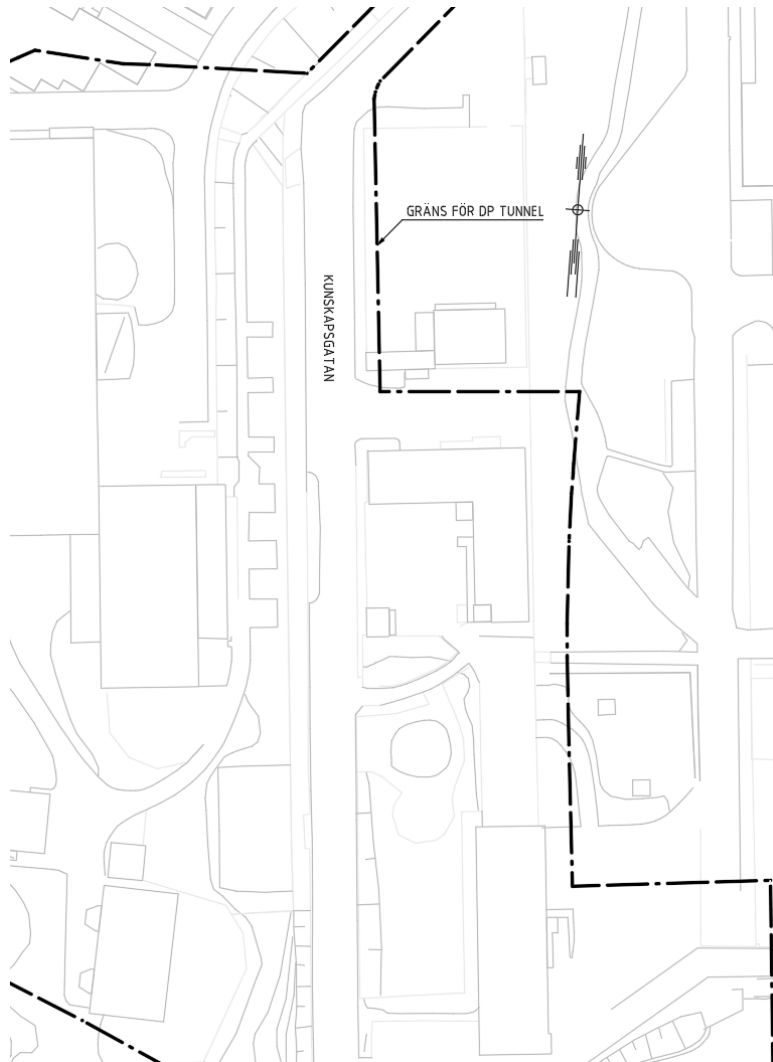
Ombyggnad av befintliga kaj- och strandkonstruktioner:

Befintliga kajer är gamla och behöver underhåll eller ersättas. Nya kajer kan byggas för önskade nivåer på strandnära ytor och älvkantskydd, men måste dimensioneras för att minimera påverkan på tunneln.



7 Lindholmen – väg för servicefordon

Gräns för DP tunnel i aktuellt område vid Kunskapsgatan redovisas i Figur 26.



Figur 26. Gräns för DP Tunnel vid väg för servicefordon, Kunskapsgatan.



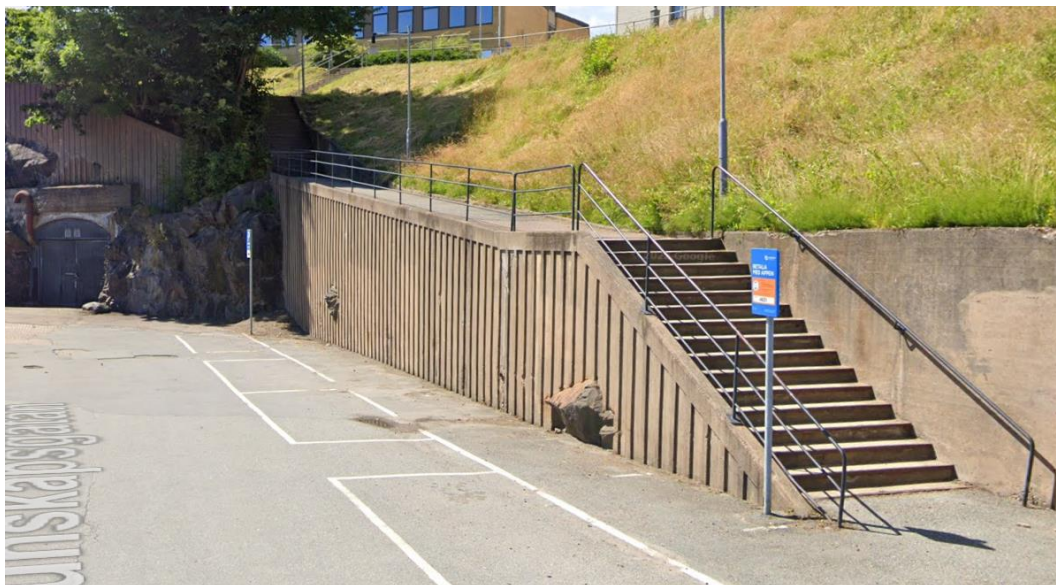
7.1 Befintlig bebyggelse

Se Figur 27 för översikt över befintlig byggnation i området.



Figur 27. Översiktsbild befintliga konstruktioner på det aktuella området (Bildkälla Google maps 2025)

En befintlig betongmur med bakomliggande slänt löper längs med Kunskapsgatan mot Plejadgatan, se Figur 28.



Figur 28. Bild på den befintliga betongmuren och slänt mot Plejadgatan, vy från Kunskapsgatan (Bildkälla Google maps 2025)

En befintlig betongkonstruktion som tidigare varit förankring till kranbana i varvsverksamheten området löper längs med Kunskapsgatan mellan Kunskapsgatan och bergväggen, se Figur 29.



Figur 29. Bild på befintlig betongkonstruktion mellan bergvägg och befintlig väg. (Bildkälla Google maps 2025)

På den östra sidan av vägen finns en gräsbeklädd slänt mot Renovas mikroterminal, se Figur 30 för bild över slänt, och staket till Renovas mikroterminal.



Figur 30. Slänt öster om befintlig väg, staket mot Renovas mikroterminal. (Bildkälla Google maps 2025)

Längre bort längs vägen mot älven finns en befintlig stödmur med gräsbeklädd slänt mellan vägen och de tillfälliga barackerna, se Figur 31 för bild över stödmur, slänt och tillfälliga baracker för förskola.



Figur 31 Befintlig stödmur längs med vägens östra sida, tillfälliga baracker för förskola syns bakom slänten. (Bildkälla Google maps 2025)

7.2 Planerad byggnation

I projektet Lindholmsförbindelsen planläggs ett markanspråk för utrymmet som krävs för servicefordons åtkomst till Påslag för servicetunnel (beskriven i kapitel 8 Lindholmen – Påslag för servicetunnel och frånluftsschakt). Vägens läge ändras ej i planerat utförande.

7.3 Topografi och ytbeskaffenhet

Området består av hårdgjorda ytor i form av vägar och parkeringsplatser med kullersten och asfalt. Mot väster finns den framsprängda bergväggen längs med Kunskapsgatan. Marknivån för vägen sluttar ned mot älven från en nivå på ca +3,5 i norr till ca +2,5 närmast älven. Öster om vägen ökar marknivån mot återvinningscentralen med en gräsbeklädd slänt. Mot söder övergår slänten till en stödmur med en gräsbeklädd slänt mot den tillfälliga förskolan i baracker. Marknivån bakom slänten är plan längs med hela vägen med en nivå på ca +3,5.



7.4 Jordlagerföljd

Jordlagerföljden inom aktuellt område är generellt **fyllning** på berg. I området närmast älven är fyllningens mäktighet ca 2–3 meter som underlagras av en mindre mäktighet av **lera** ovan berg. Djup till berg varierar i området mellan 1 och 4 meter.

Från SGU:s Fastmarkskarta i aktuellt område redovisas i Figur 32.



Figur 32. SGU:s Fastmarkskarta, grön symboliserar fastmark, röd symboliserar ej fastmark (SGU 2025)



7.5 Materialegenskaper

Inga prover för materialegenskaper upptagits i aktuellt område för fyllningen. Materialegenskaperna har därför utvärderats utifrån empiriska egenskaper.

Tabell 1. Valda värden på jordparametrar för området Lindholmen – väg för servicefordon.

Jordlager	Egenskaper	Valda värden
Fyllning Från markyta till nivå -2,0 (Minsta mäktighet 0,5m)	Tunghet ¹	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ $\gamma' = 11 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet ¹	$\phi' = 37^\circ$

¹ Empiriskt värde från TRVINFRA

7.6 Grundvatten- och portryckförhållanden

Grundvattenytan har inte kontrollerats i vägen, grundvattenmätningar i området intilliggande vägen visar på att grundvattennivån i det övre magasinet har en korrelation med vattenståndet i Göta älv. För mätningar av grundvattenyta och dimensionerande grundvattenyta, se EXF-2023-00924-50H-025-0000-4001 (PM Hydrogeologi Detaljplan Tunnel).

7.7 Stabilitetsförhållanden

7.7.1 Stabilitet befintliga förhållanden

Befintliga stabilitetsförhållanden bedöms ur geoteknisk synpunkt som goda i stora delar av området med hänsyn till områdets flacka yta. Stabiliteten för den befintliga stödmuren och tillhörande bakåtliggande slänt som ansluter mellan Kunskaipsgatan och Plejadgatan kontrolleras till granskningshandling.

De befintliga slänterna längs med vägen bedöms ej utgöra en geoteknisk risk, se Figur 30 och Figur 31. Inga geotekniska stabilitetsproblem bedöms inom aktuellt område där berg i dagen förekommer.

7.7.2 Stabilitet planerade förhållanden

Inga geotekniska stabilitetsproblem bedöms förekomma med hänsyn till planerad väg för servicefordon då befintlig väg är grundlagd med fyllning på berg och ingen förändring av nivåer planeras.

7.8 Sättningsförhållanden

Där det är fyllning ovan berg är marken ej sättningskänslig. Närmare älven inom området där lera finns mellan berg och fyllning kan högre belastning av marken starta sättningsrörelser. Då mäktigheten för leran inom området är låg är totalsättningarna relativt små, detta i kombination med att befintliga byggnader är grundlagda på berg bedöms områdes sättningsförhållanden som ej kritiska.

7.9 Grundläggningsmetoder

Befintlig grundläggning av vägen antas kunna återanvändas vid eventuell ny väg. Grundläggning bedöms kunna utföras med fyllning på berg.



7.10 Radon

Inga undersökningar av radon har utförts i området i aktuellt projektet. Enligt radonkartan är området klassat som normalriskområde (se *Figur 25*)

7.11 Erosionsförhållanden

Generellt i området finns ingen risk för erosion. Viss erosion på bergslänten kan förekomma. Ett befintligt bergtäckningsnät finns installerat på bergväggen.

7.12 Klimatanpassningsåtgärder

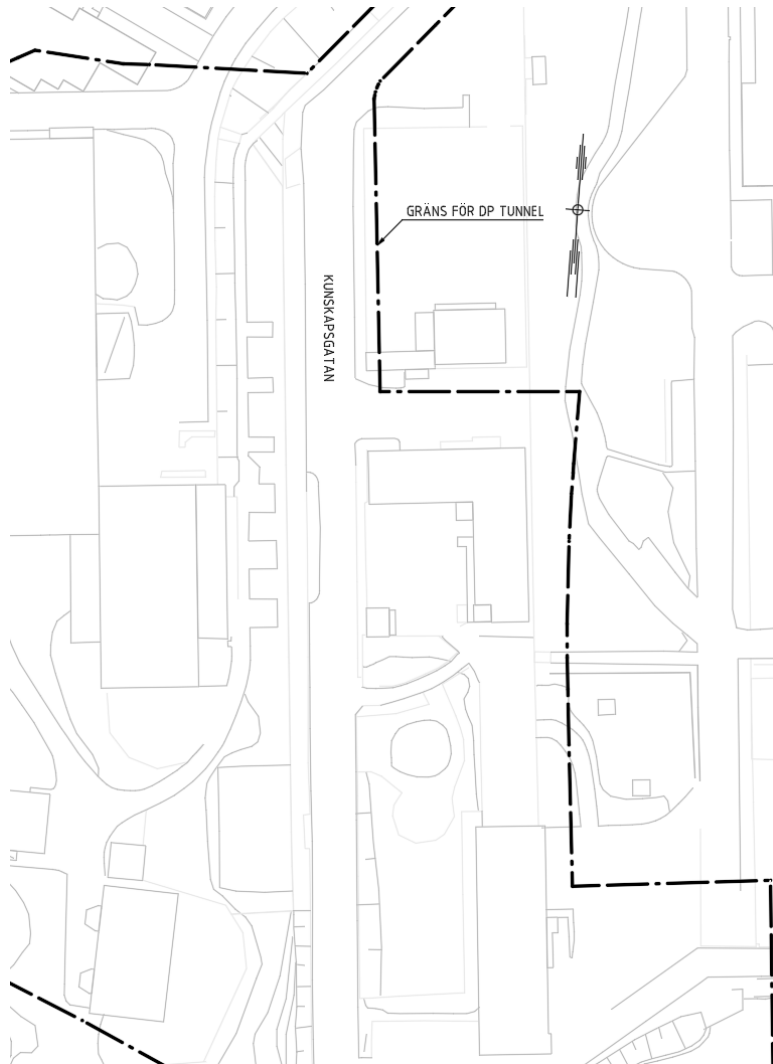
Inom utredningsområdet bedöms inga klimatanpassningar vara nödvändiga för att säkra framtida markanvändning.

7.13 Förutsättningar för byggnation

Förutsättningar för planerad byggnation bedöms som goda med hänsyn till att befintlig grundläggning och läge för väg ej planeras att ändras.



8 Lindholmen – Påslag för servicetunnel och frånluftsschakt



Figur 33. Gräns för DP Tunnel vid påslag för servicetunnel och frånluftsschakt

8.1 Befintlig bebyggelse

Se Figur 4 för översikt över generell befintlig byggnation i området. Detaljerad bebyggelse för aktuellt område redovisas i Figur 34.



Figur 34. Översikt befintlig bebyggelse vid Påslag för servicetunnel och ventilationsschakt.
(Bildkälla: Google maps 2025)

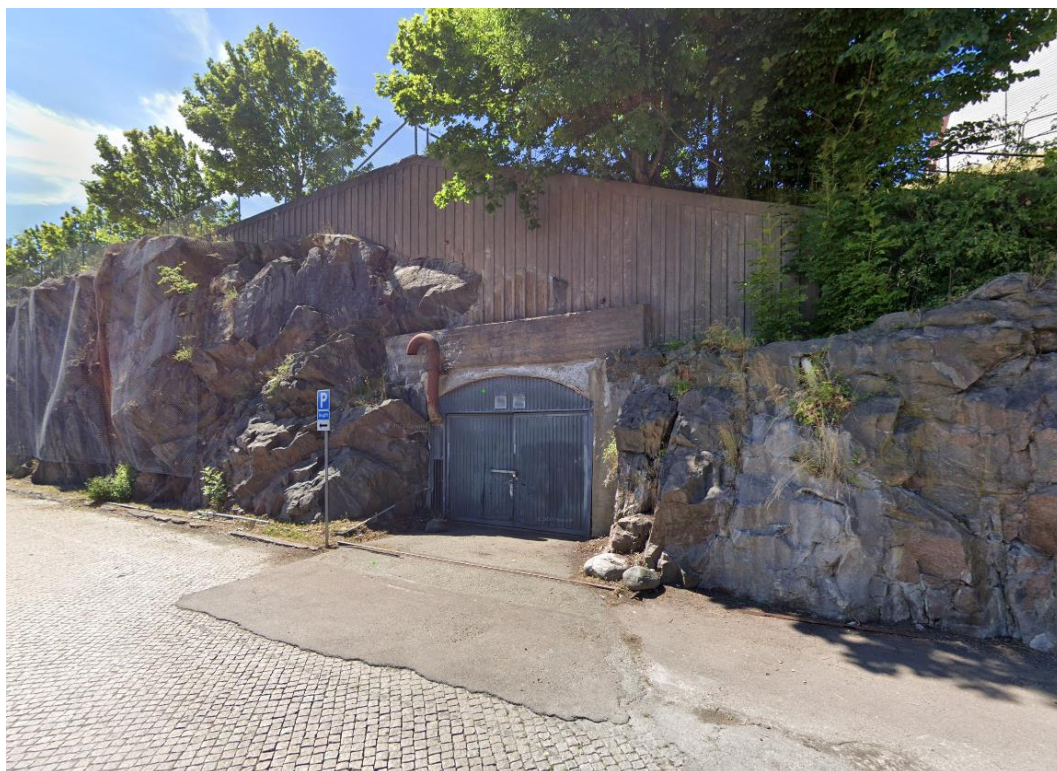
På den övre nivån, under den befintliga Santoskolan finns diverse bergrum, i form av kulvertar, skyddsrum och förråd. Bergrummet nås från en port som redovisas i Figur 35. Ovan porten finns en befintlig betongmur. Bergrummens utbredning i plan, i relation till Kungskaps gatan redovisas i Figur 36.



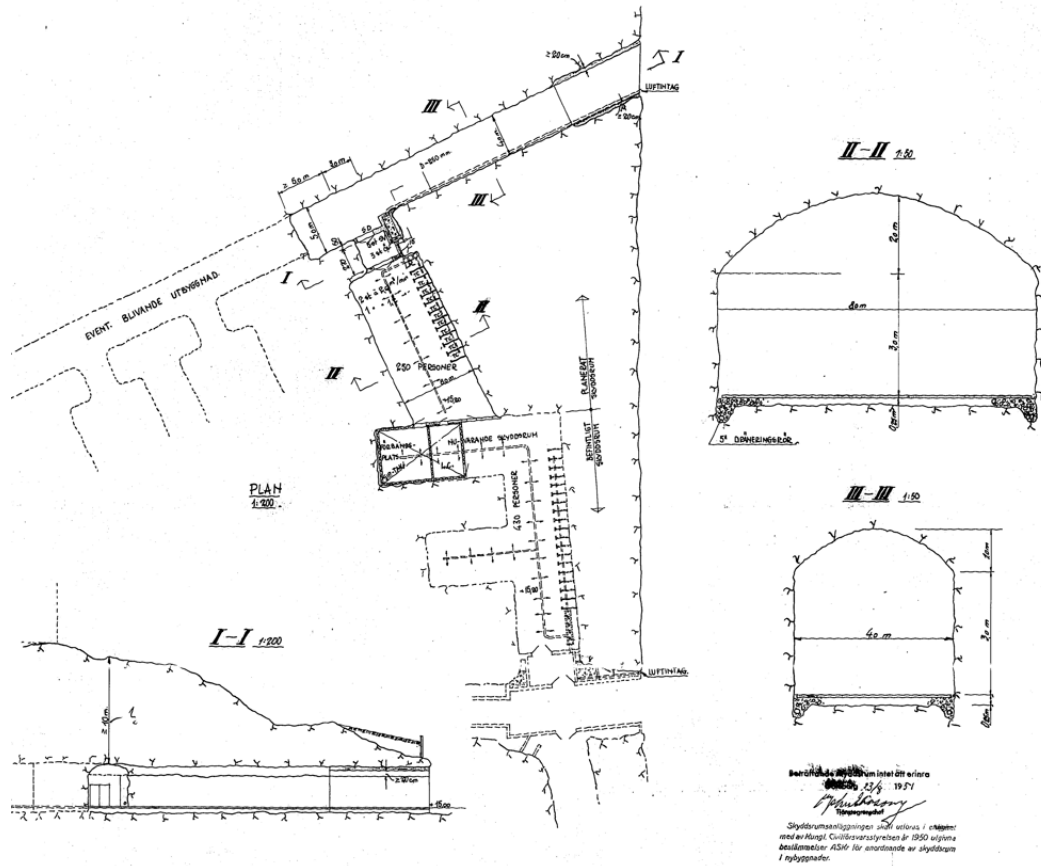
AFRY



Lindholmsförbindelsen
PM Geoteknik Detaljplan Tunnel
2025-11-28
Version: _
Sida 46/110



*Figur 35. Bild från Kunskapsgatan som visar plats för planerad mynning av servicetunnel.
(Bildkälla: Google maps streetview, bilden hämtas 2025-08-08).*



Figur 36. Ritning över befintliga bergrum, ritning från Stadsbyggnadskontoret.

Norr om porten finns en trappa (se Figur 37) som sammanbinder Kunskapsgatan med Plejadgatan och det gångstråk (se Figur 38) som finns på höjden mellan gatorna. Mellan gångstråket och Plejadgatan finns en slänt som avslutas med en stödmur mot Plejadgatan. Vid platsbesök konstateras att slänten är uppbyggd med sprängsten.



Figur 37. Befintlig trappa Norr om befintlig port till bergrum.



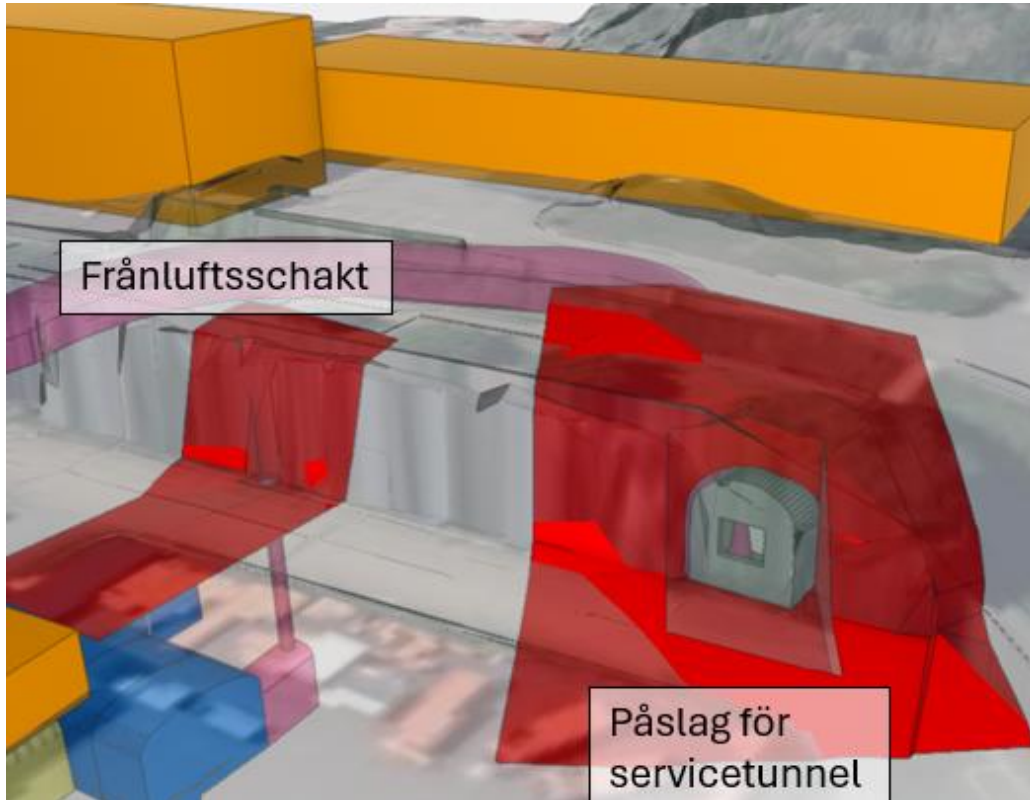
Figur 38. Befintligt gångstråk på höjden, mellan Plejadgatan och Kunskapsgatan.

8.2 Planerad byggnation

I bergskärningen längs med Kunskapsgatan planeras mynningen av tillfartstunnel till en servicetunnel komma upp i läge för port till befintligt bergrum. Den planerade byggnationen kommer bestå av ett inlagsvalv i betong som ansluter till den planerade tillfartstunneln när tillräcklig bergtäckning uppnås. Byggnation av inlagsvalv kommer



kräva både jord och bergschakt in i berget från Kunskapsgatan mot Plejadgatan. Se Figur 39 för bild över planerad utformning från Lindholmsförbindelsens samordningsmodell. Området ovan påslaget planeras att återställas till befintligt skick.



Figur 39. Planerad utformning för påslag till tillfartstunnel till höger och frånluftsschakt till vänster, Bild från Lindholmsförbindelsens samordningsmodell, 2025-08-22.

Ett frånluftsschakt planeras vid Kunskapsgatan. Schaktet kommer upp vid markytan vid bergväggen som löper längs med Kunskapsgatan. Ett mindre bergschakt planeras att utformas för att göra plats för det planerade frånluftsschaktet.

8.3 Topografi och ytbeskaffenhet

Ytan nedanför bergsskärningen längs Kunskapsgatan är hårdgjord yta med kullersten och delar med asfalt för att åtgärda höjdskillnaden mellan vägen, och den befintliga porten.

Ytan ovanför utgörs av dels hårdgjorda asfalterade ytor, samt gräs och trädbevuxna grönytor, se Figur 40.



Figur 40. Skärmdump från Google-street view från juli 2022, som visar plats ovanför för planerat mynning för servisetunnel. Bilden hämtas 2025-08-08.

8.4 Jordlagerföljd

Jordlagerföljden för området vid Kunskapsgatan är **fyllning** på berg.

Området ovan bergväggen är generellt **fyllning** med sprängsten på berg.

Längre ifrån slänten bortom Plejadgatan noterades en jordlagerföljd **torrskorpelera** ovan **sand** på berg.



8.5 Materialegenskaper

Inga undersökningar har utförts för materialegenskaper inom aktuellt område. Materialegenskaperna har därför utvärderats utifrån empiriska egenskaper.

Materialegenskaperna delas in enligt de två områdena som beskrivs i 8.4 Jordlagerföljd, från utförda sonderingar. Egenskaperna redovisas i *Tabell 2* respektive *Tabell 3*.

Tabell 2. Valda värden på jordparametrar för aktuellt området ovan bergväggen för tillfartstunnel och ventilationsschakt

Jordlager	Egenskaper	Valda värden
Fyllning Sprängsten Från markyta till nivå berg (Minsta mäktighet 0,5m)	Tunghet ¹	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
		$\gamma' = 11 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet ¹	$\phi' = 37^\circ$

¹ Empiriskt värde från TRVINFRA

Tabell 3. Valda värden på jordparametrar för aktuellt området bortom Plejadgatan från tillfartstunnel och ventilationsschakt

Jordlager	Egenskaper	Valda värden
Torrskorpelera Mäktighet ca 0,5 m	Tunghet ¹	$\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$
		$\gamma' = 16 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet ²	$C_u = 25 \text{ kPa}$
Sand Från 0,5 m till berg	Tunghet ¹	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
		$\gamma' = 11 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet ¹	$\phi' = 34^\circ$

¹ Empiriskt värde från TRVINFRA

² Erfarenhetsmässigt valt värde

8.6 Grundvatten- och portryckförhållanden

Grundvattenytan har inte kontrollerats i området för påslaget för servicetunneln, grundvattenmätningar i området intilliggande påslaget för servicetunneln visar på grundvattennivån cirka 2 meter under markytan. För mätningar av grundvattenyta och dimensionerande grundvattenyta, se EXF-2023-00924-50H-025-0000-4001 (PM Hydrogeologi Detaljplan Tunnel).

8.7 Stabilitetsförhållanden

8.7.1 Stabilitet befintliga förhållanden

Befintliga stabilitetsförhållanden bedöms ur geoteknisk synpunkt som goda med hänsyn till områdets flacka yta. De höjdskillnaderna som finns i området avdelas av en bergvägg som bedöms stabil i befintligt utförande.



8.7.2 Stabilitet planerade förhållanden

Inga geotekniska stabilitetsproblem bedöms förekomma i det slutgiltiga skedet för planerade konstruktioner. Planerad konstruktion av påslag för servicetunnel kommer kräva provisoriska stödkonstruktioner vid byggnation. I nuvarande utformning planeras området ovan påslaget att återställas till befintlig utformning, vilket medför att stabiliteten i planerade förhållanden ej utgör ett problem. Frånluftsschaktet utförs i planerad utformning helt i berg.

8.8 Sättningsförhållanden

Där det är fyllning ovan berg är marken ej sättningskänslig.

8.9 Grundläggningsmetoder

Grundläggning bedöms kunna utföras på berg, på bergschakt eller eventuellt med fyllning på berg. Då planerad utformning av påslaget ansluter till befintligt bergrum kommer det i utförande skedet innebära schakter ovan befintligt bergrum vilket kommer att kräva provisoriska stödkonstruktioner. Frånluftsschaktet hamnar i planerad utformning helt i berg.

8.10 Radon

Inga undersökningar av radon har utförts i området i aktuellt projektet. Enligt radonkartan är området klassat som normalriskområde (se *Figur 25*)

8.11 Erosionsförhållanden

Generellt i området finns ingen risk för erosion. Viss erosion på bergslänten kan förekomma. Ett befintligt bergtäckningsnät finns installerat på bergväggen.

8.12 Klimatanpassningsåtgärder

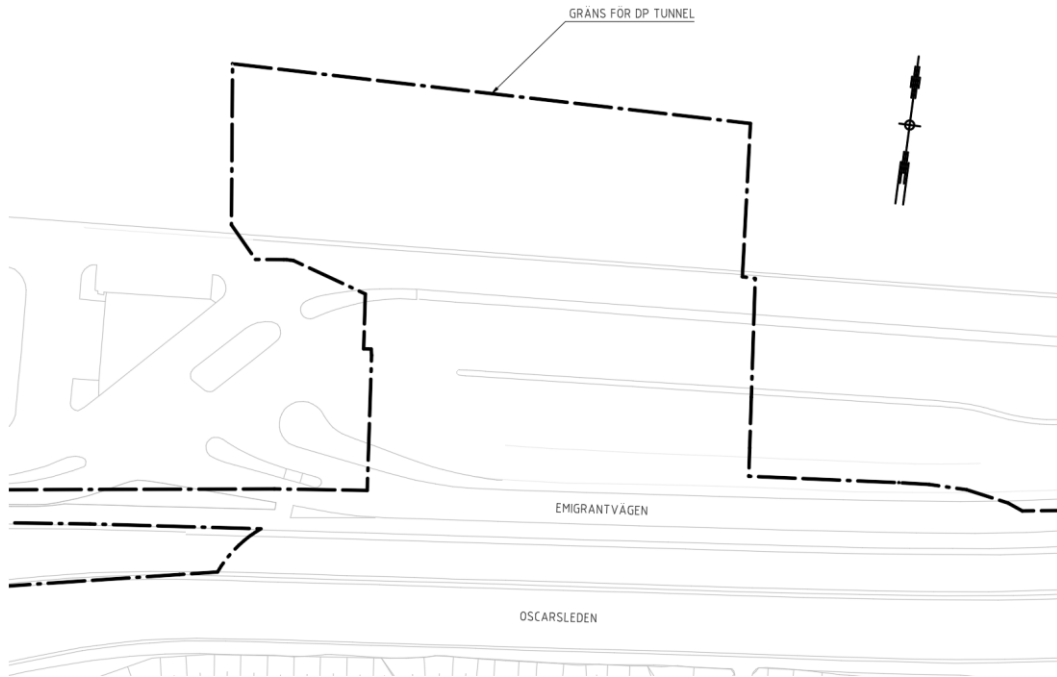
Inom utredningsområdet bedöms inga klimatanpassningar vara nödvändiga för att säkra framtida markanvändning.

8.13 Förutsättningar för byggnation

Förutsättningar för planerad byggnation bedöms generellt som goda med hänsyn till att planerad påslag för servicetunnel och frånluftsschakt hamnar i berg.



9 Stigberget – området kring älven



Figur 41. Gräns för DP Tunnel vid området kring älven, Stigberget

9.1 Befintlig bebyggelse

Befintlig bebyggelse vid aktuellt område redovisas i Figur 42. Majorna 721:34 är grundlagd med plintar och pålar på berg enligt erhållet underlag från Stadsbyggnadskontoret. Masthugget 712:30 är troligtvis grundlagt på kohesionspålar enligt erhållet underlag.



Figur 42. Befintlig bebyggelse i aktuellt område (Bildkälla Google maps 2025)

Stigbergskajen är konstruerad som en betongkaj där större delen av sträckan är grundlagd på berg. Kajplats 37 i väster, se Figur 43, är grundlagd med kohesionspålar.



användas som grundläggning till återbyggnationen av kajen. Sänktunneln planeras att grundläggas med stödpålar i älven.

9.3 Topografi och ytbeskaffenhet

Området kring älven på Stigbergssidan utgörs av hårdgjorda ytor av asfalt. Hamnplanen är relativt plan med nivåer som varierar mellan +1 och +3.

9.4 Jordlagerföljd

Jordlagerföljden på Stigbergskajen består av fyllning direkt på berg. Utanför kajen i älven består jordlagerföljden av lera. Där berget har sprängts, samt där berget släntar som brantast, har ingen friktionsjord ovan berget påträffats och det antas att leran ligger direkt på berg.

Djup till berg varierar inom större delen av området och grundast är det uppe på Stigbergskajen och Oscarsleden samt precis utanför Stigbergskajen i älven och blir djupare längre ut åt norr. Uppe på kajplanen är djupet till berg mellan 0,1 och 3m. I älven, nära Stigbergskajen varierar djupet till berg mellan 2 till 30m och längre ut i norr överstiger djupet 30m.

Fyllningen består till största delen av sand och grus. Ställvis kan även lera förekomma. Fyllningens tjocklek varierar mellan ca 1 och 3m. Fyllningens materialparametrar är inte vidare undersökta.

Öster om planområdet mot Masthuggskajen består marken av fyllnadsmassor som vilar på lera ovan berg. Leran är känslig för belastning och sättningar pågår redan idag till följd av tyngden från fyllningen.

9.5 Materialegenskaper

Fyllningen har i området inte utvärderats närmare.

9.6 Grundvatten- och portryckförhållanden

Grundvattennivån har inte mätts i området kring Stigbergskajen. Nivån närmast älven antas följa vattennivån i Göta älv, men med viss fördröjning i responsen på förändringar i älvens vattenstånd. Grundvattnets nivå och fördröjningen av nivåutjämning mot älven antas öka med ökat avstånd från älven. För detaljerad beskrivning av grundvattenyta och dimensionerande grundvattenyta, se EXF-2023-00924-50H-025-0000-4001 (PM Hydrogeologi Detaljplan Tunnel).

9.7 Stabilitetsförhållanden

9.7.1 Stabilitet befintliga förhållanden

Stabiliteten för det aktuella undersökningsområdet på Stigbergskajen bedöms som god och redovisas i Bilaga 1. En bedömning har utförts av området som visar på tillfredsställande stabilitet. Med hänsyn till att området består av fyllning ovanpå plansprängt berg, anses ingen djupare analys av stabilitetsförhållanden behövas för aktuellt område.

9.7.2 Stabilitet planerade förhållanden

Planerad tunnel bedöms inte påverka stabiliteten på Stigbergskajen. Detta då betongtunneln(sänktunneln) ansluter i berg under kajen där djupet till berg är litet.



Dessutom är kajkonstruktionen i närheten av tunneln i öst och väst grundlagd på berg samt att hela kajplanen bakom utgörs av fyllning ovanpå plansprängt berg.

9.8 Sättningsförhållanden

Då aktuellt område består av fyllning ovan plansprängt berg är marken ej sättningskänslig.

Närliggande byggnader utanför det aktuella området är grundlagda på lera, vilken är känslig för sättningar. Detta gäller framförallt fastigheter på Masthuggskajen.

Bergarbetena bedöms inte i någon större utsträckning påverka grundvattenförhållandena i området, eftersom grundvattenytan står i direkt hydraulisk kontakt med Göta älv. Vid pålning för sänktunneln i Göta älv kommer dock massundanträngande pålar att användas, vilket kan medföra risk för förhöjda portryck i leran. Byggnaderna med fastighetsbeteckningarna Masthugget 712:30 bedöms ligga utanför det beräknade påverkansområdet. För byggskedet utreds ett kontrollprogram vidare, i syfte att möjliggöra uppföljning genom mätningar och kontroller.

9.9 Grundläggningsmetoder

Den planerade sänktunneln i projektet Lindholmsförbindelsen grundläggs på stödpålar. Återuppbyggnaden av Stigbergskajen grundläggs på stödpålar till berg. Övrig grundläggning inom aktuellt område bedöms kunna utföras på berg, eventuellt med fyllning på berg.

9.10 Radon

Inga undersökningar av radon har utförts i området i aktuellt projektet. Enligt radonkartan är området klassat som lågriskområde (se *Figur 25*)

9.11 Erosionsförhållanden

Erosion av älvbotten sker inom området från båt och fartygspropellrar. Den planerade sänktunneln har erosionsskydd, där eventuell underhållsmuddring sker. Stigbergskajen är murad på berg och bedöms ej ha erosionsproblem.

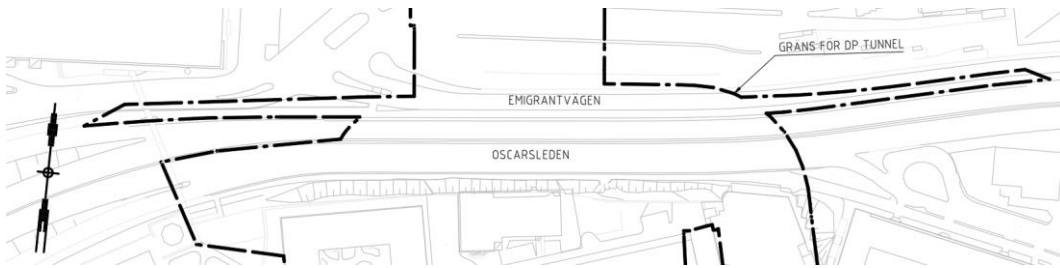
9.12 Klimatanpassningsåtgärder

Inom utredningsområdet finns en risk för översvämning från förhöjda vattenstånd i Göta älv. Översvämningarna utgör ingen geoteknisk risk inom utredningsområdet.

9.13 Förutsättningar för byggnation

Inom utredningsområdet är förutsättningar för byggnation generellt som goda. Grundläggning av planerade konstruktioner sker på berg.

10 Stigberget – Flytt av Oscarsleden



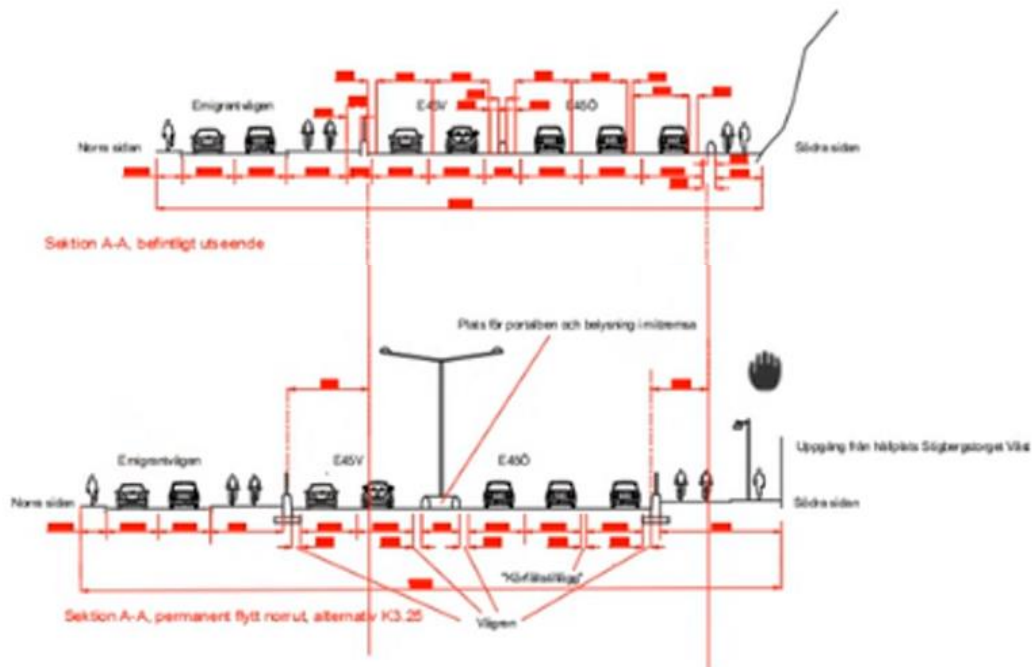
Figur 45. Gräns för DP Tunnel vid Oscarsleden

10.1 Befintlig bebyggelse

Befintlig bebyggelse utgörs av Oscarsleden och Emigrantvägen, se Figur 46.

10.2 Planerad byggnation

I samband med konstruktionen av Lindholmsförbindelsen planeras Oscarsleden och Emigrantvägen att flyttas närmare Göta älv mellan Oskarsgatan och Fiskemotet. I dagsläget planeras vägarna behövas flyttas i två skeden, först till ett provisoriskt läge norr ut under byggtid för att ge plats åt byggnationen av Lindholmsförbindelsen. Som mest innebär det nya läget en flytt på ca 15 m. I ett permanent läge planeras sedan vägarna att flyttas tillbaka något söder ut, vilket fortfarande innebär en flytt något närmare älven jämfört med dagens läge, se Figur 46.



Figur 46. Skiss över Oscarsleden och Emigrantvägens läge i dagsläget respektive planerat permanent läge efter flytt.

I Figur 47 nedan visas en planskiss för den temporära flytten av Oscarsleden.



Figur 47. Skiss över Oscarsleden och Emigrantvägens läge under byggskedet.

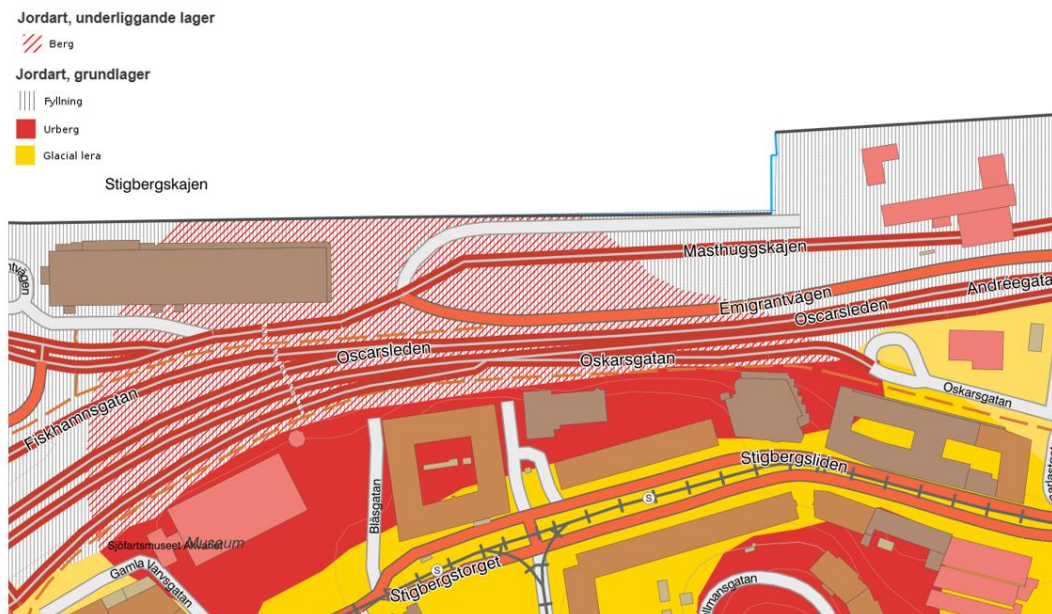
10.3 Topografi och ytbeskaffenhet

Området utgörs av en plan hårdgjord, huvudsakligen asfalterad, yta. Nivåer varierar mellan +2 och +3.

10.4 Jordlagerföljd

Jordlagerföljden består på majoriteten av sträckan av fyllning på berg där jorddjupet uppgår till ca 3 m.

I öst, i höjd med övergången Stigbergskajen-Masthuggskajen, börjar berget slutta nedåt åt nordost och jorddjupet ökar och lera återfinns under fyllningen enligt Figur 48.



Figur 48. Urklipp från SGU jordartskarta för det aktuella området.

10.5 Materialegenskaper

Materialparametrar i fyllningen längs Stigbergskajen har ej utretts närmare. Inga undersökningar för att utreda materialparametrar för leran i öster har utförts inom aktuellt projekt.



10.6 Grundvatten- och portryckförhållanden

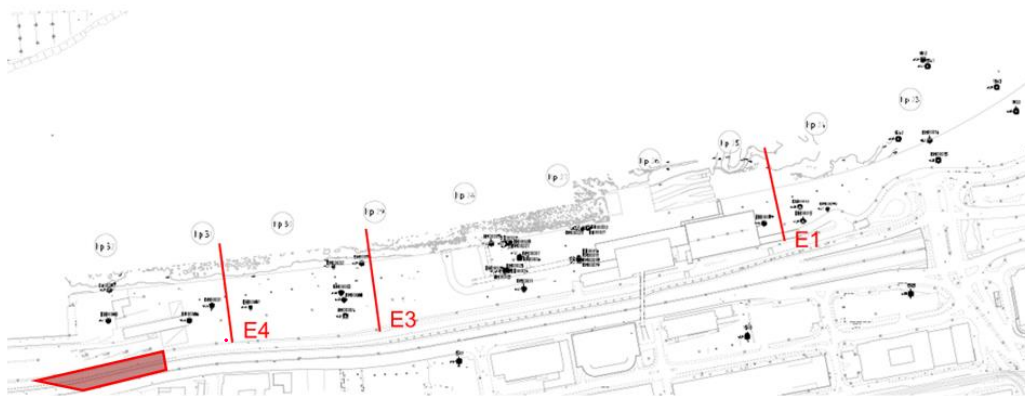
Grundvattenytan har inte kontrollerats i området kring Oscarsleden, grundvattennivån närmast älven kan förutsättas korrespondera med vattennivån i Göta älv med en viss fördröjning i responsen på vattenståndsvariationer i älven. Grundvattnets nivå och fördröjningen av nivåutjämning mot älven antas öka med ökat avstånd från älven. För mätningar av grundvattenyta och dimensionerande grundvattenyta, se EXF-2023-00924-50H-025-0000-4001 (PM Hydrogeologi Detaljplan Tunnel).

10.7 Stabilitetsförhållanden

10.7.1 Stabilitet befintliga förhållanden

Sträckan längs med Stigbergskajen bedöms inte ha några stabilitetsproblem då området utgörs av fyllnadsmassor ovan plansprängt berg. Kajkonstruktionen består av en murad konstruktion grundlagd på berg.

I den östra delen av planområdet, där lera förekommer, har ingen stabilitetsberäkning mot Masthuggskajen utförts inom ramen för projektet Lindholmsförbindelsen. Det finns dock en fördjupad stabilitetsutredning framtagen av Golder Associates AB (2020), på uppdrag av Göteborgs Hamn, som omfattar det intilliggande området Masthugget 712:30. I denna utredning ingår bland annat beräkningssektion E4, se Figur 49, vilken är lokaliserad i direkt anslutning till aktuellt område.



Figur 49. Översiktsbild över beräkningssektioner från tidigare fördjupad stabilitetsutredning. Röd markerat aktuellt planområde (Golder Associates AB, 2020)

Utredningen redovisar beräkningar av lägsta säkerhetsfaktorer mot stabilitetsbrott, där riktvärdena $F_c \geq 1,4$ och $F_{komb} \geq 1,3$ använts som dimensionerande nivåer. För sektion E4 anges beräknade säkerhetsfaktorer $F_c=1,5$ och $F_{komb}=1,5$ vilket i rapporten bedöms uppfylla gällande krav på säkerhet.

Vi har tagit del av utredningen och genomfört en egen kontrollberäkning. Eftersom delar av beräkningsförutsättningarna och beräkningsgången inte redovisats fullt ut i rapporten, har det inte varit möjligt att återskapa eller verifiera Golders resultat. Vår kontrollberäkning ger en något lägre säkerhetsfaktor, och orsaken till denna skillnad har inte kunnat fastställas. Trots detta gör vi bedömningen att Golders utredning är korrekt och utgör ett tillräckligt beslutsunderlag. Den fortsatta geotekniska bedömningen i nästkommande avsnitt baseras därför på den redovisade utredningen.

Göteborgs Hamn, som ansvarar för Masthuggskajen, bedriver ett kontrollprogram i området, vilket bland annat inkluderar inklinometermätningar längs kajen. Vi utgår



från att resultaten från detta kontrollprogram, tillsammans med den tidigare utredningen, utgör underlag för den ansvariga aktörens bedömning av stabilitetsförhållandena inom det aktuella området.

10.7.2 Stabilitet planerade förhållanden

Stabilitetsförhållandena i samband med en mindre flytt av E45 i riktning mot kajen, inom projektet Lindholmsförbindelsen, har inte utretts i detalj. En övergripande kontroll har dock genomförts i anslutning till Masthuggskajen. Kontrollen har baserats på den tidigare fördjupade stabilitetsutredningen framtagen av Golder Associates AB, i syfte att utvärdera om vägflytten medför någon försämring av befintliga kritiska glidytor.

Syftet har inte varit att omvärdera den befintliga stabiliteten av kajen, utan göra en bedömning ifall flytten av E45 och Emigrantvägen innebär en försämring av stabiliteten på kajen, samt kontrollera om stabiliteten för de glidytor som uppkommer på grund av flytten har tillfredställande säkerhet mot skred.

Totalt har tre olika beräkningar genomförts:

- Beräkning med karakteristiska värden för att verifiera mot den tidigare utredningens beräkningsmodell.
- Beräkning med partialkoefficienter för att jämföra kritiska glidytor före och efter en flytt av E45 och Emigrantvägen.
- Beräkning med partialkoefficientmetoden för att kontrollera erforderlig säkerhetsfaktor mot skred under flyttad väg. För SK2 har erforderlig säkerhetsfaktor valts till $F_{EN}=1,0$.

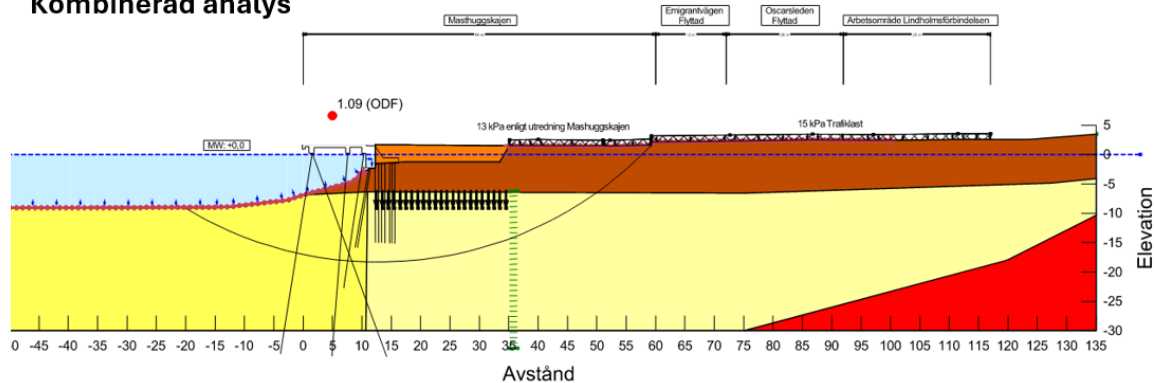
Verifieringsberäkningarna resulterar i en lägre säkerhetsfaktor än den ursprungliga modellen, $F_{komb}=1,37$ respektive $F_C=1,35$ jämfört med $F_{komb}=1,5$ respektive $F_C=1,5$. Dessa redovisas även i sin helhet i Bilaga 4. Då vi inte haft tillgång beräkningsfilerna, utan endast det PM som redovisar beräkningarna, har vi inte heller kunnat identifiera orsaken till skillnaden i resultat.

Jämförelsen av kritiska glidytor före och efter en flytt av E45 och Emigrantvägen ger samma glidytor med samma säkerhetsfaktorer mot skred, $F_{EN}=0,92$ för kombinerad analys och $F_{EN}=0,9$ för odränerad analys. Resultaten och beräkningarna redovisas i sin helhet i Bilaga 4. Då beräkningarna inte har kunnat verifieras mot tidigare modell, görs heller ingen bedömning ifall kritiska glidytor uppfyller erforderlig säkerhetsfaktor mot skredbrott, utan syftet är att kontrollera ifall de kritiska glidyterna påverkas av en flytt av E45 och Emigrantvägen.

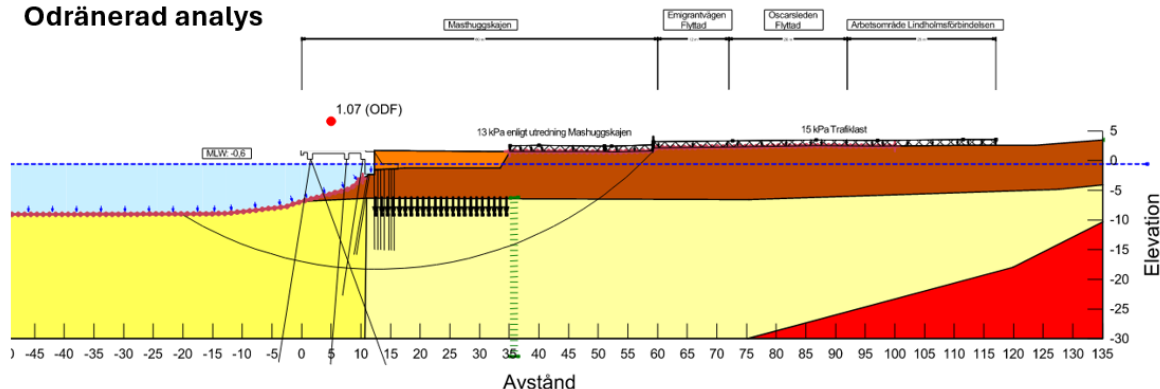
Kontrollen av stabiliteten under flyttad E45 visar att säkerheten uppgår till $F_{EN}=1,09$ för kombinerad analys och $F_{EN}=1,07$ för odränerad analys, vilket framgår ur Figur 50. Beräkningsunderlag och resultat redovisas i sin helhet i Bilaga 4. Trots att modellen inte kunnat verifierats, anses det att säkerhet mot skred är tillfredsställande under flyttad E45. Detta på grund av att erforderlig säkerhet uppnås, trots att framtagen modell visar på lägre resultat jämfört med den tidigare utredningen av Golder.



Kombinerad analys



Odränerad analys



Figur 50. Resultaten från kontrollberäkning av stabiliteten vid flytt av E45 för Mashuggskajen baserad på Golders Associates ABs fördjupade utredning 2020.

Det aktuella planförslaget bedöms därmed inte påverka stabilitetsförhållandena i riktning mot kajområdet.

10.8 Sättningsförhållanden

För majoriteten av sträckan bedöms sättningar inte vara ett problem då grunden utgörs av fyllning på berg. Mot öster ökar djup till berg, och under fyllningen finns naturligt avlagrad lera, vilket vid lastökning kan innebära sättningar. Ingen utredning kring sättningar har utförts för aktuellt område inom i detta skede. Om förändringar av marknivåer sker behöver utredning utföras.

10.9 Grundläggningsmetoder

Grundläggning bedöms kunna utföras med fyllning på berg. I öst där lerdjupet ökar kan kompensationsgrundläggning eller bankpålning behövas.

10.10 Radon

Inga undersökningar av radon har utförts i området i aktuellt projektet. Enligt radonkartan är området klassat som lågriskområde (se Figur 25)

10.11 Erosionsförhållanden

Det aktuella området är plant ingen risk för erosion inom planerad utformning föreligger.



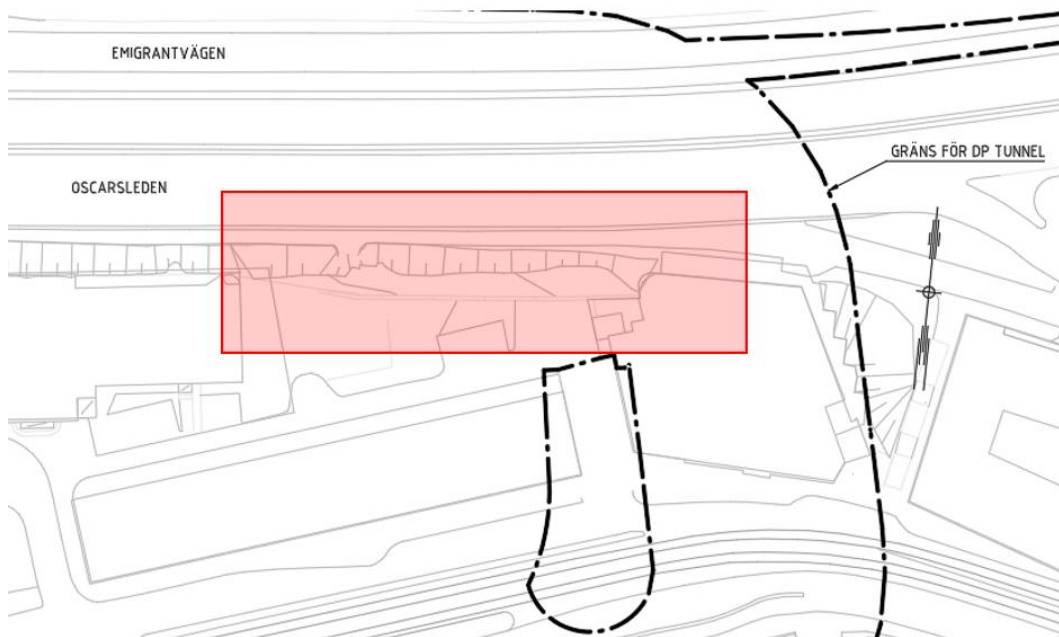
10.12 Klimatanpassningsåtgärder

Inom utredningsområdet finns en risk för översvämning från förhöjda vattenstånd i Göta älv. Översvämningarna utgör ingen geoteknisk risk inom utredningsområdet.

10.13 Förutsättningar för byggnation

Förutsättningar för flytt av Oscarsleden ses som generellt goda då befintlig större delen av sträckan sker på område med plansprängt berg. I öster, där lera förekommer kan kompensationsgrundläggning alternativt djupgrundläggning behövas.

11 Stigberget – Påslag för servicetunnel



Figur 51. Gräns för utredningsområdet för DP Tunnel vid påslag för servicetunnel, Stigberget. Beskrivet område markerad med rött.



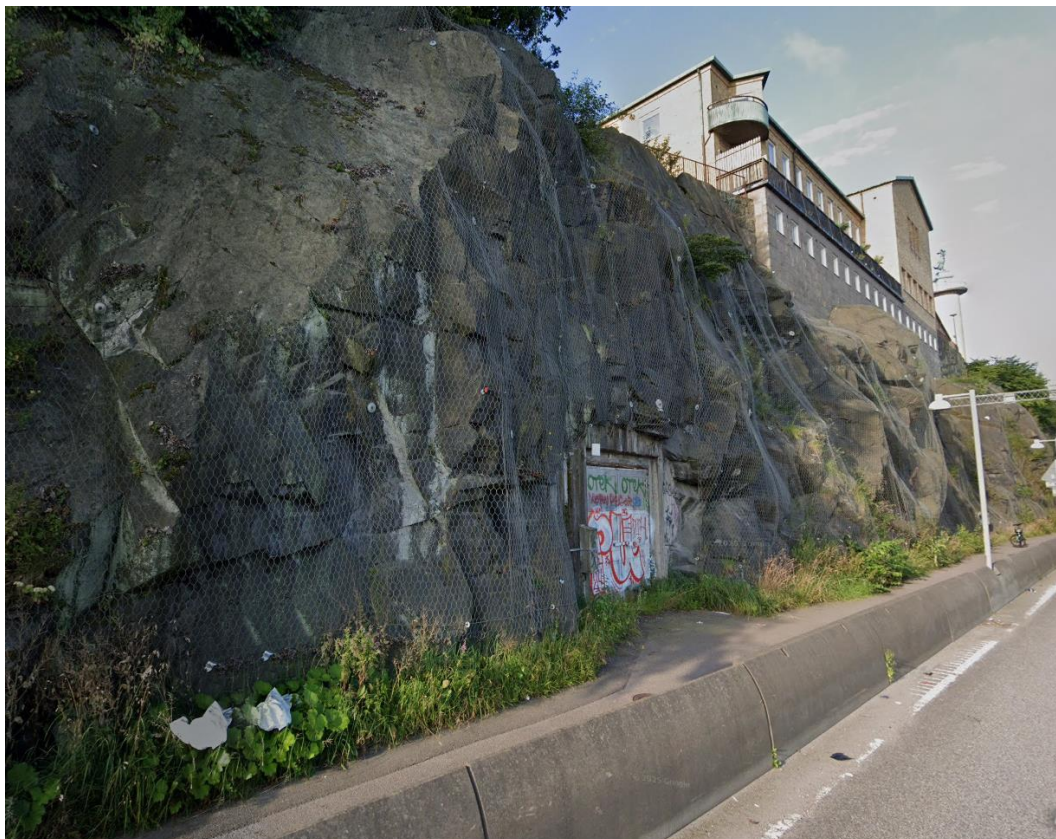
11.1 Befintlig bebyggelse

Befintlig bebyggelse i aktuellt område redovisas i Figur 52.



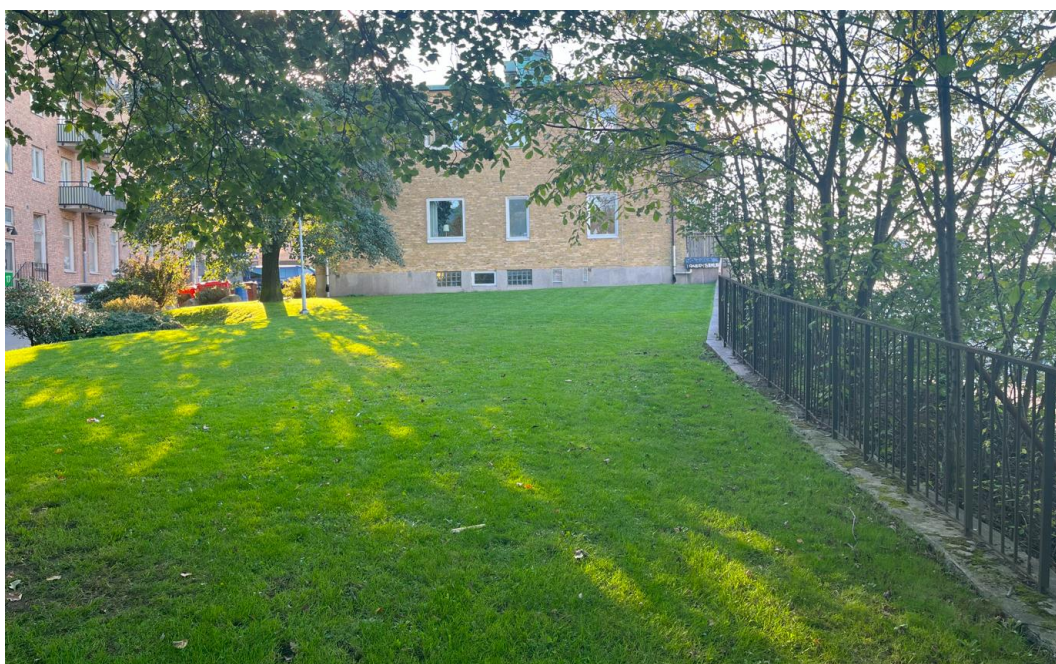
Figur 52. Befintliga byggnader vid Påslag för servicetunnel (Bildkälla: Google maps 2025)

En gång-cykelväg går längs med den befintliga bergväggen upp till väg E45, och en befintlig dörr finns i bergväggen, se Figur 53.



Figur 53. Bild över befintlig cykelbana och dörr i bergvägg. (Bildkälla: Google maps streetview 2025)

Ovan berget finns en stödmur, och bakom muren ligger parken vid Sjömanskyrkan, se Figur 54.

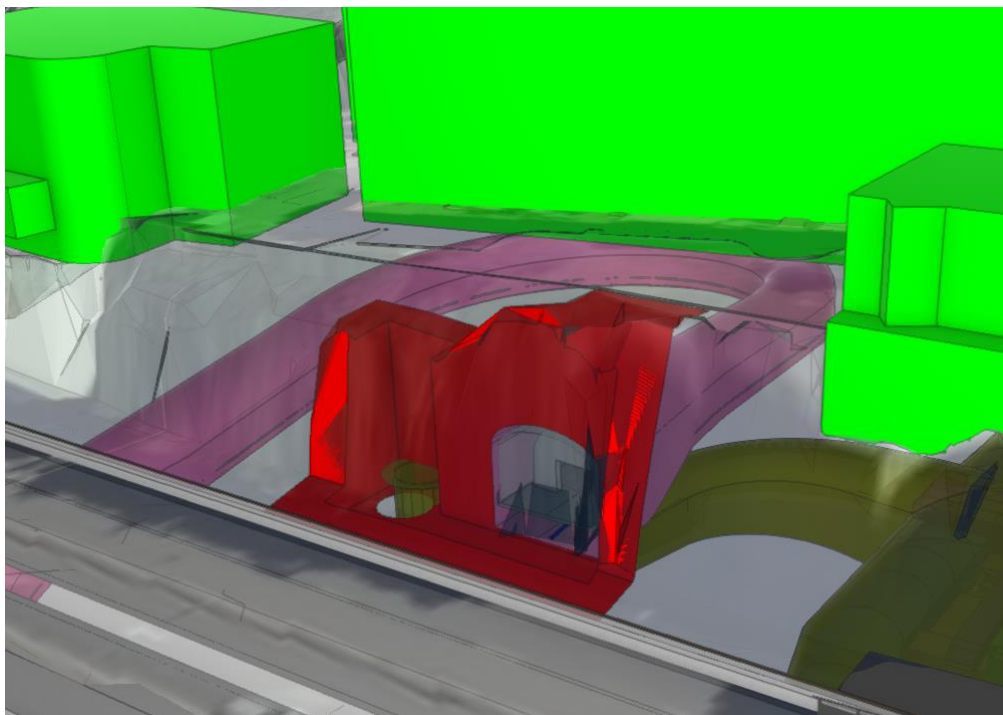


Figur 54. Bild på parken vid Sjömanskyrkan (byggnad rakt fram i bilden) med stödmuren till höger i bild (platsbesök 250926).



11.2 Planerad byggnation

Ett påslag till en tillfartstunnel planeras att byggas i bergväggen. En utskärning i berget utförs för att bredda arbetsområdet framför påslaget, se Figur 55 för utformning från Lindholmsförbindelsens samordningsmodell.



Figur 55. Planerad utformning på bergschakt och läge för inslagsvalvet till tillfartstunneln vid Stigberget. Från projektets samordningsmodell 25-10-02.

I planerad utformning påverkas inte den befintliga muren ovan bergväggen mot parken vid Sjömanskyrkan.

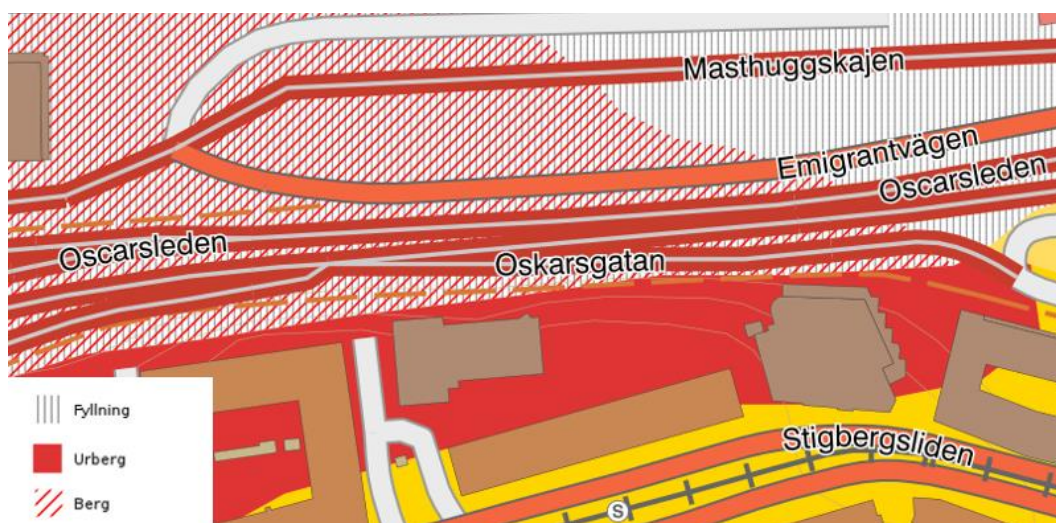
11.3 Topografi och ytbeskaffenhet

Aktuellt område består av hårdgjorda ytor på den nedre delen längs med Oscarsleden och grönytor på den övre delen vid parken. Marknivån varierar mellan ca +3,3 på den nedre ytan och mellan ca +17 och +19 på den övre ytan, men avtagande marknivå mot öster.

11.4 Jordlagerföljd

Jordlagerföljden för området vid Oscarsleden är **fyllning** på berg.

Vid området ovan bergväggen har jordlagerföljden ej utredds i detalj i projektet Lindholmsförbindelsen. Enligt SGU:s jordartskarta är området urberg, se Figur 56. Troligtvis är jord ovan berg bergväggen fyllning.



Figur 56. SGU:s jordartskarta för området Stigberget – Påslag för servicetunnel.

11.5 Materialegenskaper

Inga prover för materialegenskaper upptagits i aktuellt område för fyllningen. Materialegenskaperna har därför utvärderats utifrån empiriska egenskaper.

Tabell 4. Valda värden på jordparametrar för aktuellt område påslag för tillfartstunnel och ventilationsschakt

Jordlager	Egenskaper	Valda värden
Fyllning Från markyta till nivå berg	Tunghet ¹	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ $\gamma' = 11 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet ¹	$\phi' = 37^\circ$

¹ Empiriskt värde från TRVINFRA

11.6 Grundvatten- och portryckförhållanden

Grundvattenytan har inte kontrollerats i området kring påslaget för servicetunnel vid Oscarsleden.

I området vid Sjömanskyrkan har grundvattnet kontrollerats i området runt Stigbergstorget. Där påträffas grundvattennivåerna i det övre magasinet cirka 1–3 meter under marknivån men lokalt kan grundvattennivåerna ligga djupare eftersom vissa installerade grundvattenrör har varit torra vid samtliga mättillfällen. Observerade grundvattennivåer i undre magasinet längs med hela sträcka varierar generellt mellan 8-11 m under markytan, beroende på topografi, med en lutande gradient norrut mot älven. Grundvattennivåerna i det undre magasinet uppmäts till cirka +8 vid Stigbergstorget. För mätningar av grundvattenyta och dimensionerande grundvattenyta, se EXF-2023-00924-50H-025-0000-4001 (PM Hydrogeologi Detaljplan Tunnel).



11.7 Stabilitetsförhållanden

11.7.1 Stabilitet befintliga förhållanden

Befintliga stabilitetsförhållanden bedöms ur geoteknisk synpunkt som goda med hänsyn till områdets flacka yta på de båda nivåerna, samt att den befintliga stödmuren är grundlagd på berg.

11.7.2 Stabilitet planerade förhållanden

Inga geotekniska stabilitetsproblem bedöms förekomma med hänsyn till att planerat påslag för servicetunnel byggs helt i berg.

11.8 Sättningsförhållanden

Då området består av fyllning ovan mark bedöms inte området som sättningskänsligt.

11.9 Grundläggningsmetoder

Grundläggning bedöms kunna utföras på berg, eventuellt med fyllning på berg.

11.10 Radon

Inga undersökningar av radon har utförts i området i aktuellt projektet. Enligt radonkartan är området klassat som lågriskområde (se *Figur 25*)

11.11 Erosionsförhållanden

Generellt i området finns ingen risk för erosion. Ett befintligt bergtäckningsnät finns installerat på bergväggen.

11.12 Klimatanpassningsåtgärder

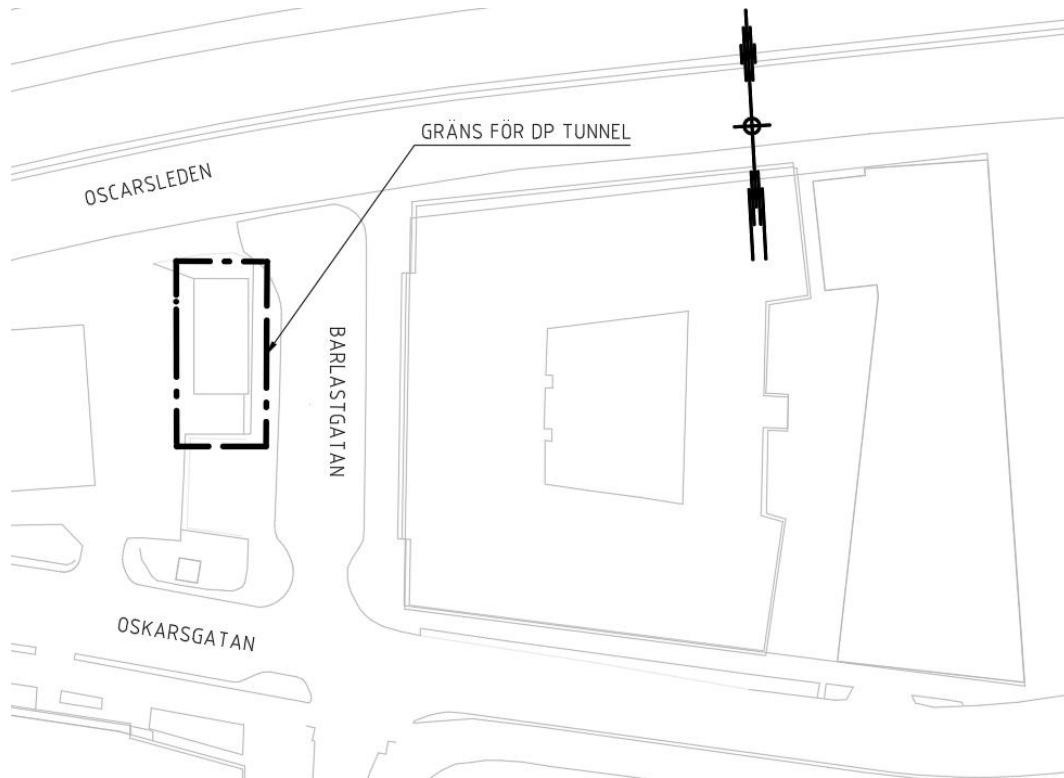
Inom utredningsområdet finns en risk för översvämning från förhöjda vattenstånd i Göta älv. Översvämningarna utgör ingen geoteknisk risk inom utredningsområdet.

11.13 Förutsättningar för byggnation

Förutsättningar för planerad byggnation bedöms generellt som goda med hänsyn till att planerad påslag för servicetunnel hamnar i berg.



12 Stigberget – Likriktarstation vid Barlastgatan



Figur 57. Gräns för utredningsområdet för DP Tunnel vid likriktarstation vid Barlastgatan.

12.1 Befintlig bebyggelse

Aktuellt område innesluts av Oscarsleden, Oskarsgatan och Barlastgatan. På området står ett mindre teknikhus med ett källarplan grundlagt med kompensationsgrundläggning och ett hus med två plan ovan mark som är grundlagt på pålar enligt erhållet underlag från SBF. Enligt underlaget är pålarna 15 meter långa, alltså antas det att pålarna ej är spetsbärande. På andra sidan Barlastgatan finns Amerikahuset som är grundlagt på pålar, det går inte med säkerhet utifrån erhållet underlag säga ifall pålarna är kohesions eller spetsbärande. Se Figur 58 för befintligt område.



Figur 58. Befintlig bebyggelse i aktuellt område.

12.2 Planerad byggnation

En likritarstation planeras på platsen där teknikhuset återfinns idag, antingen genom ombyggnad av befintlig konstruktion eller uppförande av ny byggnad. I nuläget planeras det för att den befintliga byggnaden ska användas utan att byggas om.

12.3 Topografi och ytbeskaffenhet

Ytan runt planerat teknikhus är plant med nivåer mellan +1,5 och + 2.

Ytbeskaffenheten domineras av hårdgjorda asfalterade ytor som ställvis avgränsas av grönområde med träd och buskage.

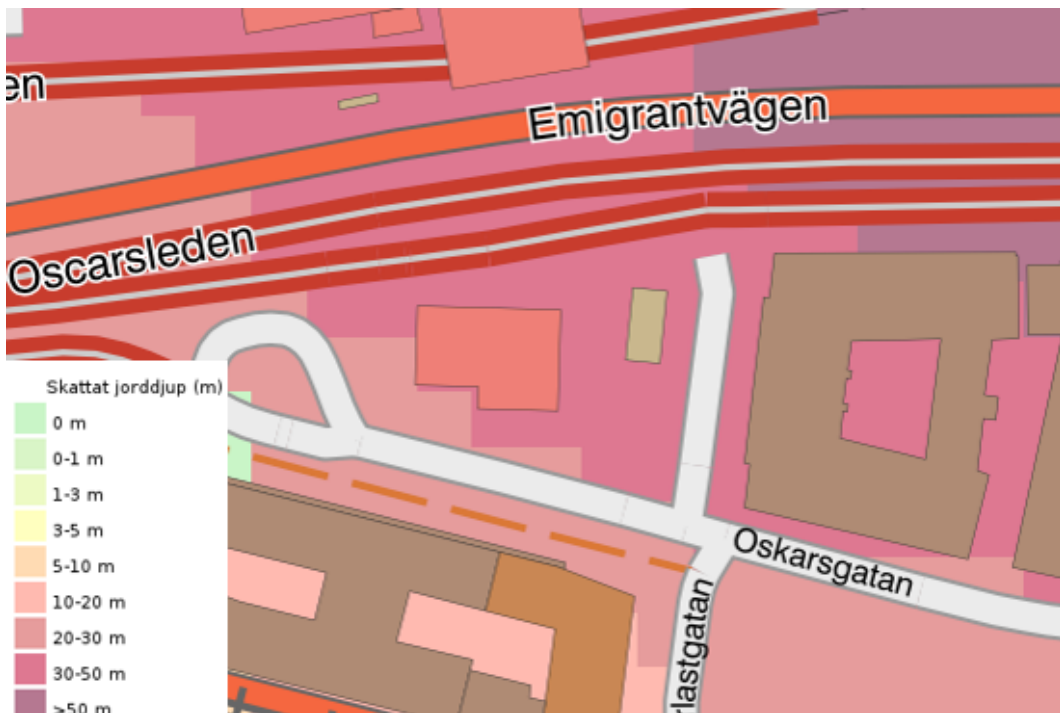
12.4 Jordlagerföljd

Enligt SGU:s jordartskarta består jordlagerföljden av ett ca 3-4 m tjockt lager fyllning ovanpå postglacial lera, se Figur 59.



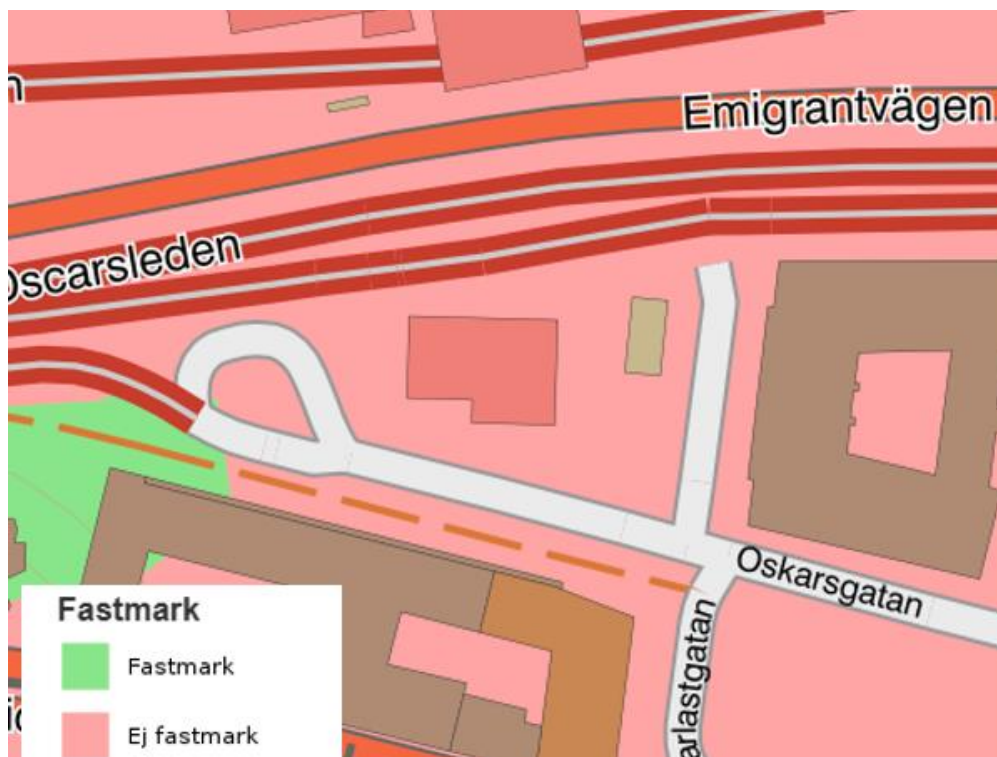
Figur 59. SGU:s jordartskarta för området Stigberget – Likrikstarstation vid Barlastgatan.

Lerans mäktighet bedöms till någonstans mellan 30-50 m enligt SGU:s jordsdjupskarta, se Figur 60.



Figur 60. SGU:s Jordsdjupskarta för området Stigberget – Likrikstarstation vid Barlastgatan.

Området består av ej fastmark enligt SGU:s fastmarkskarta, se Figur 61.



Figur 61. SGU:s Fastmarkskarta för området Stigberget – Likrikstarstation vid Barlastgatan.

12.5 Materialegenskaper

Materialegenskaper har i området inte utvärderats då det saknas undersökningar. Fler undersökningar behöver utföras i ett senare skede.

12.6 Grundvatten- och portryckförhållanden

Grundvatten- och portryckförhållanden har i området inte utvärderats då det saknas undersökningar. Fler undersökningar behöver utföras i ett senare skede.

12.7 Stabilitetsförhållanden

12.7.1 Stabilitet befintliga förhållanden

Ingen stabilitetsproblematik bedöms finnas på platsen på grund av dess plana topografi.

12.7.2 Stabilitet planerade förhållanden

Stabilitetsförhållanden för planerade förhållanden kan ej bedömas då omfattning eller utformning av eventuella konstruktioner i dagsläget inte är kända. Om ingen förändring av markytan inom området sker bedöms stabilitetsförhållandena i området som goda.

12.8 Sättningsförhållanden

Området bedöms av erfarenhet kunna vara sättningskänsligt på grund av de stora lerdjupen som återfinns på platsen. Stora sättningar kan uppstå då leran belastas mer än den har gjorts historiskt. Ingen närmare analys har gjorts av sättningsförhållandena i området i dagsläget och ytterliga undersökningar och utredning krävs i senare skede för projekteringen.



12.9 Grundläggningsmetoder

På grund av trolig sättningskänslighet rekommenderas eventuell framtida byggnader antingen kompensationsgrundläggas eller grundläggas på pålar beroende på omfattning och utformning av framtida byggnad.

12.10 Radon

Inga undersökningar av radon har utförts i området i aktuellt projektet. Enligt radonkartan är området klassat som lågriskområde (se *Figur 25*)

12.11 Erosionsförhållanden

Ej relevant för området.

12.12 Klimatanpassningsåtgärder

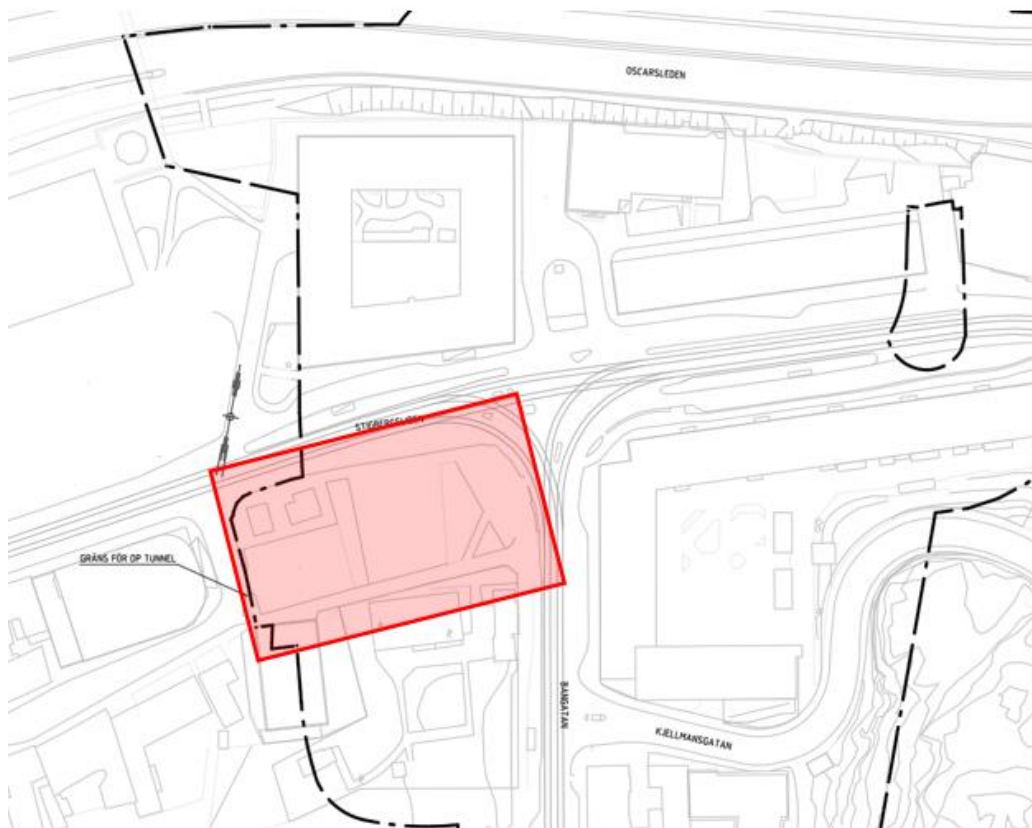
Inom utredningsområdet finns en risk för översvämning från förhöjda vattenstånd i Göta älv. Översvämningarna utgör ingen geoteknisk risk inom utredningsområdet.

12.13 Förutsättningar för byggnation

Förutsättningar för byggnation bedöms som generellt goda inom aktuellt område. Om utformningen på byggnaden ändras behöver utvärdering av områdets jordegenskaper, och utredning över sättningsituation i området utföras.



13 Stigberget – Hållplats Stigbergstorget

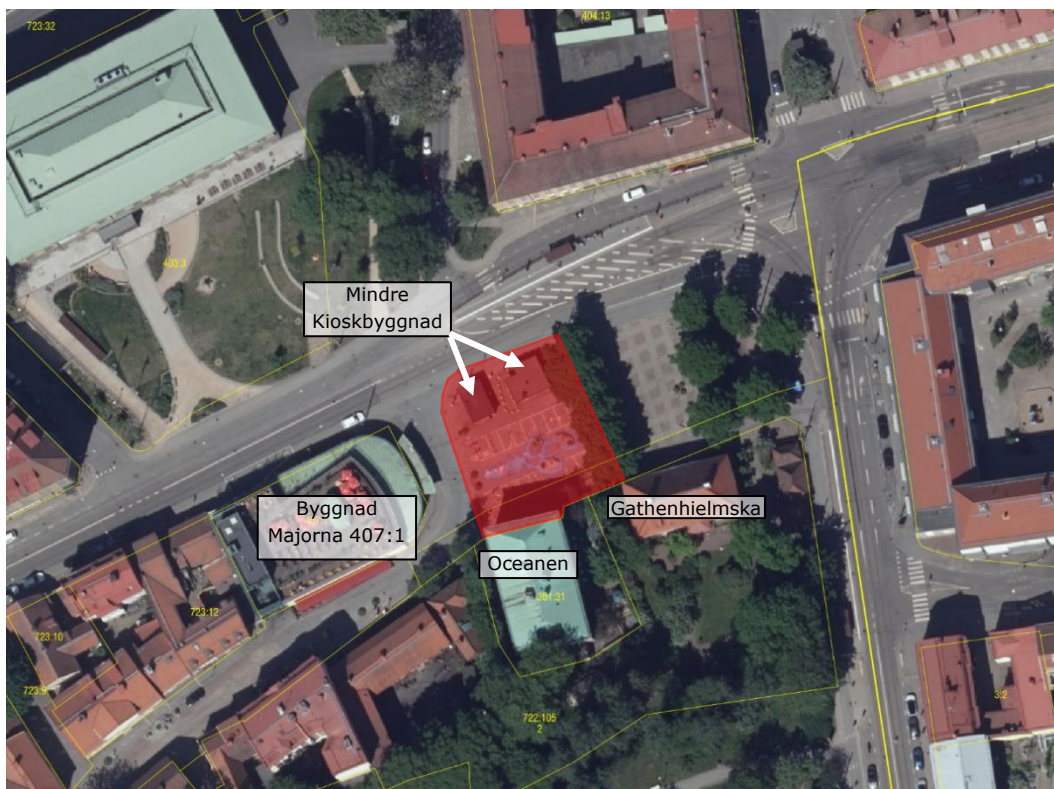


Figur 62. Gräns för utredningsområdet för DP tunnel för Stigberget – Hållplats Stigbergstorget. Beskrivet området markerat med rött.

13.1 Befintlig bebyggelse

Inom aktuellt området finns två mindre kioskbyggnader med restaurangverksamhet. Dessa är troligen grundlagda med platta på mark.

I nära anslutning till området finns en byggnad Majorna 407:1 i väster, Oceanen åt söder och Gatenhielmska huset åt sydost. Grundläggning av byggnad Majorna 407:1 är okänd, övriga byggnader är grundlagda med platta på mark eller grundmur. Se Figur 63 och EXF-2023-00924-18-025-0000-1001 (PM Byggnadsverk Lindholmsförbindelsen Järnvägsplan).



Figur 63. Översiktsbild med befintliga byggnader inom och i nära anslutning till aktuellt område för hållplatsnedgång redovisat i rött (Lantmäteriet 2025).

13.2 Planerad byggnation

Inom det aktuella planområdet planeras en mindre entrébyggnad i ett plan som ska ansluta till ny spårväghållplats under mark i berg.

13.3 Topografi och ytbeskaffenhet

Aktuellt område utgörs av en plan yta som med svag lutning nedåt åt västsydväst med marknivåer mellan +17 och +15. Ytan är asfalterad eller stenbelagd med trädplanteringar i den östra delen. Lutningen på torgytan och omgivande mark uppskattas till cirka 1:16.

13.4 Jordlagerföljd

Över Stigbergstorget varierar jorddjupet mellan 2,5 m i öst mot Bangatan, till ca 17 m i väst och mot hållplatsläget mot Karl Johansgatan.

Jordlagerföljden består överst av ett ca 1-2 m tjockt fyllningslager som främst utgörs av sand och grus, men mulljord förekommer även ställvis. Under fyllnadsmassorna finns en naturligt avlagrad sand, i vilken det finns tunnare skikt av silt och lera. Mäktigheten av sandlagret varierar mellan ca 2 och 15 m. Sanden vilar direkt på berg över större delen av området, förutom i de djupaste partierna där ett potentiellt moränlager har identifierats med en mäktighet på upp till ca 2 m som mest.

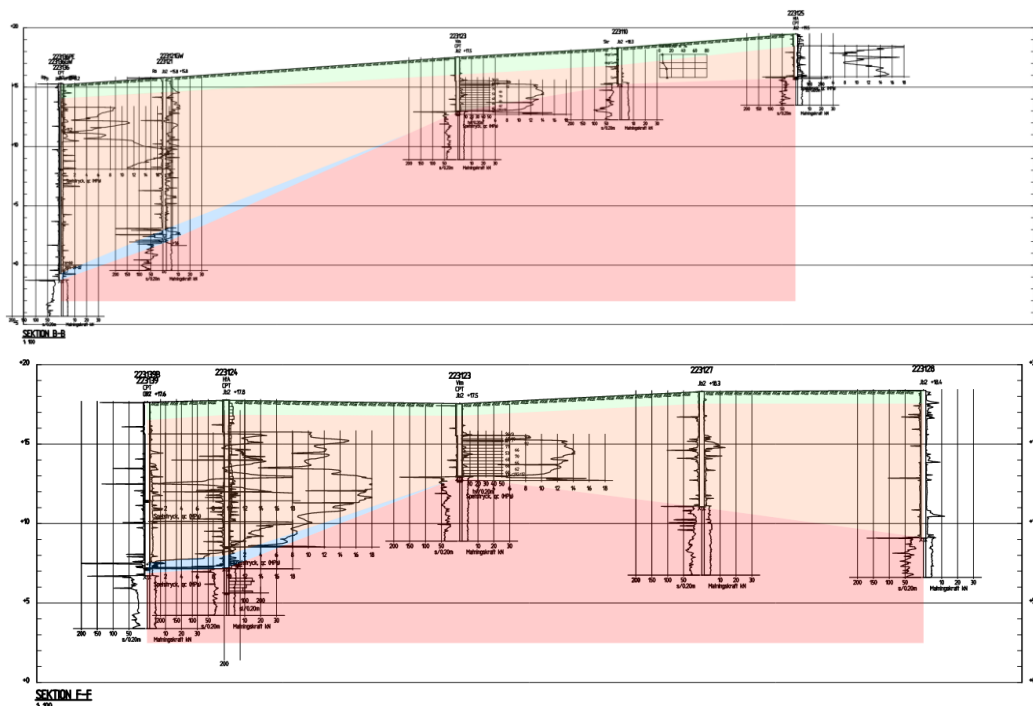
De silt- och lerlager som förekommer inom sanden har varit så pass tunna att någon exakt mäktighet inte har kunnat utvärderas.



En plan över utförda sonderingar på Stigbergstorget och ett urval av sektioner från dessa sonderingar redovisas i *Figur 64* respektive *Figur 65*. Samtliga sektioner redovisas i Bilaga 2.



Figur 64. Översiktsbild över Stigbergstorget som visar utförda geotekniska undersökningspunkter i plan samt sektioner.



Figur 65. Urval av sektioner på Stigbergstorget. Bilden visar sektioner B-B och F-F med tolkade jordlager. Grön-Fyllning, Orange-Sand, Blå-Fastare friktionslager, Röd-Berg.

13.5 Materialegenskaper

Sanden har bedömts ha en medelhög till hög lagringstäthet med en utvärderad friktionsvinkel på 36°.

13.6 Grundvatten- och portryckförhållanden

Grundvattenytan har kontrollerats genom installation av grundvattenrör i 10 undersökningspunkter. För mätningar av grundvattenyta och dimensionerande grundvattenyta, se EXF-2023-00924-50H-025-0000-4001 (PM Hydrogeologi Detaljplan Tunnel).

Vid Stigbergstorget påträffas grundvattennivåerna i det övre magasinet cirka 1–3 meter under marknivån men lokalt kan grundvattennivåerna ligga djupare eftersom vissa installerade grundvattenrör har varit torra vid samtliga mättillfällen. Observerade grundvattennivåer i undre magasinet längs med hela sträcka varierar generellt mellan 8–11 m under markytan, beroende på topografi, med en lutande gradient norrut mot älven. Grundvattennivåerna i det undre magasinet uppmäts till cirka +8 vid Stigbergstorget.

13.7 Stabilitetsförhållanden

Marken inom och i anslutning till området för detaljplanen är relativt plan och totalstabilitetsförhållandena bedöms vara goda, således bedöms det saknas förutsättningar för ras eller skred inom och i anslutning till området. Justeringar av markyta som anpassas för att fånga upp nivåkillnader i anslutning till planerad bebyggelse bedöms inte heller innebära att totalstabiliteten i området riskeras. Nya slänter ska lokalt kontrolleras för stabilitetsförhållanden vid projektering enligt IEG 6:2008, Rev 1. Inga åtgärder behövs alltså med avseende på totalstabiliteten för aktuellt planområde.



13.8 Sättningsförhållanden

Området bedöms generellt inte vara sättningskänsligt. De silt- och lerskikt som förekommer i sanden är så tunna att risken för sättningsproblematik bedöms som mycket liten. Eventuella sättningar som skulle kunna uppstå i friktionsmaterial sker momentant vid belastning. Inga särskilda åtgärder bedöms behövas för planerad konstruktion med avseende på sättningsförhållanden.

13.9 Grundläggningsmetoder

Entrébyggnaden till hållplatsen på Stigbergstorget förväntas kunna grundläggas med platta på mark ovanpå packad fyllning ovan naturlig jord. Det kan dock vara önskvärt att grundläggning delvis sker med pålar, för att minska differensen i styvhet mot eventuella konstruktionsdelar som är grundlagda på berg.

Då entrébyggnad ansluter till hållplatsläge under mark kommer det i utförandeskede innebära djupa schakt vilket kommer att kräva provisoriska stödkonstruktioner.

13.10 Radon

Inga undersökningar av radon har utförts i området i aktuellt projektet. Enligt radonkartan är området klassat som lågriskområde (se *Figur 25*)

13.11 Erosionsförhållanden

Det är ingen pågående erosion i området, därmed behövs inget erosionsskydd eller underhåll av erosionsskydd.

13.12 Klimatanpassningsåtgärder

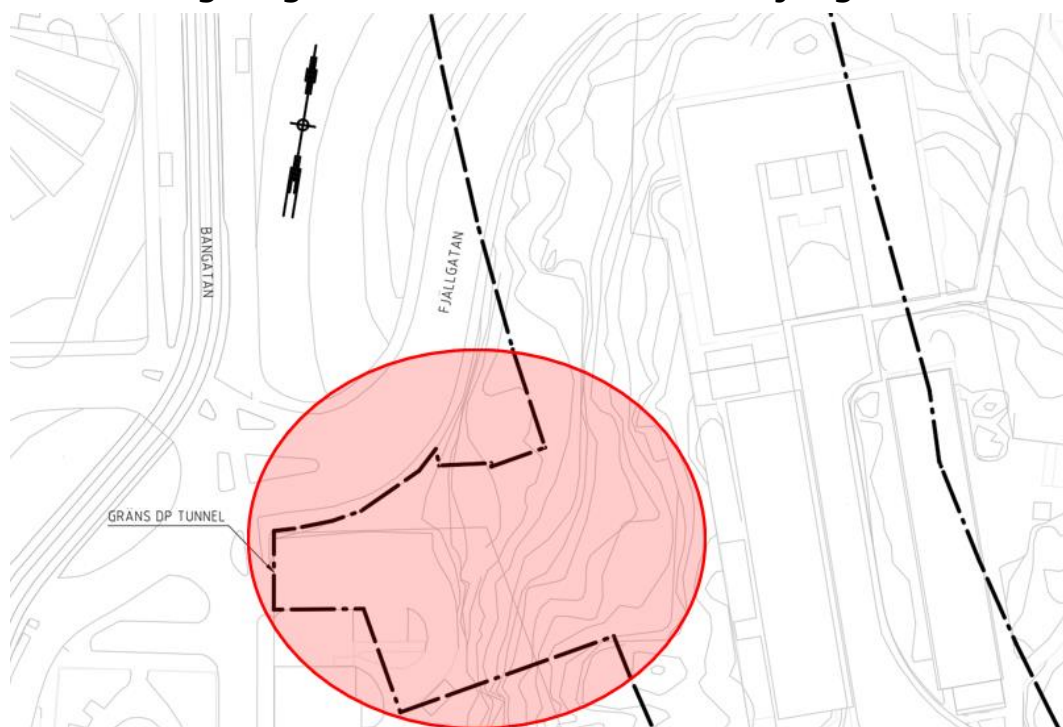
Inom detaljplaneområdet bedöms inga klimatanpassningar vara nödvändiga för att säkra framtida markanvändning.

13.13 Förutsättningar för byggnation

Förutsättningar för planerad byggnation bedöms generellt som goda.



14 Stigberget – Likriktarstation vid Fjällgatan



Figur 66. Gräns för aktuellt område för DP Tunnel vid likriktarstation vid Fjällgatan, beskrivet området redovisat i rött.

14.1 Befintlig bebyggelse

En översikt över aktuellt område redovisas i Figur 67.



Figur 67. Översikt över aktuellt område för likriktarstation vid Fjällgatan.

Fastigheten 32:1 är grundlagd på berg, med plintar och pålar enligt erhållna ritningar från SBF. Fastigheten har ett parkeringsgarage ovan mark mellan huskroppar och berg. Vid aktuellt läge går en befintlig uppfart upp till taket för garaget, se Figur 68. Vid parkeringen mellan stigberget 32:1 och Fjällgatan, finns en befintlig återvinningscentral. Bakom återvinningscentralen finns en befintlig kallmur, se Figur 69. Kallmuren är grundlagd på berg enligt ritningar från SBF.



Figur 68. Befintlig uppfart till Stigberget 32:1, parkeringsgaragetets gavel mot Fjällgatan syns i vitt till höger, bild tagen från Fjällgatan (bildkälla platsbesök 250702)



Figur 69. Befintlig kallmur bakom återvinningscentral mot berget sett från Fjällgatan. (bildkälla: platsbesök 250702)



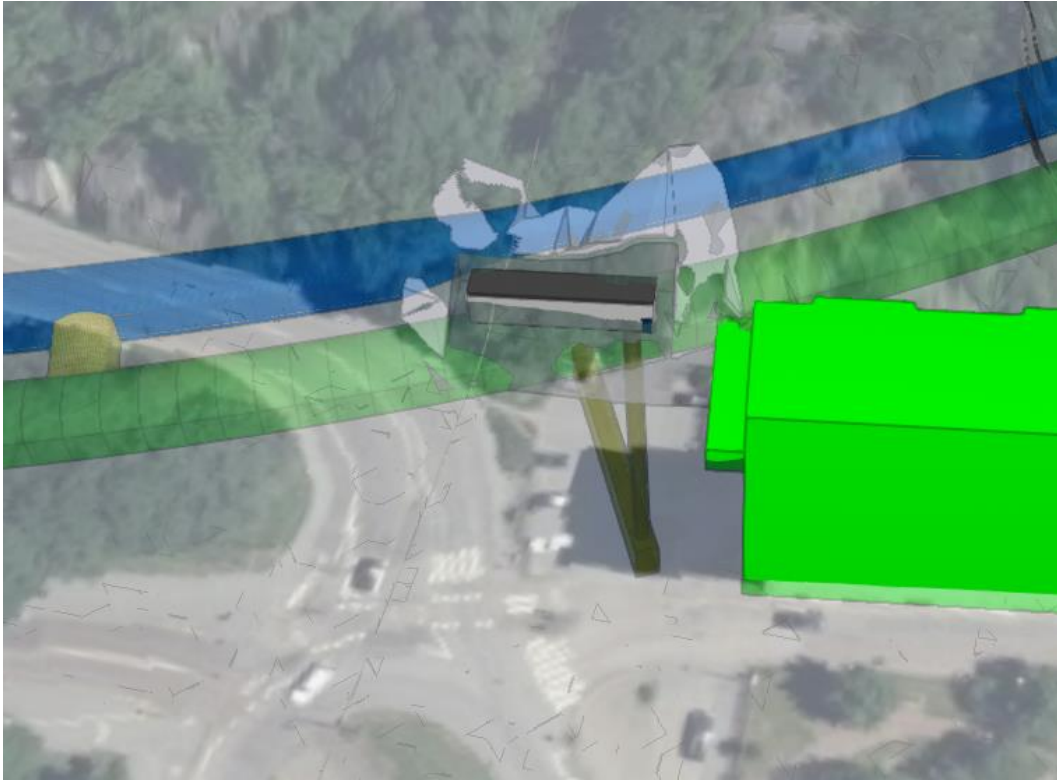
Mellan Fjällgatan och parkeringen finns en befintlig stödmur som hanterar höjdskillnaden mellan ytorna, se Figur 70.



Figur 70. Befintlig stödmur mellan Fjällgatan och parkering för Stigberget 32:1, samt befintlig återvinningsstation. (bildkälla: platsbesök 250702)

14.2 Planerad byggnation

Ett teknikhus planeras att byggas på platsen. Teknikhusets läge innebär att det sprängs in det befintliga berget vid aktuell plats. Teknikhusets planerade läge från projektet Lindholmsförbindelsens samordningsmodell redovisas i Figur 71.



Figur 71. Planerad utformning på teknikhus vid Fjällgatan från projektets samordningsmodell 2025-09-24.

Det planerade läget och utbredningen för bergskärningen går i dagsläget nära den befintliga

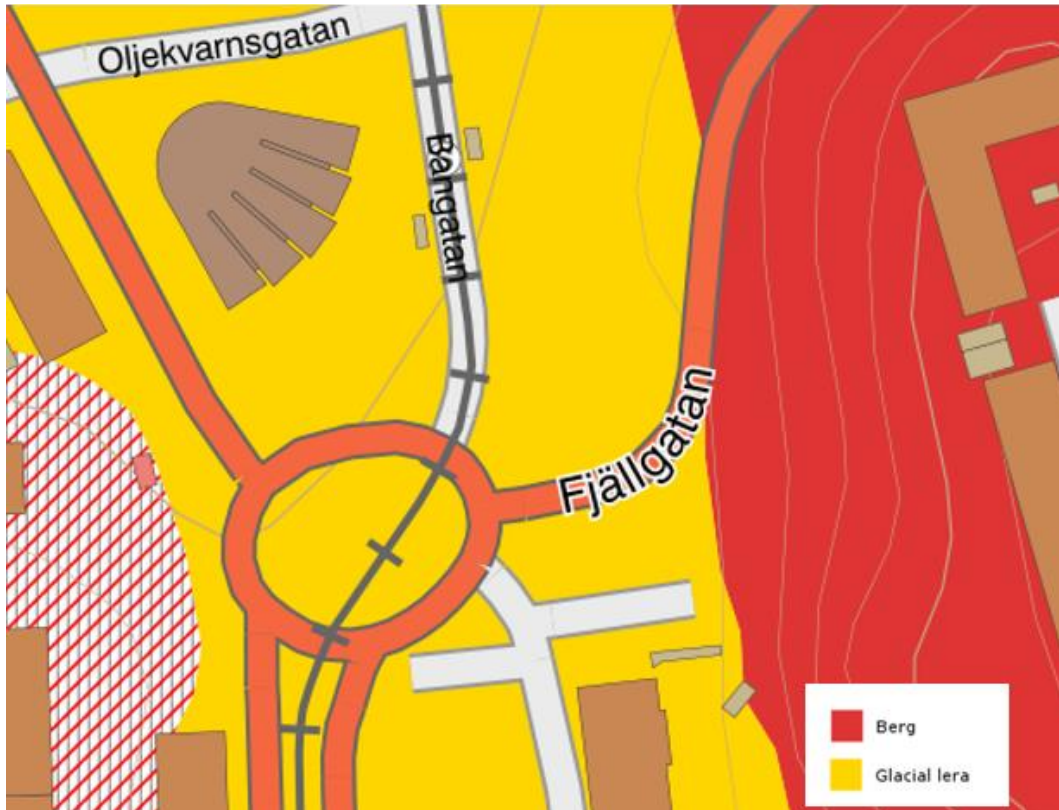
14.3 Topografi och ytbeskaffenhet

Aktuellt område består av hårdgjorda ytor i form av gång-cykelväg, parkering samt en återvinningsstation. Bakom återvinningsstationen övergår hårdgjorda ytor till berg i dagen med varierande mängd mulljord med grönytor ovan berget, som har en ökande marknivå österut.

Markytan i området är relativt flackt, bortsett från höjdskillnaderna från det befintliga berget i dagen.

14.4 Jordlagerföljd

Inga undersökningar har utförts inom projektet i aktuellt område. SGU:s jordartskarta visar att området innehåller glacial lera och berg, se Figur 72.



Figur 72. SGU:s jordartskarta för området Stigberget – Likrikstarstation vid Fjällgatan.

14.5 Materialegenskaper

Ingen utvärdering av materialegenskaper har utförts inom aktuellt område.

14.6 Grundvatten- och portryckförhållanden

Grundvattenytan har kontrollerats genom installation av grundvattenrör i 1 undersökningspunkt. För mätningar av grundvattenyta och dimensionerande grundvattenyta, se EXF-2023-00924-50H-025-0000-4001 (PM Hydrogeologi Detaljplan Tunnel).

Vid korsningen Bangatan – Fjällgatan är grundvattennivåerna i övre magasinet cirka 1 meter under marknivån. Observerade grundvattennivåer i undre magasinet längs med hela sträcka varierar generellt mellan 8-11 m under markytan, beroende på topografi, med en lutande gradient norrut mot älven. Grundvattennivåerna i det undre magasinet uppmäts till ca +25 vid Djurgårdsplatsen.

14.7 Stabilitetsförhållanden

14.7.1 Stabilitet befintliga förhållanden

Det befintliga området är flackt, det finns en befintlig stödmur mellan gång-cykelvägen och parkeringen vid återvinningsstationen.

14.7.2 Stabilitet planerade förhållanden

Beroende på utformning på eventuellt bergschakt för teknikhuset kan stabilitet för massor med mulljord ovan berg behöva kontrolleras. Ifall utformning på teknikhuset



har ett färdigt golv lägre än befintlig marknivå kan stabilitet mot Fjällgatan bli problem, en lösning kan vara att förlänga den befintliga stödmuren.

Eftersom projekteringen av landskapsmodellen inte är helt klar vid skrivandet av detta PM kan det bli aktuellt att göra ytterligare stabilitetskontroller inför granskningshandlingen.

14.8 Sättningsförhållanden

Inga tecken på befintliga sättningar finns i aktuellt område. Då SGU:s jordartskarta visar på att det finns lera inom området som är sättningskänsligt Eventuella tilläggslaster i form av konstruktioner eller förändringar av markytan inom området behöver utredas så de inte skapar sättningar som påverkar befintliga konstruktioner inom området. Även påverkan på grundvattennivån inom området kan skapa sättningsproblematik.

14.9 Grundläggningsmetoder

Grundläggning av det planerade teknikhuset antas kunna utföras på berg, då det planerade läget för huset är insprängt i det befintliga berget.

14.10 Radon

Inga undersökningar av radon har utförts i området i aktuellt projektet. Enligt radonkartan är området klassat som normalriskområde (se *Figur 25*)

14.11 Erosionsförhållanden

Eventuellt kan erosionskyddande åtgärder behövas för bergskärningen.

14.12 Klimatanpassningsåtgärder

Inga utredningar har utförts för klimatanpassningsåtgärder i aktuellt område.

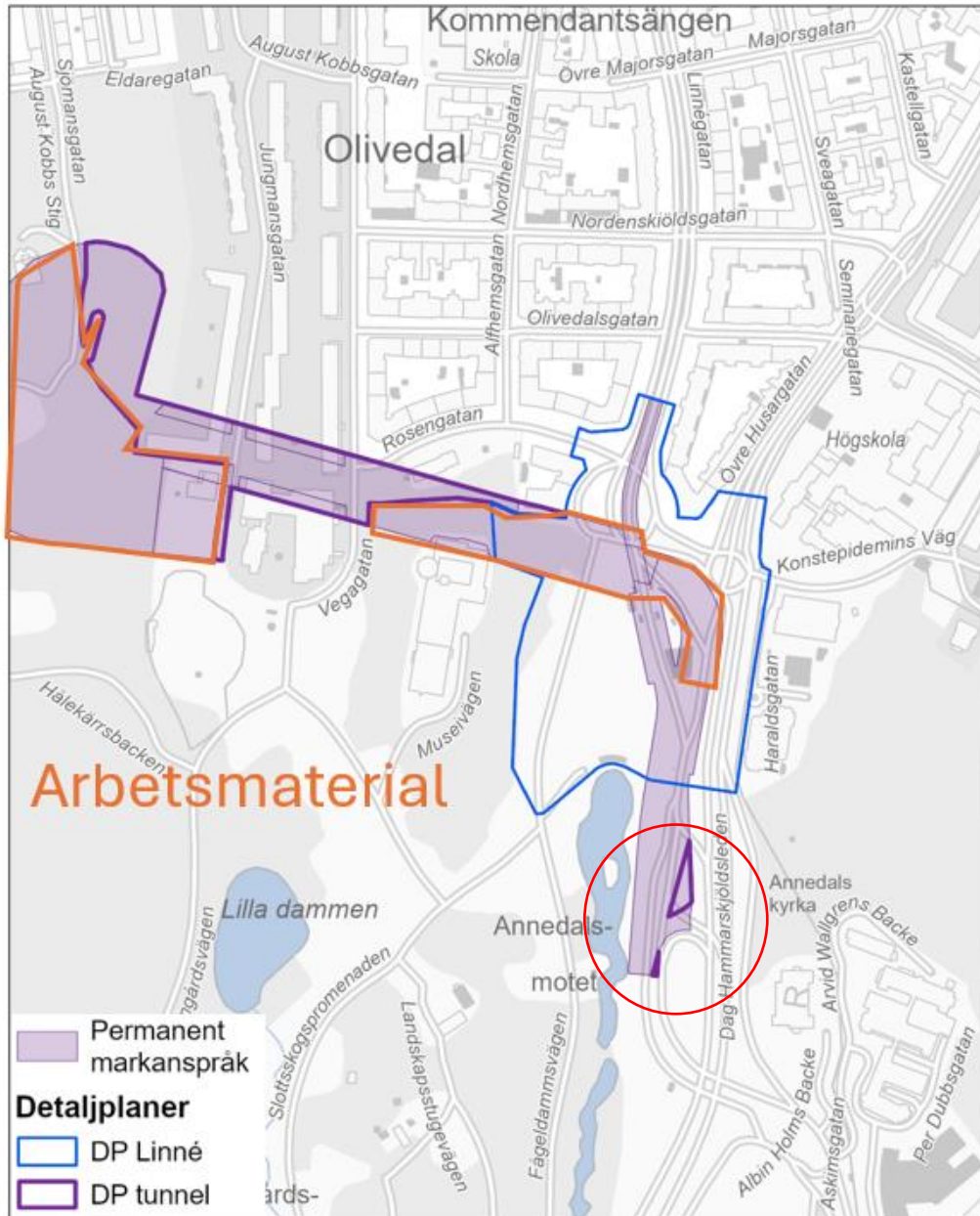
14.13 Förutsättningar för byggnation

Förutsättningar för byggnation ses som goda då likriktarstationen byggs i helhet in i berget.

15 Linné – Likriktarstation vid Annedalsmotet

15.1 Befintlig bebyggelse

Aktuellt område utgörs generellt av grönytor intill bussgata och gata, Annedalsmotet, Per Dubbsgatan och Dag Hammarskjöldsleden. Se Aktuellt detaljplaneområde i *Figur 73*



Figur 73. Aktuellt detaljplaneområde, se område inom röd ring, SBF 2025

15.2 Planerad byggnation

Den nya trafiklösningen separerar buss från övriga motorfordon genom att bussarna får egna kollektivtrafikkörfält i mitten av nuvarande Dag Hammarskjöldsleden. I höjd med ny spårvagnshållplats anläggs busshållplatser vid kollektivtrafikkörfälten. En ny likrikstarstation planeras med tillhörande trafiklösning kring byggnaden. Byggnaden planeras bli ca 90 m² stor och ca 4,7 m hög. För att möjliggöra installationsgolv planeras grundläggningsnivån vara drygt 1 m under markytan. Se Figur 74 för föreslagen utformning.



Figur 74. Planerad utformning, Förslagshandling Likrikarstationen, COWI 2025-07-02.

15.3 Topografi och ytbeskaffenhet

Största delen av området utgörs av vägar, bussväg och gräsytor mellan de hårdgjorda ytorna, se Figur 75.

Området är flackt och marknivån ligger på ca +15 till +16.



Figur 75. Fotovy över aktuellt område. Bildkälla: Google Maps Streetview 2025

15.4 Jordlagerföljd

Utförda undersökningar visar att den naturliga jordlagerföljden generellt utgörs av ett tunt lager **mulljord** ovan **torrskorpelera** och **lera**. Leran underlagras av **friktionsjord**. Området har exploaterats vilket föranleder att **fyllning** förekommer överst i jordlagerföljden i stora delar av området. Leran underlagras av friktionsjord. Enligt utförda jord-bergsonderingar (Jb-sonderingar) uppgår jorddjupen till 34 m som mest.

Mulljorden har en mäktighet om ca 0,3 m.

Fyllningen har en mäktighet mellan ca 0,25 och 2,5 m. Fyllningens innehåll varierar och utgörs bland annat av lera, sand, sten och grus.

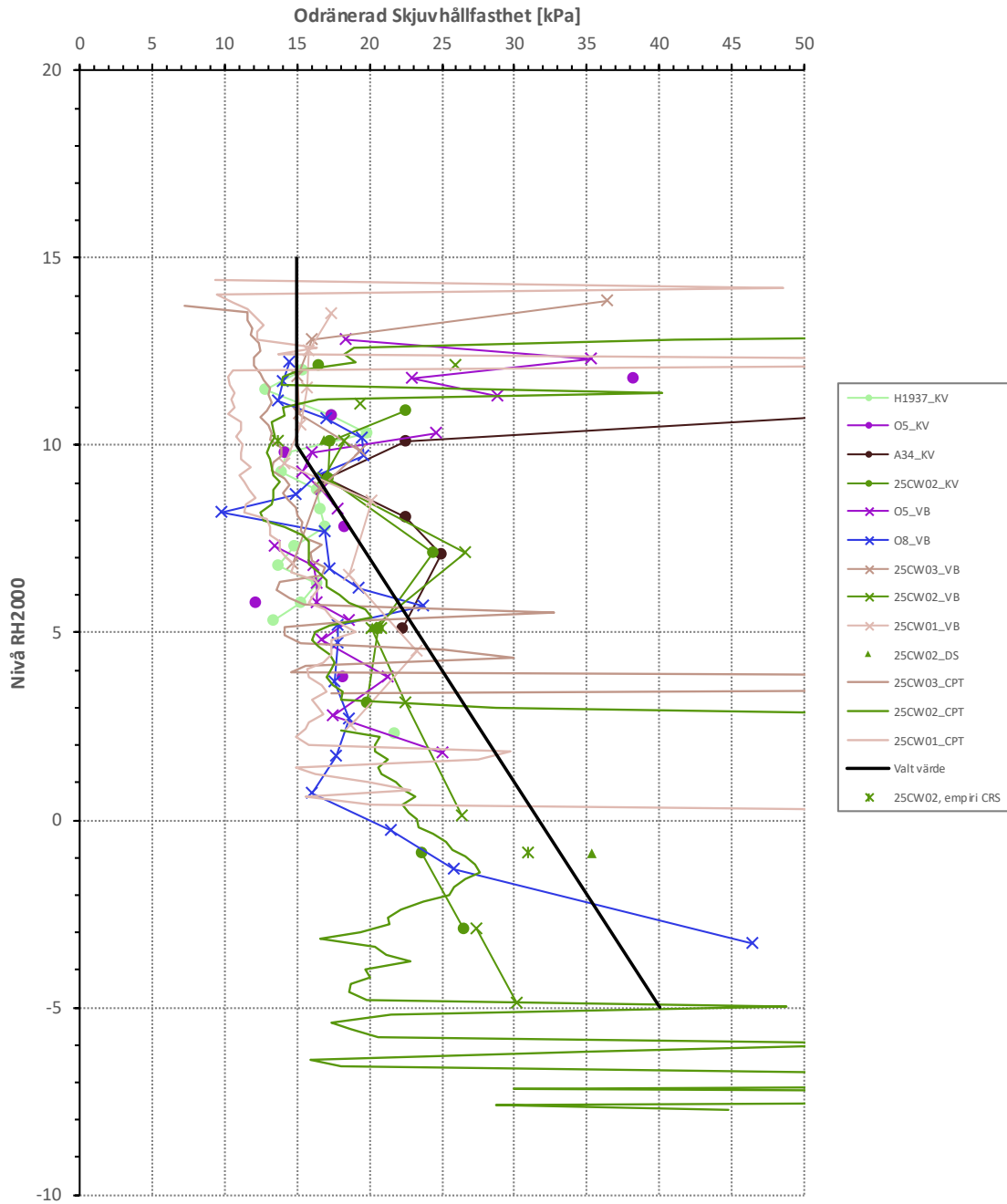
Under ytskikten återfinns **lera**. De övre 1,0–3,0 m utgörs av torrskorpelera som ställvis är siltig. Under torrskorpan är leran ställvis siltig, innehåller skalrester samt att det förekommer silt- och sandskikt. Lerans mäktighet uppgår till ca 22 m. Enligt utförda vingförsök och konförsök har leran en odränerad skjuvhållfasthet som varierar mellan ca 12 och 30 kPa. Vattenkvot och konflytgräns har analyserats på ostörda prover på geotekniskt laboratorium. Ned till ett djup om ca 5 m under markytan varierar vattenkvoten och konflytgränsen mellan ca 40 och 100 % respektive 40 och 80 %. Mellan djupen 5 och 15 m under markytan varierar vattenkvoten och konflytgränsen mellan ca 40 och 70 % respektive 35 och 60 %. I den underliggande leran (från ca 15 m djup) varierar vattenkvoten och konflytgränsen mellan ca 30 och 50 % respektive 20 och 40 %. Lerans förkonsolideringstryck har inte kunnat bestämmas utifrån gjorda undersökningsmetoder och laborieförsök från upptagna jordprover.

Under leran har friktionsjord påträffats. Mäktigheten på det tolkade friktionsjordslagret varierar mellan ca 0,5 och 11,0 m. Friktionsjordens sammansättning och hållfasthetsegenskaper har inte vidare undersökts.

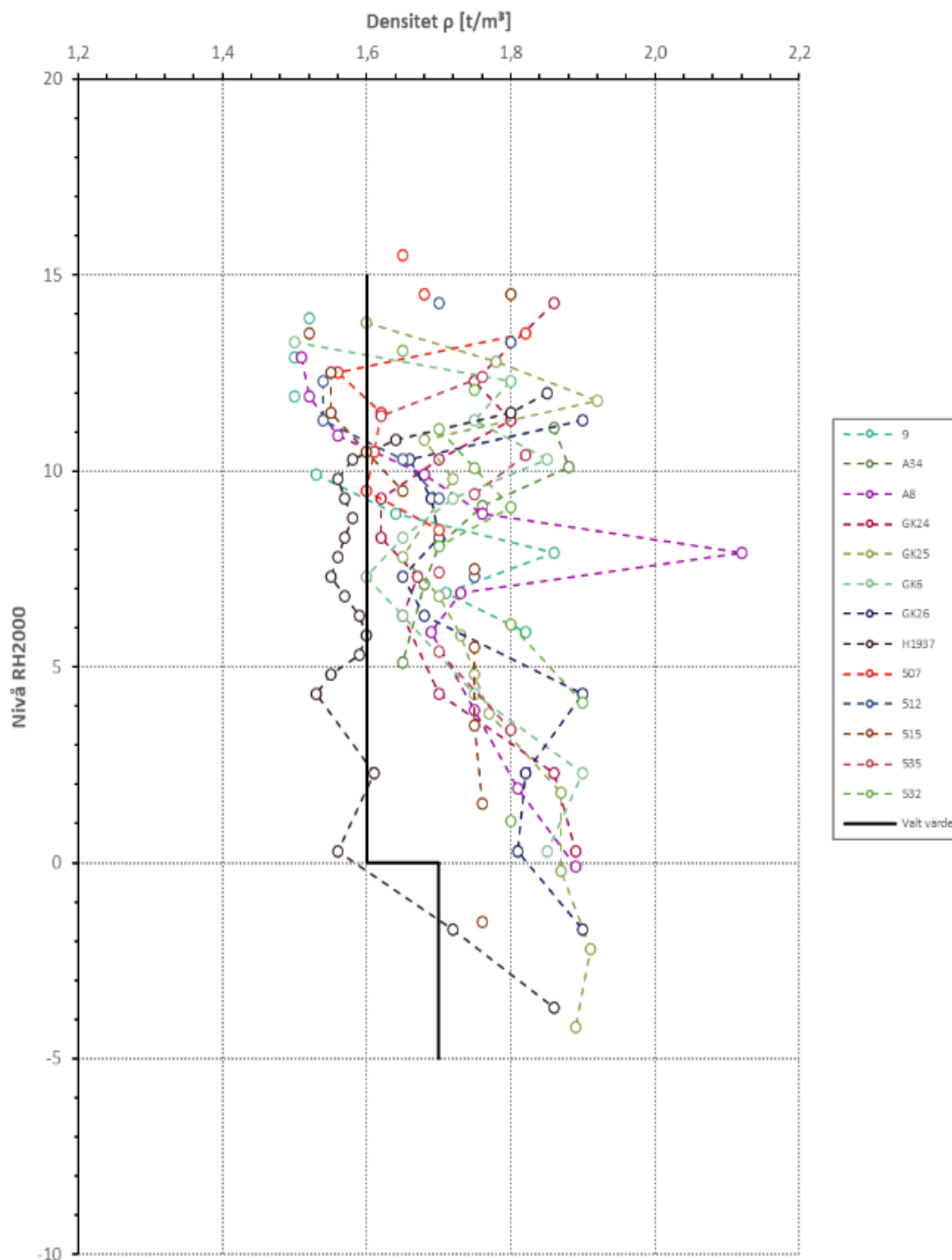


15.5 Materialegenskaper

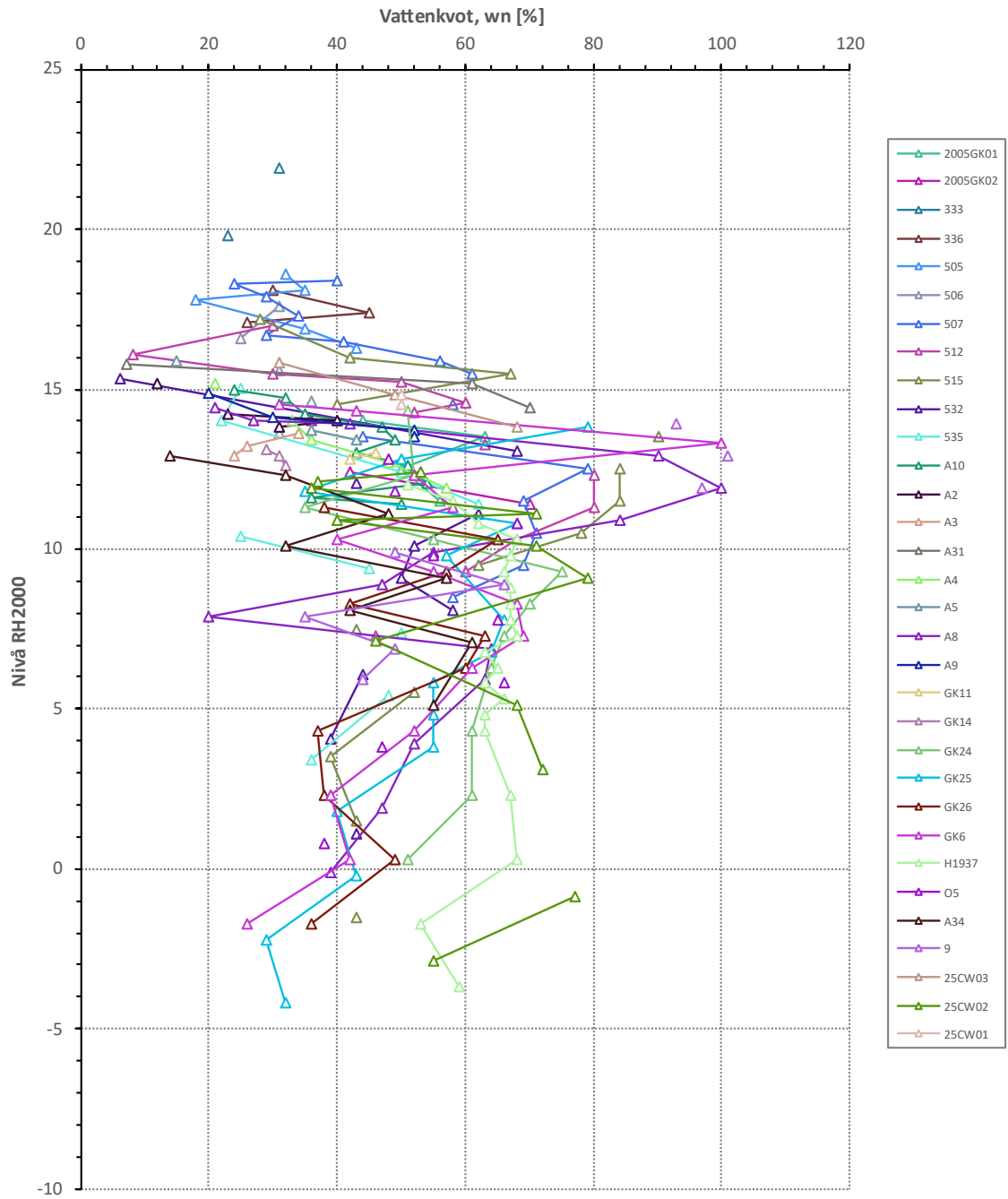
Geotekniska undersökningar i anslutning till Annedalsmotet har utförts i tidigare utredningar, se [4]. En sammanställning av lerans odränerade skjuvhållfasthet och valt värde mot nivå redovisas i Figur 76 och för tunghet i Figur 77. Uppmätt vattenkvot redovisas i Figur 78 och uppmätt konflytgräns redovisas i Figur 79. I Tabell 5 redovisas en sammanställning av jordmaterialparametrarna och valda karaktäristiska värden.



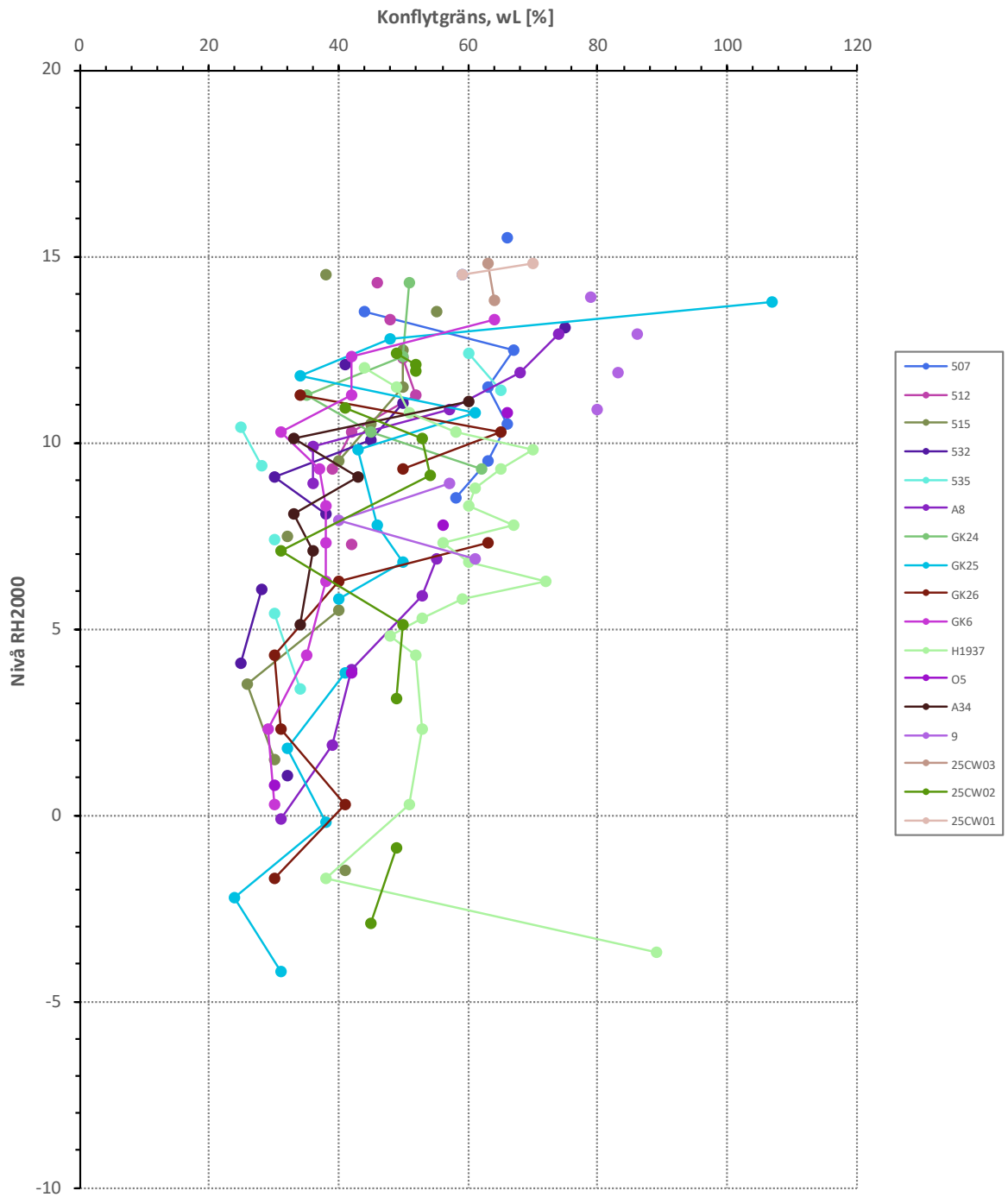
Figur 76. Diagram med valt värde för skjuvhållfasthet inom Annedalsmotet.



Figur 77. Diagram med valt värde för tunghet inom Annedalsmotet.



Figur 78. Diagram för uppmätt vattenkvot inom Annedalsmotet.



Figur 79. Diagram för uppmätt konflytgräns inom Annedalsmotet.



Tabell 5 Sammanställning av geotekniska parametrar för Annedalsmotet

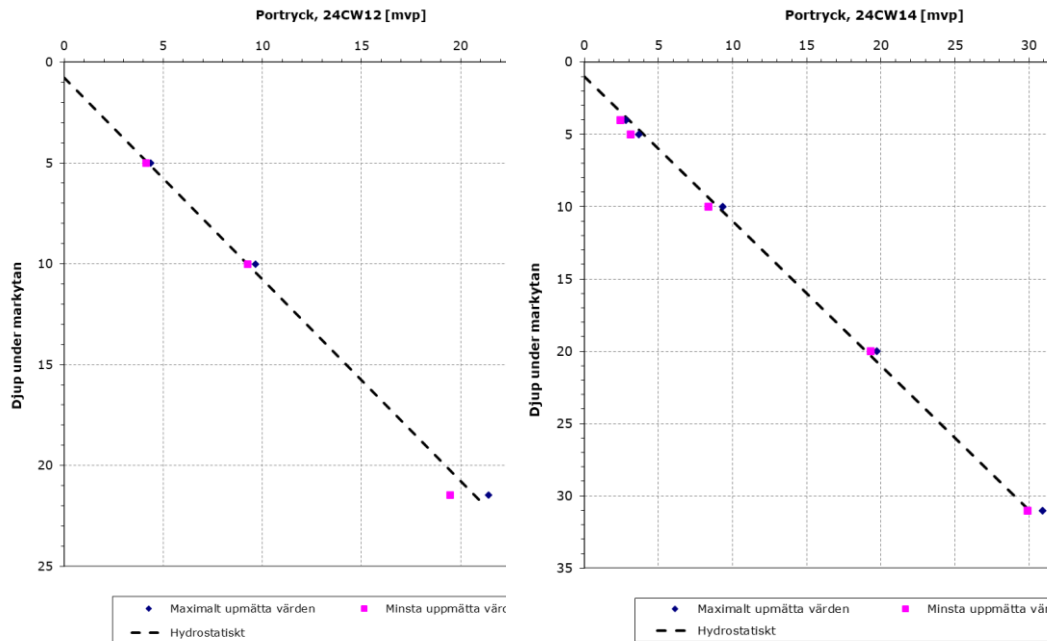
Jordmaterial	Jordparameter	Karakteristiskt värde
Överbyggnad. Packad enligt AMA	Tunghet, (γ)	20 kN/m ³
	Effektiv tunghet, (γ')	12 kN/m ³
	Inre friktionsvinkel, (ϕ')	42°
Torrskorpelera	Tunghet, (γ)	16,5 kN/m ³
	Odränerad skjuvhållfasthet, (c_u)	20 kPa
	Dränerad skjuvhållfasthet, (c')	0,1 x c_u kPa
	Inre friktionsvinkel, (ϕ')	30°
Lera 1 - +10	Tunghet, (γ)	16 kN/m ³
	Odränerad skjuvhållfasthet, (c_u)	15 kPa
	Dränerad skjuvhållfasthet, (c')	0,1 x c_u kPa
	Inre friktionsvinkel, (ϕ')	30°
Lera 2 +10 - +0 Z=0 vid nivån +10	Tunghet, (γ)	16 kN/m ³
	Odränerad skjuvhållfasthet, (c_u)	15+1,67*z kPa
	Dränerad skjuvhållfasthet, (c')	0,1 x c_u kPa
	Inre friktionsvinkel, (ϕ')	30°
Lera 3 +0 - Z=0 vid nivån +0	Tunghet, (γ)	17 kN/m ³
	Odränerad skjuvhållfasthet, (c_u)	31,67 kPa+1,67*z kPa
	Dränerad skjuvhållfasthet, (c')	0,1 x c_u kPa
	Inre friktionsvinkel, (ϕ')	30°
Friktionsjord	Tunghet, (γ)	19 kN/m ³
	Effektiv tunghet, (γ')	12 kN/m ³
	Inre friktionsvinkel, (ϕ')	33°

15.6 Grundvatten- och portryckförhållanden

I undersökningspunkterna 24CW12 och 24CW14 portrycksspetsar (PVT) med ett inbyggt minne som avläser portrycken automatiskt en gång per dygn. Två portrycksspetsar (5, 10 och 20 m djup), ett grundvattenrör i det övre magasinet (3 m djup) och ett grundvattenrör i den undre magasinet (21 m djup) installerades i 24CW12. Grundvattenröret i det övre magasinet har dålig funktion så resultaten från den redovisas inte. I 24CW14 installerades 3 portrycksspetsar (5, 10 och 20 m djup), ett grundvattenrör i det övre magasinet (4 m djup) och ett grundvattenrör i det undre magasinet (31 m djup).

I området installerades ytterligare 35 grundvattenrör, se [4] för dess lägen i plan samt resultat från gjorda mätningar

Grundvattenytan ligger generellt i överkant av lerlagret. Uppmätta portryck i punkterna 24CW12 och -14 visar på en hydrostatisk tillväxt mot djupet, se Figur 80.



Figur 80. Diagram med utförda portrycksmätningar och grundvattenmätningar i punkterna 24CW12 och 24CW14.

15.7 Stabilitetsförhållanden

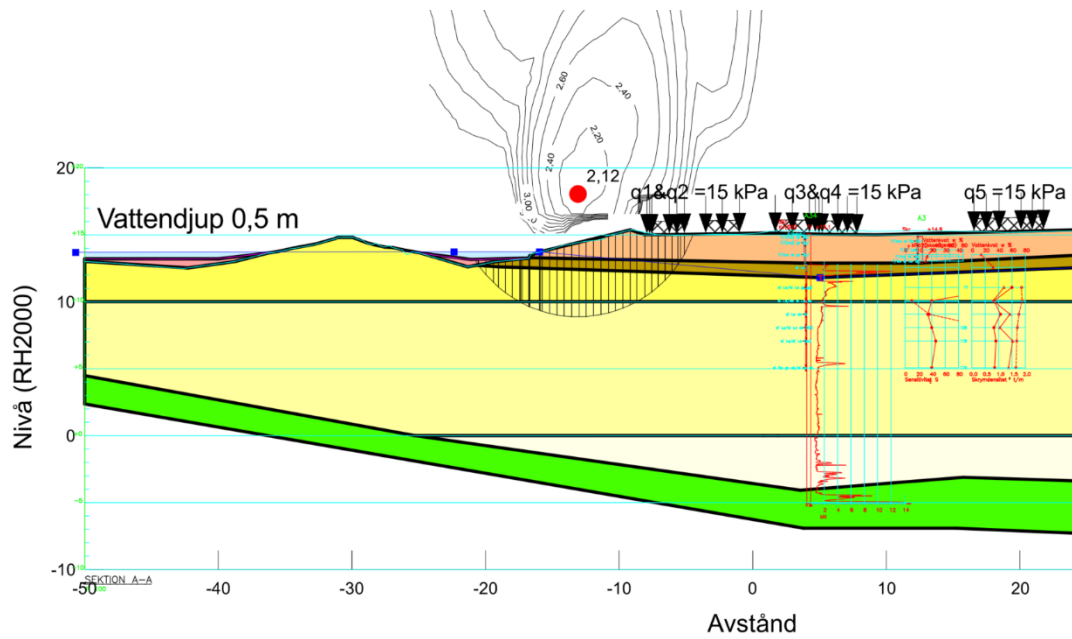
15.7.1 Stabilitet befintliga förhållanden

I samband med projektering av Lindholmsförbindelsen i systemhandlingskedet, delsträcka Linné, har COWI utfört en stabilitetsutredning för befintliga förhållanden i området. Dessa bedöms representera även stabilitetsförhållandena inom aktuellt område för både befintliga och planerade förhållanden. Tre beräkningssektioner har kontrollerats utmed fågeldammen söder om Linnéplatsen, sektion A, K och Q, se Figur 81 för sektionernas lägen i plan.

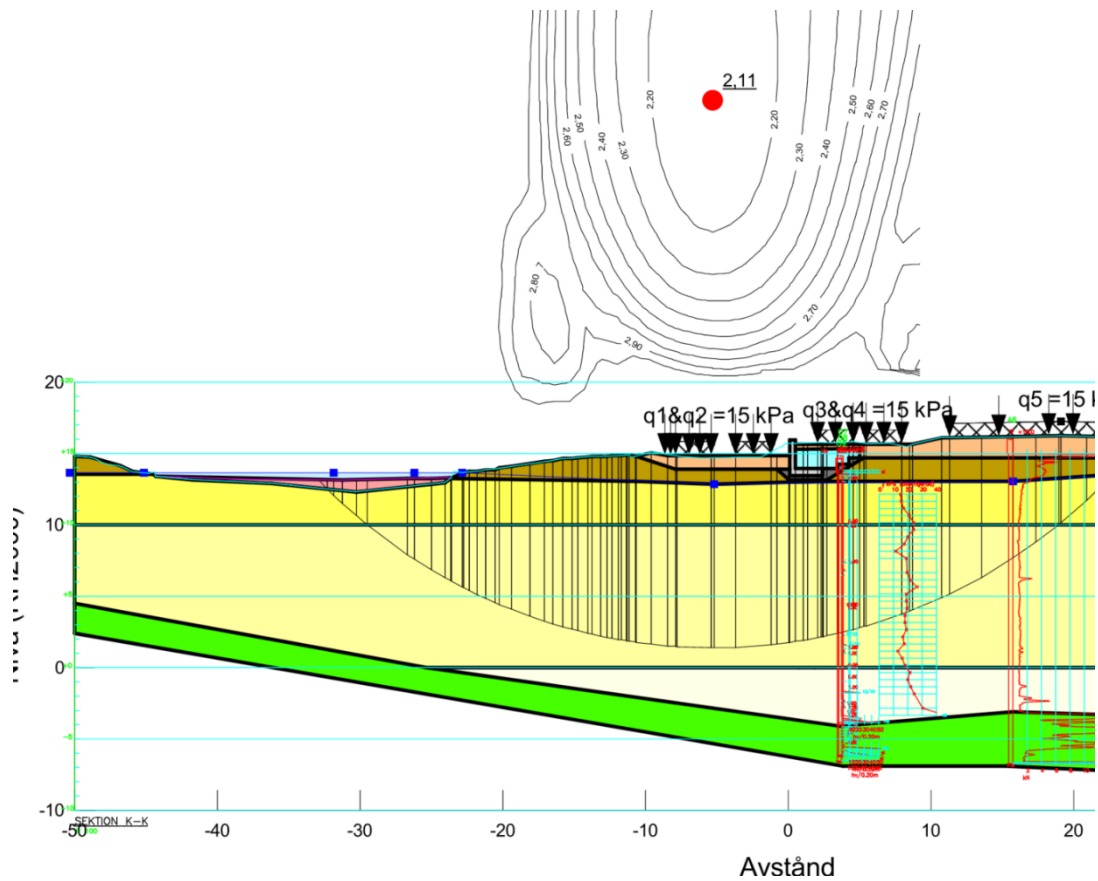


Figur 81. Beräkningssektioner utmed Fågeldammen

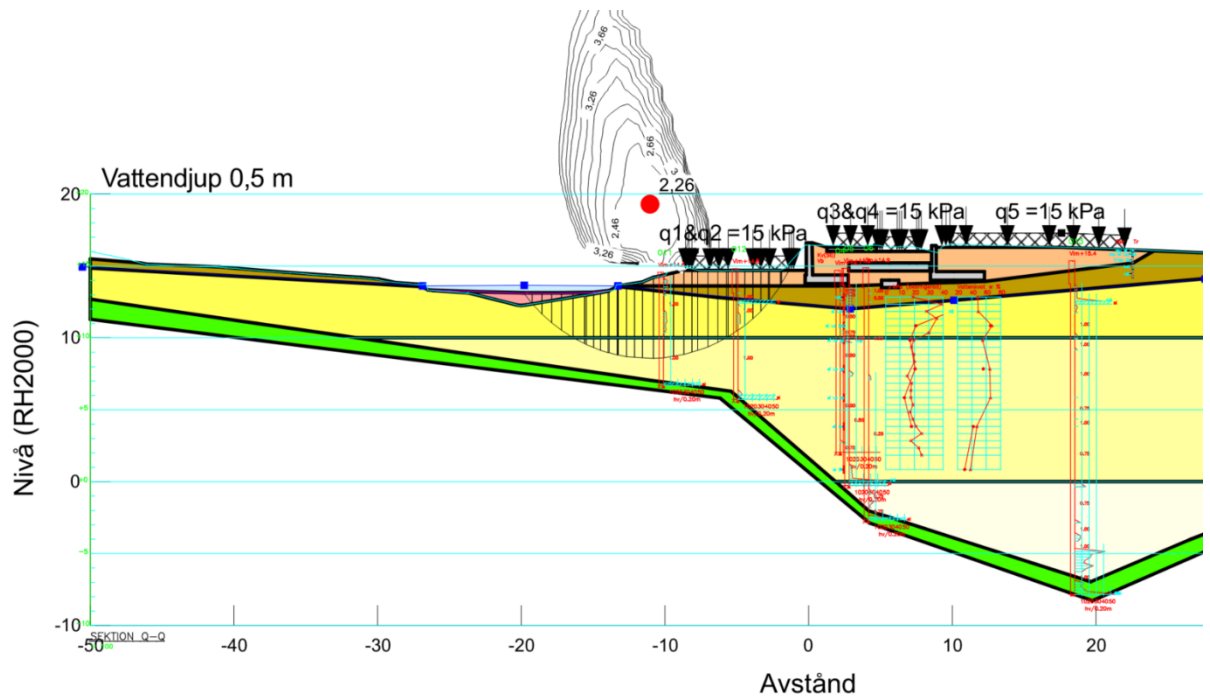
Stabilitetsberäkningarna visar med god marginal på tillfredsställande stabilitet utmed Fågeldammen, se Figur 82 till Figur 84 för resultaten för sektionerna A, K och Q. I Tabell 6 redovisas resultaten från utförda stabilitetsberäkningar för befintliga förhållanden och för 2 olika kontrollberäkningar där antingen Fågeldammen är torrlagd eller lerans och torrskorpelerans odänerade skjuvhållfasthet har reducerats med 10 %.



Figur 82. Stabilitetsberäkning sektion A för befintliga förhållanden, odränerad analys.



Figur 83. Stabilitetsberäkning sektion K för befintliga förhållanden, odränerad analys.



Figur 84. Stabilitetsberäkning sektion Q för befintliga förhållanden, odränerad analys.

Tabell 6 Beräkningsresultat

Sektion	Odränerad analys	Kombinerad analys	Bilaga
A, befintliga förhållanden	2,12	2,42	3-01, 3-02
A, torrlagd damm	1,92	2,17	3-03, 3-04
A, reducerad c_u	1,91	2,22	3-05, 3-06
K, befintliga förhållanden	2,11	2,67	3-07, 3-08
K, torrlagd damm	2,03	2,52	3-09, 3-10
K, reducerad c_u	1,90	2,42	3-11, 3-12
Q, befintliga förhållanden	2,26	2,56	3-13, 3-14
Q, torrlagd damm	2,06	2,42	3-15, 3-16
Q, reducerad c_u	2,04	2,52	3-17, 3-18

Skulle Fågeldammen vara torrlagd eller den odränerade skjuvhållfastheten vara lägre än vad som är valt i föreliggande beräkningar så påverkas inte beräkningsresultaten så pass att säkerheten mot stabilitetsbrott understiger erforderliga säkerhetsfaktorer.



15.7.2 Stabilitet planerade förhållanden

Utmed fågeldammen görs inga kommande markuppfyllnader eller andra korrigeringar som påverkar förutsättningarna. Utförda beräkningar representerar således både befintliga och blivande förhållanden. Planerad likriktarstation bedöms inte påverka lastfallet jämfört med de stabilitetsberäkningarna utförda i systemhandlingen.

15.8 Sättningsförhållanden

Där lera förekommer är den generellt normalkonsoliderad till lätt överkonsoliderad. Uppfyllnader och grundvattensänkningar kommer medföra sättningar som pågår under lång tid med hänsyn till lerans sättningsbenägenhet. Detta ska beaktas vid all form av tillskottsbelastning, exempelvis uppfyllnader och grundvattensänkningar.

15.9 Grundläggningsmetoder

Planerad likriktarstation bedöms kunna grundläggas med kompensationsgrundläggning eller med pålar.

15.10 Radon

Enligt SGU:s Radonriskkarta över Göteborgs Stad utgör området av lågriskområde.

15.11 Erosionsförhållanden

Inom området finns ingen risk för erosion. Området utgörs främst av gräsytor och hårdjorda ytor. Höjdsättning planeras utifrån dagvattenhantering och ytavrinning.

15.12 Klimatanpassningsåtgärder

Inom utredningsområdet bedöms inga klimatanpassningar vara nödvändiga för att säkra framtida markanvändning.

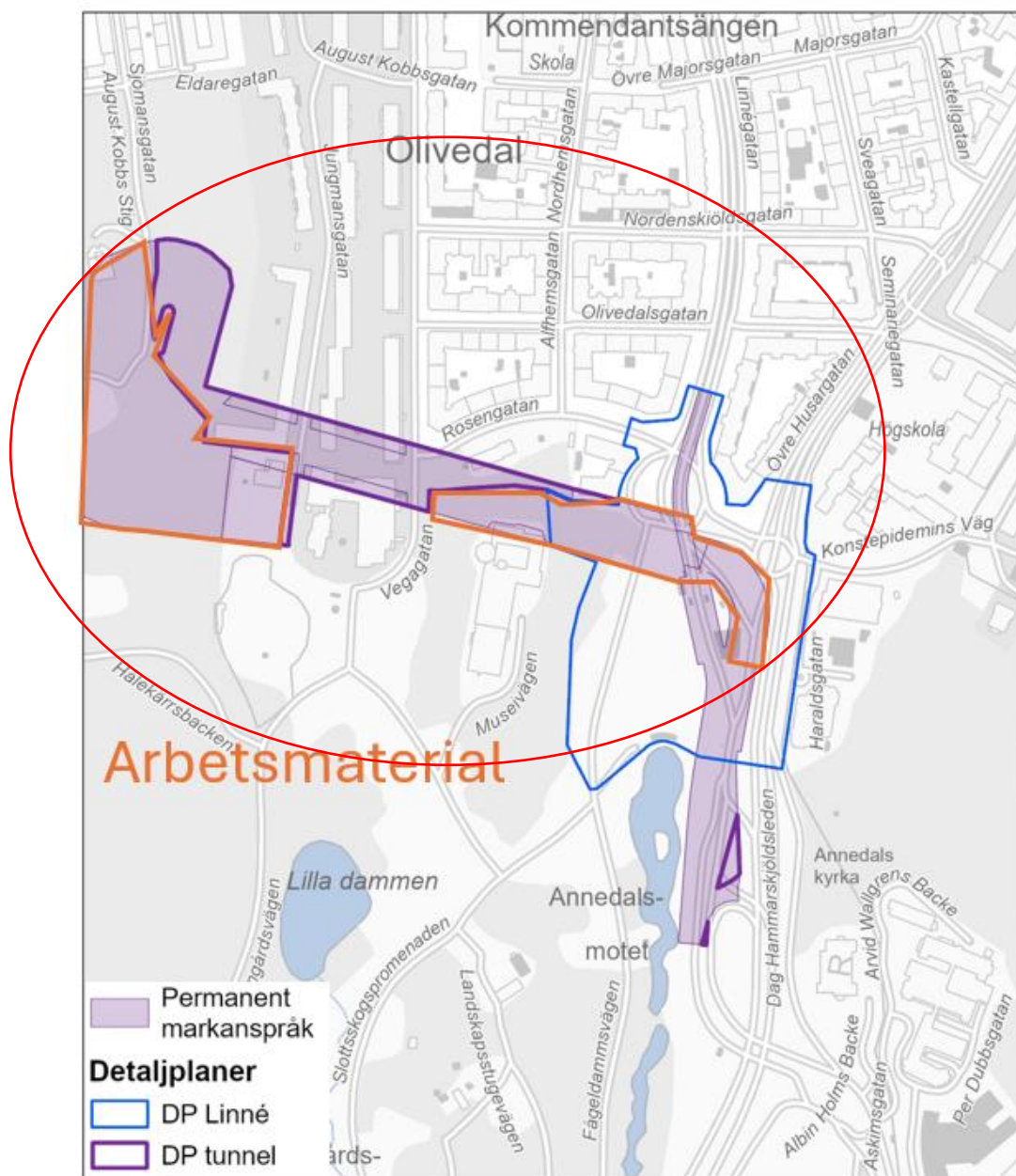
15.13 Förutsättningar för byggnation

Förutsättningar för planerad byggnation bedöms generellt som goda. Beroende på typ av likriktarstation och laster kan eventuellt grundläggning på pålar bli aktuellt.

16 Linné – Jungmansgatan Tillfartstunnel

16.1 Befintlig bebyggelse

Aktuellt område utgörs av hårdjorda ytor, innergårdar och befintliga byggnader i form av bostadshus, förskola och vårdcentral. Områdets västra del utgörs av bergsslänt upp mot Slottsskogen. Områdets östra del utgörs av Linnéplatsen. Se aktuellt detaljplaneområde i Figur 85.



Figur 85. Aktuellt detaljplaneområde Jungmansgatan se område inom röd ring, SBF 2025.

16.2 Planerad byggnation

Inom hela det aktuella området kommer planerad spårväg att gå i bergtunnel. Planerad tillfartstunnel kommer att ha sitt påslag i bergsslant väster om Jungmansgatan, se Figur 86.



Figur 86. Skissförslag planerad tillfartstunnel, COW 2025-06-05

16.3 Topografi och ytbeskaffenhet

Aktuellt område är till stor del exploaterat i form av bostäder, vägar och hårdgjorda ytor. I den sydöstra delen stiger terrängen upp mot ett fastmarksparti där Göteborgs naturhistoriska museum är beläget högst upp. Markytans högsta nivå vid Naturhistoriska riksmuseet ligger kring +40.

De västra delarna består av Jungmansgatan och Vegagatan som går i nord-sydlig riktning. Mellan gatorna finns Nordostpassagen, en vårdcentral och ett äldreboende med tillhörande innergårdar, se Figur 87 och Figur 88. Jungmansgatans marknivå är mellan ca +31 och +38 och Vegagatans nivå är mellan ca +23 och +27.



Figur 87. Bild över Nordostpassagen. Bildkälla: Google Maps Streetview 2024



Figur 88. Bild över Vegagatan. Bildkälla: Google Maps Streetview 2024

I områdets västra del finns en bergsslänt upp mot Slottsskogen, se Figur 89.



Figur 89. Bild över bergsslänt upp mot Slottsskogen. Bildkälla: Google Maps Streetview 2025

16.4 Jordlagerföljd

Utförda undersökningar visar att jordlagerföljden väster om Vegagatan generellt utgörs av ett lager **fyllning** ovan **torrskorpelera** och **lera**. Leran underlagras av **friktionsjord**. Inga jordprover togs upp i samband med fältundersökningarna utan jordlagren tolkades i samband med att sonderingarna utfördes. Enligt utförda jordbergsonderingar (Jb-sonderingar) varierar jorddjupet mellan 0 och ca 13 m. Jorddjupen minskar och övergår så småningom till berg i dagen alternativt med ett tunnare jordtäckte ovan berg i fastmarkspartierna. I områdets västra del finns berg i dagen, med en bergsslänt upp mot Slottsskogen. Fastmark förekommer kring Göteborgs naturhistoriska museum samt inom områdets västra delar, se Figur 90.

Fyllningen har en mäktighet mellan ca 0,2 och 1,5 m i läge för de undersökta punkterna. Ställvis har all naturligt lagrad jord ersatts av fyllning.

Under ytskikten återfinns **lera**. De övre delarna utgörs generellt av torrskorpelera med en mäktighet som uppgår till mellan 0 och 2 m. Lerans mäktighet varierar mellan ca 0 och ca 7 m. Inga jordprover har tagits upp inom området och inga vingförsök eller CPT-sonderingar har utförts. Det medför att det inte går att utvärdera lerans egenskaper.

Leran underlagras av friktionsjord vars mäktighet uppgår till 5 m som mest. Friktionsjordens sammansättning och hållfasthetsegenskaper har inte undersökts.

I läge för aktuell tillfartstunnel utgörs marken av fastmark och berg i dagen.



Figur 90. SGU:s Fastmarkskarta, grön symboliserar fastmark, röd symboliserar ej fastmark (SGU 2025)

Jordlagerföljden inom Linnéplatsen, öster om Göteborgs naturhistoriska museum, beskrivs i detaljplan Linné.

16.5 Materialegenskaper

Inga jordprover har upptagits från delområdet eller sonderingar som möjliggör en utvärdering av jordens beskaffenhet. Jordmaterialparametrar från detaljplan Linné nyttjas vid behov.

16.6 Grundvatten- och portryckförhållanden

I samband med de geotekniska fältundersökningarna installerades grundvattenrör och portrycksmätare i området. Grundvattenrören är installerade i både det undre och övre grundvattenmagasinet.

Grundvattenobservationer i installerade grundvattenrör har skett vid flertalet tillfällen under perioden december 2021 till januari 2025. Vid mättillfällena uppmättes en grundvattenyta på ca 0,2–2,1 m djup under markytan i det övre magasinet samt 0,1–2,7 m djup under markytan i det undre magasinet vid Linnéplatsen. För Vegasvackan uppmättes en grundvattenyta på ca 1,3–3,1 m djup under markytan i det övre magasinet samt 0,2–5,2 m djup under markytan i det undre magasinet.

I samband med skruvprovtagningen observerades fria vattenytor i öppna skruvprovtagningshål. Uppmätta vattenytor varierar mellan ca 1,2 och 3,0 m djup under markytan, vilket motsvarar nivåer runt +14 för området kring Linnéplatsen.

Grundvattenytan påverkas av årstid och nederbörd. Med hänsyn till observationstiden och extremnivåers återkomsttid kan det förekomma högre och lägre grundvattennivåer än vad som hittills uppmätts.

16.7 Stabilitetsförhållanden

16.7.1 Stabilitet befintliga förhållanden

Befintliga stabilitetsförhållanden bedöms ur geoteknisk synpunkt som goda med hänsyn till områdets flacka yta. Inga geotekniska stabilitetsproblem bedöms inom



fastmarkspartierna samt där berg i dagen förekommer. Det bedöms för både befintliga och utbyggda förhållanden.

16.7.2 Stabilitet planerade förhållanden

Inga geotekniska stabilitetsproblem bedöms förekomma med hänsyn till planerad tillfartstunnel då tunnelpåslaget hamnar i berg.

16.8 Sättningsförhållanden

Lerans sättningsegenskaper har inte undersökts inom aktuellt område. Planerad byggnation hamnar inom berg och fastmark.

16.9 Grundläggningsmetoder

Planerad tillfartstunnel bedöms inte kräva några särskilda grundläggningsåtgärder planerat tunnelpåslag hamnar i berg.

16.10 Radon

Enligt SGU:s Radonriskkarta över Göteborgs Stad utgör området delvis av högriskområde.

16.11 Erosionsförhållanden

Generellt i området finns ingen risk för erosion. Viss erosion på bergslänten kan förekomma. Befintlig växtlighet fungerar som ett naturligt erosionskydd.

16.12 Klimatanpassningsåtgärder

Inom utredningsområdet bedöms inga klimatanpassningar vara nödvändiga för att säkra framtida markanvändning.

16.13 Förutsättningar för byggnation

Förutsättningar för planerad byggnation bedöms generellt som goda med hänsyn till att planerad tillfartstunnel hamnar i berg.



17 Riskanalys

I områden med sättningskänslig mark bör grundvattennivån inte sänkas. Om detta inte beaktas kan befintliga byggnader och ledningars grundläggning påverkas eller sätta sig, särskilt om de inte är pågrundlagda. Risken för omgivningspåverkan i form av sättningar kan minskas genom att ändra grundläggningsmetoder, t.ex. kompensationsgrundläggning eller grundläggning med pålar.

Vid schaktningsarbeten måste åtgärder vidtas för att inte orsaka oönskad dränering och grundvattensänkning mot omkringliggande byggnader och anläggningar. Detta för att inte äventyra befintliga grundläggningar med skadliga sättningar som konsekvens.

Pålningsarbete bör utföras med hänsyn till befintliga grundläggningar. Vid pålningsarbete sker massundanträngning som kan medföra hävning i mark och i intilliggande byggnader. Massundanträngning kan reduceras genom upptagning av lerproppar före pålningsarbeten samt genom planering av i vilken ordning pålarna installeras. Spontdragning kan ge hålrum som leder till deformationer i marken.

Schaktning, spontning, sprängning och pålning anses som vibrations- och bulleralstrande arbeten, vilket innebär en risk för skador på närliggande konstruktioner samt risk för buller- och vibrationsstörningar för boende i närområdet. Vid detaljprojektering ska en riskanalys tas fram med avseende på aktuella arbeten och dess påverkan på omgivningen för att säkerställa att arbetena genomförs säkert och hållbart. Inom ramen för detaljprojekteringen bör även en separat utredning gällande rörelser, stabilitet och laster i konstruktioner utföras, för att kunna ta fram riktvärden och föreskrifter angående tillåtna rörelser och belastningar på omkringliggande mark i utförandeskede.

Kontrollprogram för uppföljning av omgivningspåverkan i byggsleden ska tas fram bland annat baserat på tidigare nämnda utredning och riskanalys.



18 Rekommendation för detaljplan

Nedan följer rekommendationer för detaljplan ur ett geotekniskt perspektiv, uppdelat för respektive utrett område.

För samtliga områden, vid schaktarbeten med och utan temporära stödkonstruktioner, samt fyllnadsarbeten ska risk för stabilitetsbrott och markrörelser beaktas. Schaktslänter och temporära stödkonstruktioner ska anpassas efter jordlagrens uppbyggnad och hållfasthet, samt med beaktande av förekommande belastningar och pågående trafik intill schakt. Schakter och temporära stödkonstruktioner ska utformas så att inte grundvatten-förändringar som kan leda till skada för byggnader och anläggningar uppstår.

Vid förändringar av markytan, eller tillkommande belastningar i områden med sättningskänslig mark ska utredning över sättningsars utbredning och omgivningspåverkan utföras.

18.1 Lindholmen – området kring älven

Detaljplanen bedöms vara genomförbar, men med vissa restriktioner kopplade till de geotekniska förhållandena och det planerade utförandet inom projektet Lindholmsförbindelsen. Stabiliteten har kontrollerats för befintliga förhållanden, byggskedet och permanentskedet. Samtliga skeden visar tillfredsställande stabilitetsförhållanden. Under byggskedet krävs provisoriska stödkonstruktioner för djupa schakter i anslutning till älven. Den befintliga parkeringen vid älvstranden behöver stängas av under den tid den muddrade rännan för sänktunneln är öppen. I övrigt bedöms inga ytterligare stabilitetshöjande åtgärder krävas, förutsatt att projektet utförs enligt planerad utformning.

All byggnation i närheten av sänktunneln ska planeras och utföras med hänsyn till tunnelns känslighet för markrörelser. Grundläggning bör ske direkt på berg eller med stödpålar till berg som överför lasten direkt till berg, för att minimera risken för sättningar. Kohesionspålar bör undvikas inom området eftersom de kan medföra tillskottsbelastningar och deformationer som påverkar tunneln. Även andra påltyper eller anläggningsmetoder som ger stor massundanträngning eller betydande omgivningspåverkan bör undvikas.

Förekomst av släntberg ska särskilt beaktas vid val av grundläggningsmetod.

Utfyllnad i älven är tekniskt möjlig men bör inte utgöra standardlösning. Utfyllnad förutsätter permanenta, bakåtförankrade stödkonstruktioner förankrade till berg för att begränsa omgivningspåverkan på sänktunneln. I områden med släntberg kan behov av borrarad rörsfont uppstå, vilket är kostnadsdrivande. Utfyllnad innebär även att underliggande förorenade bottenmassor behöver schaktas bort. Sammantaget är dessa åtgärder mycket kostnadsdrivande och kan medföra markrörelser som påverkar både tunneln och angränsande mark. Alternativa lösningar såsom bryggor, flytbryggor eller pålade konstruktioner bör därför prioriteras framför utfyllnad.

Planområdet är delvis sättningskänsligt. Åtgärder ska utformas med hänsyn till sättningar, stabilitet och omgivningspåverkan för att inte skada befintliga konstruktioner.





18.2 Lindholmen – väg för servicefordon

Detaljplanen bedöms vara genomförbar utan restriktioner med avseende på geotekniska förhållanden, med hänsyn till det planerade utförandet i projektet Lindholmsförbindelsen. Aktuellt område bedöms ej ha några geotekniska stabilitetsproblem då området är flackt. Området består av fyllning på berg, och är därför inte känsligt för sättningar. Grundläggning inom området bedöms kunna utföras på berg.

18.3 Lindholmen – Påslag för servicetunnel och frånluftsschakt

Detaljplanen bedöms vara genomförbar utan restriktioner med avseende på geotekniska förhållanden, med hänsyn till det planerade utförandet i projektet Lindholmsförbindelsen. En provisorisk stödkonstruktion krävs för byggnation påslaget till berg. Stabilitet av återställning ovan påslaget behöver kontrolleras i slutgiltigt utförande. Området består av fyllning på berg, och är därför inte känsligt för sättningar. Planerat påslag hamnar helt på berg och påverkar inte stabilitetsförhållandena inom området.

18.4 Stigberget – området kring älven

Detaljplanen bedöms vara genomförbar utan restriktioner med avseende på geotekniska förhållanden, med hänsyn till det planerade utförandet i projektet Lindholmsförbindelsen. Grundläggning bedöms kunna utföras på berg eller med pålgrundläggning. Området består av fyllning på berg, och är därför inte känsligt för sättningar. Närliggande områden där lera förekommer bedöms ligga utanför påverkansområdet för projektet Lindholmsförbindelsen. Ingen stabilitetsproblematik finns i aktuellt område.

18.5 Stigberget – Flytt av Oscarsleden

Detaljplanen bedöms vara genomförbar utan restriktioner med avseende på geotekniska förhållanden, med hänsyn till det planerade utförandet i projektet Lindholmsförbindelsen. Grundläggning bedöms kunna utföras på berg, med bankpålning eller kompensationsgrundläggning. Ingen stabilitetsproblematik bedöms finnas i aktuellt område för projektet Lindholmsförbindelsen. Vid områden där lera förekommer behöver hänsyn tas till omgivningen vid förändringar av grundvattennivå, tilläggsbelastningar samt marknivåförändringar för sättningar.

18.6 Stigberget – Påslag för servicetunnel

Detaljplanen bedöms vara genomförbar utan restriktioner med avseende på geotekniska förhållanden, med hänsyn till det planerade utförandet i projektet Lindholmsförbindelsen. Aktuellt område bedöms inte ha några geotekniska stabilitetsproblem. Området består av fyllning på berg, och är därför inte känsligt för sättningar. Det planerade påslaget hamnar i helt i berg och påverkar inte stabilitetsförhållandena inom området.



18.7 Stigberget – Likrikstarstation vid Barlastgatan

Detaljplanen bedöms vara genomförbar utan restriktioner med avseende på geotekniska förhållanden, med hänsyn till det planerade utförandet i projektet Lindholmsförbindelsen. Det befintliga underlaget i området är knapphändigt, och i aktuellt projekt har ingen utvärdering av jordparametrar utförts. Grundläggning sker med kompensationsgrundläggning eller pålgrundläggning. Aktuellt område är flackt. I planerad utformning sker ingen betydande markförändringar inom aktuellt område. Därför bedöms stabilitetsförhållanden i området som goda. Underlag visar att området består av sättningkänslig mark. Hänsyn till omgivningen behöver därför tas för att inte skada befintliga konstruktioner vid grundläggning och eventuell framtida höjning av markytan.

18.8 Stigberget – Hållplats Stigbergstorget

Detaljplanen bedöms vara genomförbar utan restriktioner med avseende på geotekniska förhållanden, med hänsyn till det planerade utförandet i projektet Lindholmsförbindelsen. Grundläggning inom området bedöms kunna utföras med platta på mark eller eventuellt pålgrundläggning. Området är flackt och ingen stabilitetsproblematik har identifierats inom området.



18.9 Stigberget – Likriktarstation vid Fjällgatan

Detaljplanen bedöms vara genomförbar utan restriktioner med avseende på geotekniska förhållanden, med hänsyn till det planerade utförandet i projektet Lindholmsförbindelsen. Aktuellt område bedöms inte ha några geotekniska stabilitetsproblem. Planerad utformning på likriktarstation hamnar helt i berg och påverkar inte stabilitetsförhållandena inom området. Hänsyn ska tas till leran i området vid eventuell tilläggsbelastning av markytan, eller förändring av grundvattenytan, för att motverka sättningsproblematik.

18.10 Linné – Likriktarstation vid Annedalsmotet

Aktuellt detaljplaneområde är flackt. Enligt planerad utformning kommer det inte ske några betydande markförändringar inom aktuellt område. Utifrån tidigare utförda stabilitetsberäkningar inom arbetet med framtagande av Systemhandling för Lindholmsförbindelsen bedöms stabilitetsförhållandena som goda. Planerad likriktarstation bedöms kunna grundläggas med kompensationsgrundläggning eller med pålar.

18.11 Linné – Jungmansgatan Tillfartstunnel

Aktuellt område bedöms inte ha några geotekniska stabilitetsproblem. Planerad tillfartstunnel hamnar i berg och påverkar inte stabilitetsförhållandena inom området.



AFRY



19 Referenser

AFRY. (2023). *Dykinspektion och akustisk avbildning av östra delen av Stapelbädden*. Göteborg: AFRY.

BAAB. (1994). *Detaljplan för företagspark inom västra delen av Lindholmsområdet, Geotekniska förutsättningar inför planarbetet*. Göteborg: Lindholmen Utveckling AB.

Birger Ludvigson ingenjörbyrå AB. (1986). *Grundläggningförutsättningar för planerad bostadsbebyggelse kring torrdocka, Lindholmens Varv, Göteborg*. Göteborg: Birger Ludvigson ingenjörbyrå AB.

Golder Associates AB. (2020). *Masthuggsajen, Fördjupad stabilitetsberäkning för kajplats 24-26 och 29-32*. Göteborg: Golder Associates AB.

ÅF Infrastructure. (2012). *Norra älvpromenaden (ritningsnummer 1944/10-0005). Befintlighetsritningar*. Göteborg: Göteborgs Stad - Trafikkontoret.

NOVEMBER 2025
GÖTEBORGS STAD STADSBYGGNADSFÖRVALTNINGEN

PM GEOTEKNIK, DELOMRÅDE LINNÉ

FÖR DETALJPLAN FÖR SPÅRVÄG LINDHOLMEN – LINNÉPLATSEN, DELOMRÅDE
LINNÉPLATSEN INOM STADSDELEN, ANNEDAL, KOMMENDANTSÄNGEN, OLIVEDAL,
SLOTTSSKOGEN OCH ÄNGGÅRDEN



COWI

ADRESS COWI AB
Vikingsgatan 3
411 04 Göteborg
Box 12076
Sverige

TEL 010 850 10 00
FAX 010 850 10 10
WWW cowi.se

NOVEMBER 2025
GÖTEBORGS STAD STADSBYGGNADSFÖRVALTNINGEN

PM GEOTEKNIK, DELOMRÅDE LINNÉ

FÖR DETALJPLAN FÖR SPÄRVÄG LINDHOLMEN – LINNÉPLATSEN, DELOMRÅDE
LINNÉPLATSEN INOM STADSDELEN, ANNEDAL, KOMMENDANTSÄNGEN, OLIVEDAL,
SLOTTSSKOGEN OCH ÄNGGÅRDEN

PROJEKTNR.

A222245

DOKUMENTNR.

EXF-2023-00924-50G-025-0400-4001

BESTÄLLARE

Stadsbyggnads-
förvaltningen,
Göteborgs Stad

DIARENUMMER

SBF 2023-02222

VERSION

1.0

UTGIVNINGSDATUM

2025-11-28

REVIDERINGSDATUM

UTARBETAD

Simon Westenius

GRANSKAD

Christina Edström

GODKÄND

Pernilla Sott

INNEHÅLL

Sammanfattning	7
1 Inledning	9
2 Objekt	10
3 Syfte	12
4 Utförda undersökningar	12
5 Planförslag	15
6 Topografiska förhållanden och markbeskaffenhet	19
7 Befintlig bebyggelse	23
8 Geotekniska förhållanden	24
9 Hydrogeologiska förhållanden	24
10 Stabilitet	25
11 Sättningar	38
12 Rekommendationer för fortsatt planeringsarbete	39

Bilagor

Bilaga 1 Vald skjuvhållfasthet och densitet
(stabilitetsberäkningar)

Bilaga 2 Stabilitetsberäkningar

Sammanfattning

Göteborgs Stad har valt att planlägga Lindholmsförbindelsen som en järnvägsplan, vilket innebär att projektet ska följa *Lag om byggande av järnväg (1995:1649)*.

Denna PM utgör underlag till "Detaljplan för spårväg Lindholmen – Linnéplatsen, delområde Linnéplatsen inom stadsdelen Annedal, Kommendantsängen, Olivedal, Slottsskogen och Änggården".

Syftet med den geotekniska utredningen har varit att beskriva de geologiska, geotekniska samt hydrogeologiska förhållandena inom aktuellt område i samband med arbetet kopplat till Lindholmsförbindelsen vid Linnéplatsen. Utredningen ska även ligga till grund för att kunna bedöma risker för ras, skred, erosion och omgivningspåverkan samt för att ge rekommendationer för grundläggning av planerad anläggning.

Aktuellt utredningsområde består i huvudsak av stadsmiljö med hårdgjorda ytor, asfalterade gator, gatstensbelagda trottoarer samt park- och grönområden inom Slottsskogens nordöstra entré. I söder gränsar området till Fågeldammen.

Utförda undersökningar visar att den naturliga jordlagerföljden generellt utgörs av ett tunt lager mulljord ovan torrskorpelera och lera. Området har exploaterats vilket föranleder att fyllning förekommer överst i jordlagerföljden i stora delar av området. Leran underlagras av friktionsjord. Enligt utförda jordbergsonderingar (Jb-sonderingar) uppgår jorddjupen till 37 m som mest.

Inom Linnéplatsen planeras det för ett betongtråg och en betongtunnel innan dess att spårvägen går in i bergtunnel under Göteborgs naturhistoriska museum. Både betongtråget och betongtunneln kommer att kräva geotekniska förstärkningsåtgärder och styva temporära och permanenta stödkonstruktioner. Utifrån planerad anläggning kommer det för betongtunnel/betongtråg innebära upp till ca 11 m djupa schakter.

Förstärkningsåtgärder och förankringar kommer att krävas för att säkerställa konstruktionen med hänsyn till upplyft.

Med hänsyn till områdets flacka markyta bedöms befintliga och utbyggda stabilitetsförhållanden inom Linnéplatsen vara tillfredställande. Befintliga och utbyggda förhållanden (antagen markhöjning med 0,5 m) inom området som gränsar till Fågeldammen bedöms vara tillfredställande enligt utförda stabilitetsberäkningar.

I området finns sättning känsliga leror, naturvärden och pålgrundlagda byggnader som är känsliga för förändring av grundvattennivåer. Därför är det av stor vikt att säkerställa att befintliga grundvattennivåer inte påverkas så pass mycket att sättningar orsakar skador på omgivande befintliga byggnader och

konstruktioner. Detta måste hanteras i samband med fortsatt utrednings- och projekteringsarbete.

1 Inledning

1.1 Lindholmsförbindelsen

Inom ramen för Sverigeförhandlingen planerar Göteborgs Stad för en ny fast förbindelse mellan Lindholmen och Linnéplatsen. Den så kallade Lindholmsförbindelsen utgör en del av det större projektet *Spårväg och Citybuss Brunnsbo–Linné via Lindholmen*. Projektet innefattar ny spårväg med stadsbanekvalitet i tre etapper: Brunnsbo–Hjalmar Brantingsplatsen, Frihamnen–Lindholmen samt aktuellt projekt Lindholmen–Linnéplatsen (Lindholmsförbindelsen). Stadsbanekvalitet innebär att spårvägen ska gå på egen bana med få korsningar i plan och relativt glest placerade hållplatser, vilket skapar förutsättningar för att hålla en hög hastighet och en förhållandevis hög turtäthet.

Lindholmsförbindelsens funktion och lokalisering har tagits fram genom Göteborgs Stads stadsutvecklingsarbete. Förbindelsen pekas ut i stadens gällande översiktsplan liksom i det gemensamma kollektivtrafikprogrammet *Målbild Koll2035* som ett stråk för stadstrafikens stomnät. Lindholmsförbindelsen utgör en stor del av den planerade innerstadsringen som ska länka samman stadskärnan med övriga delar av innerstaden. Syftet med Lindholmsförbindelsen är att skapa en tvärlänk med goda resenärskvaliteter som överbryggar de naturliga barriärerna Göta älv och Stigberget. På så sätt förs stadens delar närmare varandra, stomnätet i de centrala delarna av Göteborg avlastas och nya resvanor skapas.

Lindholmsförbindelsen innefattar en ny spårvägskoppling som huvudsakligen planeras att gå i tunnel, med hållplatser vid Stigbergstorget (under jord) och på Linnéplatsen (i markplan). För att projektera och planlägga Lindholmsförbindelsen har Göteborgs Stad anlitat två konsulter, AFRY och COWI, som ansvarar för olika delar av sträckan. AFRY ansvarar för delen mellan Lindholmen och Vegasvackan, strax väster om Jungmansgatan, medan COWI ansvarar för den avslutande delen från Vegasvackan till Linnéplatsen. Arbetet sker i nära samverkan mellan de båda konsulterna och staden.

1.2 Detaljplaner

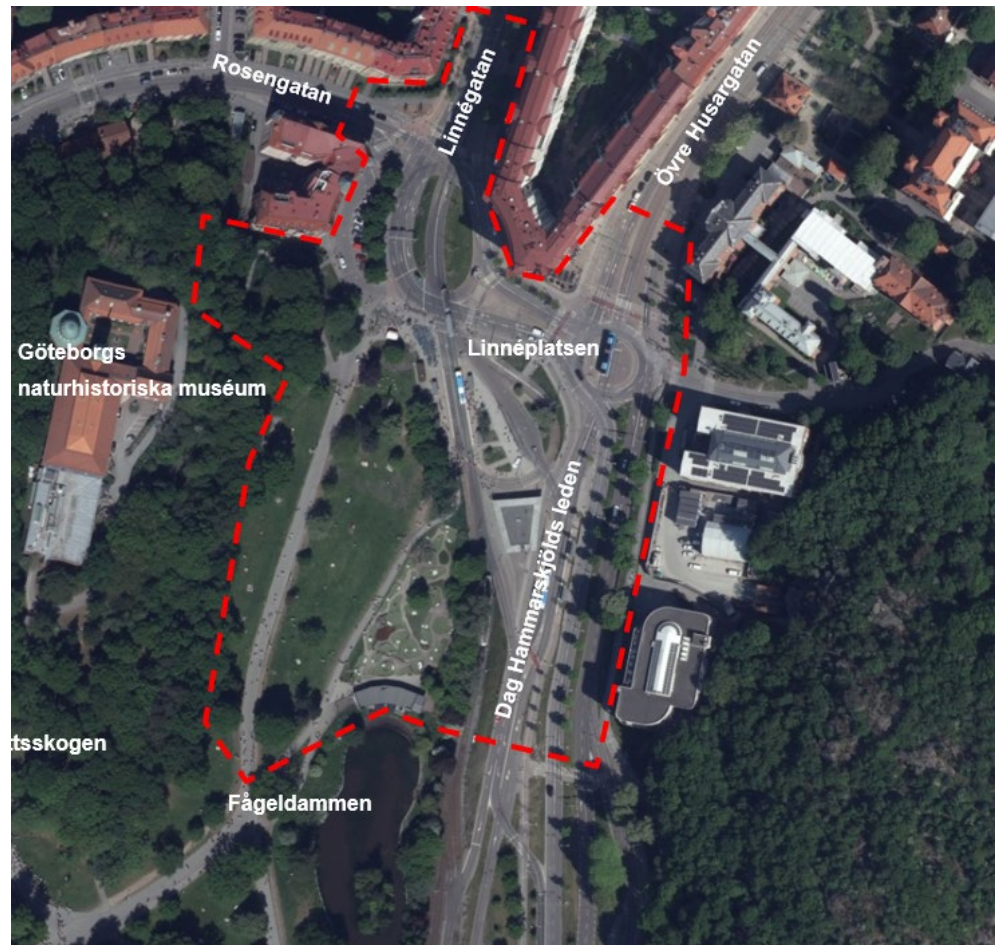
Göteborgs Stad har valt att planlägga Lindholmsförbindelsen som en järnvägsplan, vilket innebär att projektet ska följa *Lag om byggande av järnväg (1995:1649)*.

Projektet innebär även en påverkan på områden utanför Lindholmsförbindelsens gränser och eftersom spårväg inte får byggas i strid mot gällande detaljplaner eller områdesbestämmelser pågår parallellt stadsbyggnadsförvaltningens planläggning av tre detaljplaner.

- > Detaljplan för spårväg Lindholmen – Linnéplatsen, delområde tunnel och hållplats Stigberget inom stadsdelarna Lindholmen, Majorna, Slottsskogen, Olivedal
- > Detaljplan för spårväg Lindholmen – Linnéplatsen, delområde Lindholmen inom stadsdelen Lindholmen
- > Detaljplan för spårväg Lindholmen – Linnéplatsen, delområde Linnéplatsen inom stadsdelarna Annedal, Kommendantsängen, Olivedal, Slottsskogen och Änggården

2 Objekt

Aktuellt område är beläget inom Linnéplatsen inom stadsdelen Annedal i Göteborg, för orientering se Figur 1 och Figur 2. Området utgörs huvudsakligen av Linnéplatsen och Slottsskogens nordöstra entré. Området gränsar till Rosengatan, Göteborgs naturhistoriska museum, Linnégatan, Övre Husargatan och Fågeldammen. Dag Hammarskjöldsleden löper genom området i nord-sydlig riktning.



Figur 1 Översiktsbild, ungefärligt utredningsområde markerat med röd-streckad linje
(kartkälla: Lantmäteriet 2025)



Figur 2 Flygbild över Linnéplatsen (COWI 2021-10-13)

3 Syfte

Denna PM utgör underlag till "Detaljplan för spårväg Lindholmen – Linnéplatsen, delområde Linnéplatsen inom stadsdelen Annedal, Kommendantsängen, Olivedal, Slottsskogen och Änggården".

Syftet med den geotekniska utredningen har varit att beskriva de geologiska, geotekniska samt hydrogeologiska förhållandena inom aktuellt område i samband med arbetet att detaljplanelägga området vid Linnéplatsen. Utredningen ska även ligga till grund för att kunna bedöma risker för ras, skred, erosion och omgivningspåverkan samt för att ge rekommendationer för grundläggning av planerad anläggning.

Denna PM Geoteknik syftar till att användas som utredningsunderlag och ska inte ingå som del av förfrågningsunderlag eller annan bygghandling.

4 Utförda undersökningar

I planeringskedet för Lindholmsförbindelsen har både bergtekniska och geotekniska undersökningar utförts i flera omgångar från våren 2021 till våren 2025. Resultatet av dessa undersökningar redovisas i separata handlingar, se nedan.

De geotekniska undersökningsresultaten har sammanställts i en separat handling benämnd "*Markteknisk undersökningsrapport (MUR) geoteknik, Lindholmsförbindelsen, delsträcka Linné*" (dokumentnummer EXF-2023-00924-50G-531-0400-2001, Granskningskopia daterad 2025-11-28).

Bergtekniska undersökningsresultat och utvärderingar har sammanställts i en separat handling benämnd "*PM Bergteknik, Detaljplan Linnéplatsen*" (dokumentnummer EXF-2023-00924-00-023-0400-4001, daterad 2025-04-15).

4.1 Arkivinventering

I samband med utredningen har en arkivinventering utförts. Följande handlingar listade i Tabell 1 anses relevanta för aktuell utredning:

Tabell 1 Relevanta handlingar från utförd Arkivinventering

<u>Uppdrag</u>	<u>Utförd av</u>	<u>Uppdragsnummer</u>	<u>Beteckning i plan</u>	<u>Datum</u>	<u>Undersökningpunkterna erhållet i format</u>
Utlåtande över grundundersökning för planerad ombyggnad av trafikplatsen Dag Hammarskjölds väg-Per Dubbsgatan i Göteborg, MUR/Geo	Orrje & Co AB	50,0349	1–15	1966-02-22	PDF, Autograf databas
Belysmast, Dag Hammarskjöldsgleden belysn	Birger Ludvigson Ingenjörstrå AB	2590	13–101	1972-06-16	PDF, Autograf databas
Per Dubbsgatan, MUR/Geo	Gatukontoret (GK)	92/76	GK1-GKXX	1979-11-21	PDF, Autograf databas
Geotekniska Undersökningar för GCM-bana Linneplatsen-Guldhedsgatan delen Per Dubbsmotet och delen Per Dubbsgatan-Wavrinskys Plats, MUR/Geo	Gaturkontoret (GK)	-	50–103	1980-04-02	PDF
Utlåtande över Grundundersökning för planerad nybyggnad inom del av 10 kv Slottskogsledet i Göteborg, MUR/Geo	Skånska Cementgjuteriet AB	80-3159-968	SCG1-SCG33	1982-03-15	PDF

Spårväg Sahlgrenska-Slottskogen SP9, MUR/Geo	Gatukontoret (GK)	565/87	501–537	1987-06-26	PDF, Autograf databas
Kv Kastanjen, Annedal 21:7, MUR/Geo	Bikonol Konsult AB	031456965	1–23	1993-12-16	PDF
Annedalsmotet, MUR/Geo	Gatukontoret (GK)	5 701 700	A1-AXX	2001-01-25	PDF, Autograf databas
Fågeldammen Slottsskogen, Ny byggnad, MUR/Geo	Gatubolaget Konsult	236/05	1–2	2005-03-14	PDF
Linnestaden-Översiktlig stabilitetsutredning inom Göteborg stad Delområde	Sweco Infrastructure AB	2305 401	219 811	2011-09-15	PDF

Ovan listade handlingar har beaktats men bifogas ej denna PM.

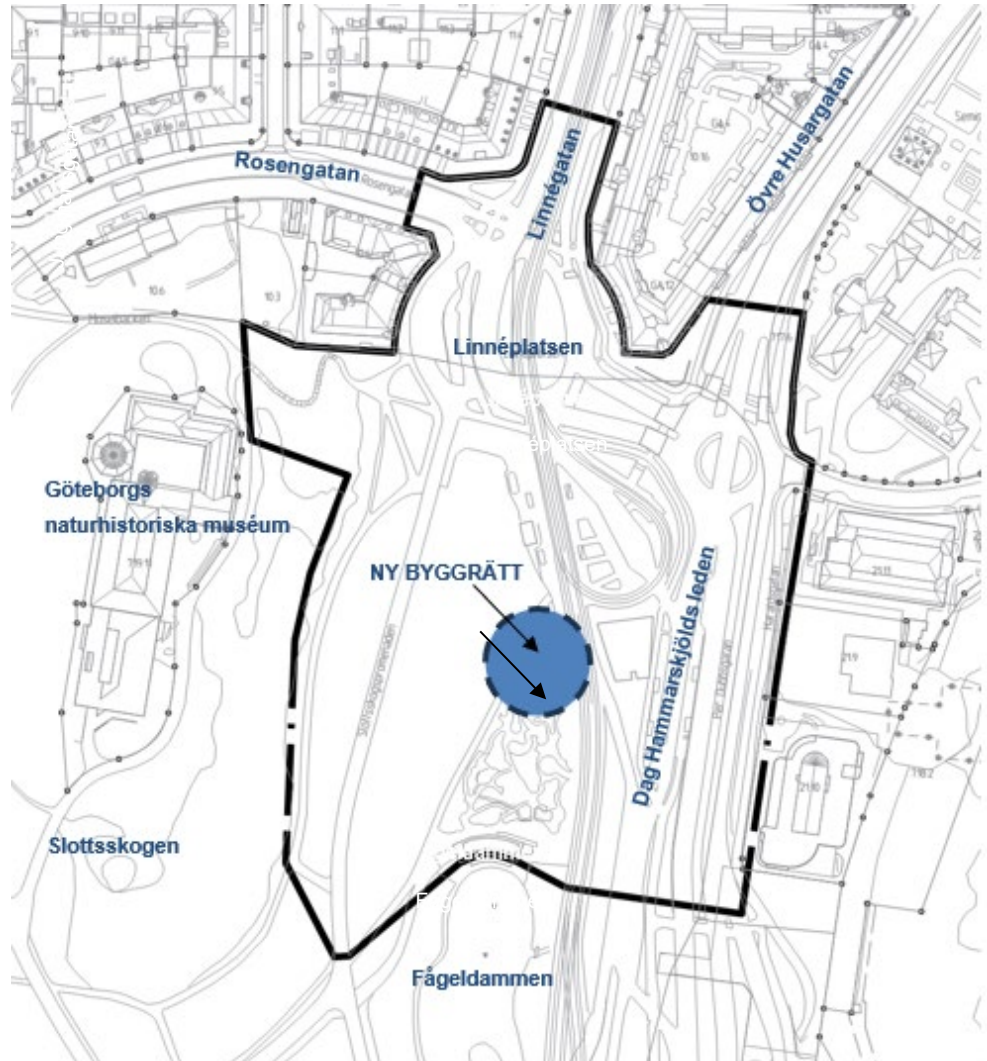
4.2 Koordinat- och höjdsystem

Alla koordinater anges i koordinatsystem SWEREF 99 12 00 och höjdsystem RH2000. Underlag som tillhandahållits i annat system har transformerats till dessa.

5 Planförslag

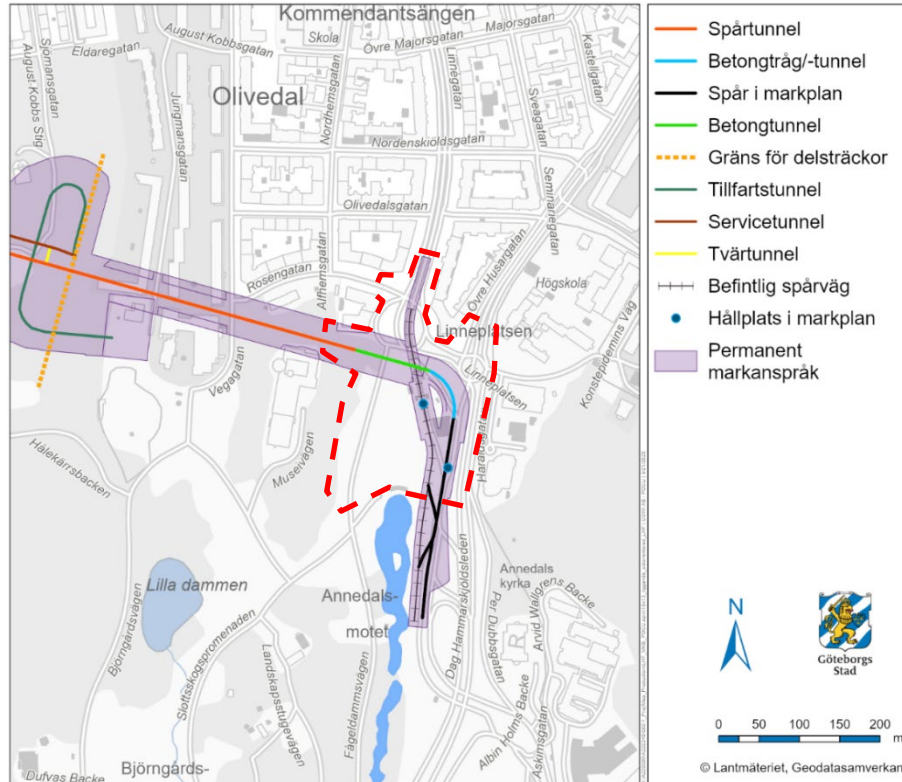
Aktuellt planområde visas i Figur 3 nedan.

Detaljplanen syftar till att pröva lämpligheten för utbyggnad av Lindholmsförbindelsens etapp ovan mark på Linnéplatsen. Detaljplanen syftar även till att omhänderta målsättningar och intentionerna i det pågående planarbetet med Program för Linnéplatsen.

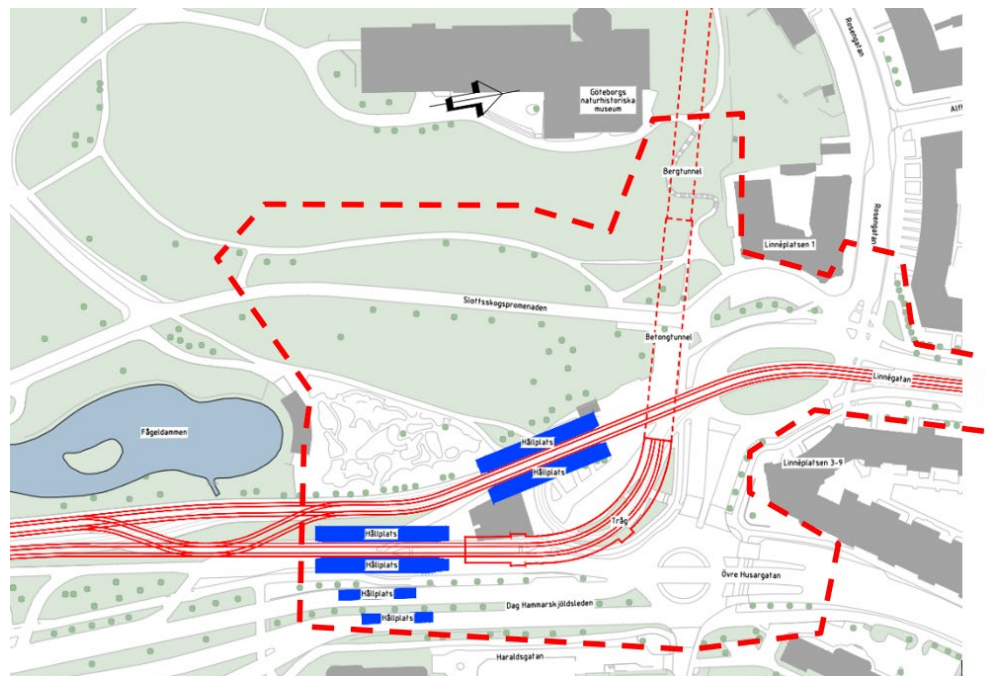


Figur 3 Planeområde Linnéplatsen, februari 2025.

I Figur 4 och Figur 5 nedan redovisas planerad spåranläggning. Inom området planeras ny spårvägslinje, spår i markplan, som går vidare ner i ett betongtråg och vidare in i en betongtunnel. Betongtunneln övergår till spårtunnel i berg under Göteborgs naturhistoriska museum. Ytterligare ett spår i markplan planeras, och kommer att korsa planerad betongtunnel. Inom området planeras även tillhörande spår- och busshållplatser, gång- och torgytor samt ny trafikutformning inom Linnéplatsen. Enligt förslaget kommer marknivån i anslutning till tråg och tunnel att höjas som högst ca 0,5-1,5 m.



Figur 4 Sträckning och föreslagen utformning på Linné, ungefärligt utredningsområde markerat med röd-streckad linje. Illustration: COWI.



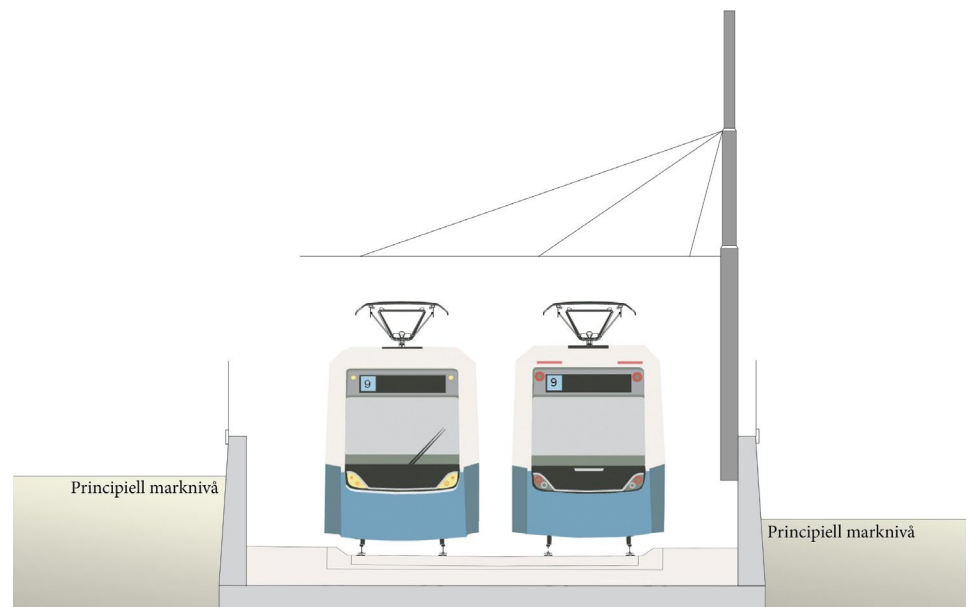
Figur 5 Hållplatslägen för spårvagn på Frölundabanan respektive Lindholmsförbindelsen samt för buss på Dag Hammarskjöldsleden, ungefärligt utredningsområde markerat med röd-streckad linje. Illustration: COWI.

I Figur 6 redovisas en möjlig gestaltning av tråget inom Linnéplatsen.



Figur 6 Illustration av möjlig gestaltning av tråget vid Linné.

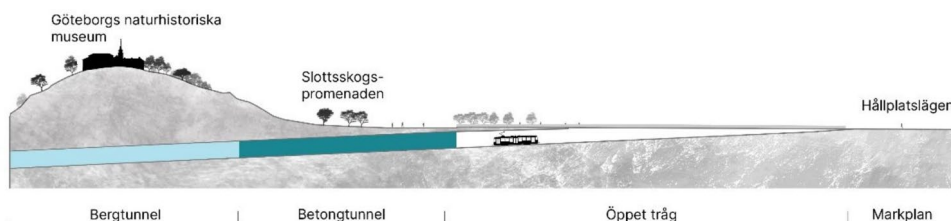
I Figur 7 och Figur 8 redovisas typsektioner på tråg och betongtunnel. I Figur 9 redovisas en principiell längdsektion för tråg och betongtunnel inom Linnéplatsen. I Figur 10 redovisas en illustration över betongtunnel och bergpåslag.



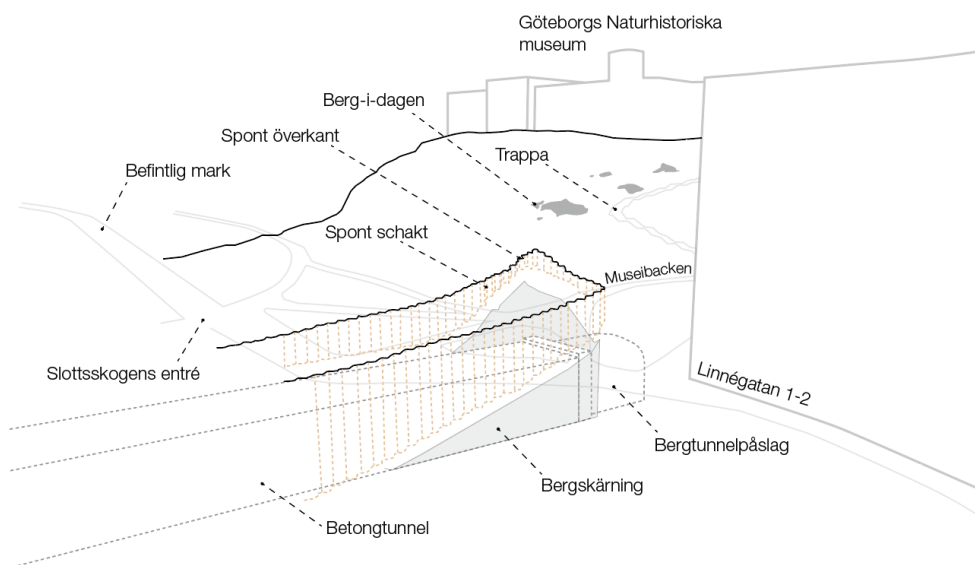
Figur 7 Typsektion för tråget på Linnéplatsen. Illustration: COWI.



Figur 8 Typsektion betongtunnel efter påslag från tråg, innan övergång till bergtunnel. Illustration: COWI.



Figur 9 Principiell längdsektion över Lindholmsförbindelsen vid Linnéplatsen. Illustration: COWI



Figur 10 Bergtunnelpåslag, övergång från berg- till betongtunnel. Illustration: COWI

6 Topografiska förhållanden och markbeskaffenhet

Det aktuella utredningsområdet består i huvudsak av stadsmiljö med hårdgjorda ytor, asfalterade gator, gatstensbelagda trottoarer samt park- och grönområden inom Slottsskogens nordöstra entré. I söder gränsar området till Fågeldammen.

Linnéplatsen utgörs av hårdgjorda ytor av asfalterade gator och gångytor av gatsten. Inom Linnéplatsen finns även befintlig spårväg och bussfiler med tillhörande hållplatser, se Figur 11.



Figur 11 Foto över Linnéplatsen (COWI 2023-12-12).

Entrén till Slottsskogen utgörs av en asfalterad väg med kringliggande parkområde med träd, gräsytor och gångstigar, se Figur 12 och Figur 13.



Figur 12 Slottsskogens nordöstra entré (COWI 2023-12-12)



Figur 13 Park- och grönytor inom vid Slottsskogens nordöstra entré (COWI 2023-12-12)

Utredningsområdets södra del gränsar till Fågeldammen. Strax norr om dammen finns en befintlig byggnad. Gräsbeklädda slänter sluttar ner mot dammen. Längs dammens östra sida är slänterna försedda med stenblock, se Figur 14.



Figur 14 Fågeldammens norra ände gränsande mot utredningsområdet (COWI 2024-11-14)

Utredningsområdets västra del gränsar mot Göteborgs naturhistoriska museum som är beläget på ett höjdparti. Slänterna upp mot museibygnaden utgörs av en medelbrant, jordtäckt bergsslänt med synligt berg i dagen. I slänten finns flertalet stora, och även mindre, träd, se Figur 15 och Figur 16. Här finns även en gångväg och tillhörande trappa som leder upp till muséet, se Figur 17.



Figur 15 Vy från Linnéplatsen upp mot Göteborgs naturhistoriska museum (COWI 2021-03-30).



Figur 16. Slänt från Göteborgs naturhistoriska museum ned mot Linnéplatsen.



Figur 17. Gångväg med tillhörande trappa upp mot Göteborgs naturhistoriska museum.

Markytan inom området är generellt flack. Inom och kring Linnéplatsen ligger befintlig markyta på nivån ca +15. Slänten upp mot naturhistoriska museet stiger från ca +15 till ca +32. Markytan intill Fågeldammen ligger på nivån ca +15 till +16.

7 Befintlig bebyggelse

Bebyggelse i närområdet har varierande ålder, från tidigt 1900-tal fram till 1970-tal, med vissa tillbyggnader under 1990-talet. Göteborgs naturhistoriska museum byggdes under mellankrigstiden.

Viss befintlig bebyggelse är grundlagda direkt på berg, till exempel naturhistoriska museet. Byggnaderna längs Rosengatan är till stor del grundlagda med pålar eller plintar. Byggnaden norr om det tänkta tunnelpåslaget är delvis grundlagd på berg och delvis på rustbädd.

Befintlig byggnad strax norr om Fågeldammen är grundlagd med platta på mark. Altan runt caféet är grundlagd på plintar. Lägsta nivå på överkant källargolv är ca +15,35.

8 Geotekniska förhållanden

Utförda undersökningar visar att den naturliga jordlagerföljden generellt utgörs av ett tunt lager **mulljord** ovan **torrskorpelera** och **lera**. Området har exploaterats vilket föranleder att **fyllning** förekommer överst i jordlagerföljden i stora delar av området. Leran underlagras av friktionsjord. Enligt utförda jordbergsonderingar (Jb-sonderingar) uppgår jorddjupen till 37 m som mest.

Mulljorden har en mäktighet om ca 0,2 m och är ställvis sandig eller lerig.

Fyllningen har en mäktighet mellan ca 0,25 och 2,5 m. Fyllningens innehåll varierar och utgörs bland annat av lera, sand, sten och grus.

Under ytskikten återfinns **lera**. De övre 1,0–2,5 m utgörs av torrskorpelera som ställvis är sandig. Under torrskorpan är leran ställvis sandig eller siltig och har påträffats med sandskikt och snäckskal. Lerans mäktighet varierar och uppgår till 25 m som mest. Enligt utförda CPT-sonderingar, vingförsök, konförsök, direkta skjuvförsök och aktiva triaxialförsök har leran en odränerad skjuvhållfasthet som varierar mellan ca 12 och 35 kPa. Vattenkvot och konflytgräns har analyserats på ostörda prover på geotekniskt laboratorium. Ned till ett djup om ca 7 m under markytan varierar vattenkvoten och konflytgränsen mellan ca 40 och 110 % respektive 40 och 120 %. I den underliggande leran (från ca 7 m djup) varierar vattenkvoten och konflytgränsen mellan ca 40 och 80 % respektive 40 och 60 %. Sensitiviteten varierar mellan ca 25 och 200 och ligger generellt över 50 på 5–10 m djup. Enligt utförda CRS-försök och CPT-sonderingarna är leran normalkonsoliderad till lätt överkonsoliderad.

Under leran har **friktionsjord** påträffats. Mäktigheten på det tolkade friktionsjordslagret varierar mellan ca 0,5 och 10 m. Friktionsjordens hållfasthetsegenskaper har inte vidare undersökts.

8.1 Förekomst av kvicklera

Samtliga undersökningspunkter där rutinundersökningar gjorts från nu och tidigare upptagna kolvprover visar på kvicklera. Djupet där kvickleran börjar varierar mellan ca 3 och 15 m.

9 Hydrogeologiska förhållanden

I samband med de geotekniska fältundersökningarna installerades grundvattenrör och porttrycksmätare i området. Grundvattenrören är installerade i både det undre och övre grundvattenmagasinet. Därtill gjordes observationer av fria vattenytor i öppna skruvprovtagningshål.

Grundvattenobservationer i installerade grundvattenrör har skett vid flertalet tillfällen under perioden december 2021 till januari 2025. Vid mättillfällena vid

Linnéplatsen uppmättes en grundvattenyta på ca 0,2–2,1 m djup under markytan i det övre magasinet. För det undre magasinet uppmättes ett vattentryck motsvarande en fri grundvattenyta ca 0,1–2,7 m djup under markytan.

I samband med skruvprovtagningen observerades fria vattenytor i öppna skruvprovtagningshål. Uppmätta vattenytor varierar mellan ca 1,2 och 3,0 m djup under markytan, vilket motsvarar nivåer runt +14 för området kring Linnéplatsen.

Grundvattenytan påverkas av årstid och nederbörd. Med hänsyn till observationstiden och extremnivåers återkomsttid kan det förekomma högre och lägre grundvattennivåer än vad som hittills uppmätts. Fortsatta mätningar av grundvattenrören pågår för att få en längre och tillförlitligare mätserie.

Hydrogeologiska undersökningsresultat och utvärderingar har sammanställts i en separat handling benämnd "PM Hydrogeologi Detaljplan Linnéplatsen" (dokumentnummer EXF-2023-00924-50H-025-0400-2004, daterad 2025-04-15).

10 Stabilitet

10.1 Linnéplatsen

Inom Linnéplatsen består jordlagerföljden av större lermäktigheter upp till ca 25 m. Inom detta område bedöms de befintliga stabilitetsförhållandena vara tillfredställande med hänsyn till områdets flacka markyta, nuvarande mindre verksamheter och befintliga byggnader grundlagda på fast botten.

Planerad spårväg i tråg och betongtunnel bedöms inte påverka befintliga stabilitetsförhållanden inom området då tråg och tunnel planeras grundläggas med pålar. Planerad spårväg och hållplatser utanför tråg och betongtunnel planeras generellt att anläggas i samma nivå som befintlig markyta. Där planerat spår hamnar ovan befintlig markyta kan totalkompensation med lättfyllning göras. Kontroll av upplyft ska utföras i fortsatt projektering.

Enligt gällande förslag kommer planerad spårväg att gå i betongtråg och betongtunnel. Jordschakten för betongtråg/betongtunnel bedöms bli som djupast ca 8–11 m. För att erforderlig schakt ska ha tillfredställande stabilitetsförhållande, inte påverka omgivande mark och byggnadsverk samt för att inte påverka de båda grundvattenmagasinen negativt erfordras att schaktarbetena sker inom styva och täta temporära stödkonstruktioner. Stödkonstruktioner kommer behövas under både byggskede och permanentskede för att hantera stabilitetsproblematiken.

I anslutning till bergpåslaget och där grundläggningsnivån för blivande betongtunnel och betongtråg ligger i eller strax ovanför friktionsjorden ovan berg och det undre grundvattenmagasinet finns risk för hydrauliskt upplyft av planerad betongtunnel och betongtråg. Upplyftningsproblematiken bedöms finnas både under permanentsskede och byggskede och kan komma att erfordra geotekniska förstärkningsåtgärder och förankringsåtgärder. Med planerad profil för spårvägen och i de djupare delarna av planerad schakt erfordras tätning mellan stödskonstruktionens underkant och berg.

10.2 Slänt vid Göteborgs naturhistoriska muséum

Aktuell slänt utgörs av en medelbrant bergsslänt med tunt jordtäckte. I slänten syns tydligt berg i dagen. Med hänsyn till det tunna jordtäcktet bedöms befintliga stabilitetsförhållanden som goda ur geoteknisk synvinkel.

I samband med byggskedet kommer bergschakt bli aktuellt. Bergpåslaget kommer att hamna under nuvarande marknivå. Detta bergschakt planeras att återställas och efterlikna befintlig slänt. Denna slänt kan utformas med kontrollerade massor och läggas ut flackare än dess friktionsvinkel. Fyllningen hamnar dessutom ovanpå pålad betongtunnel.

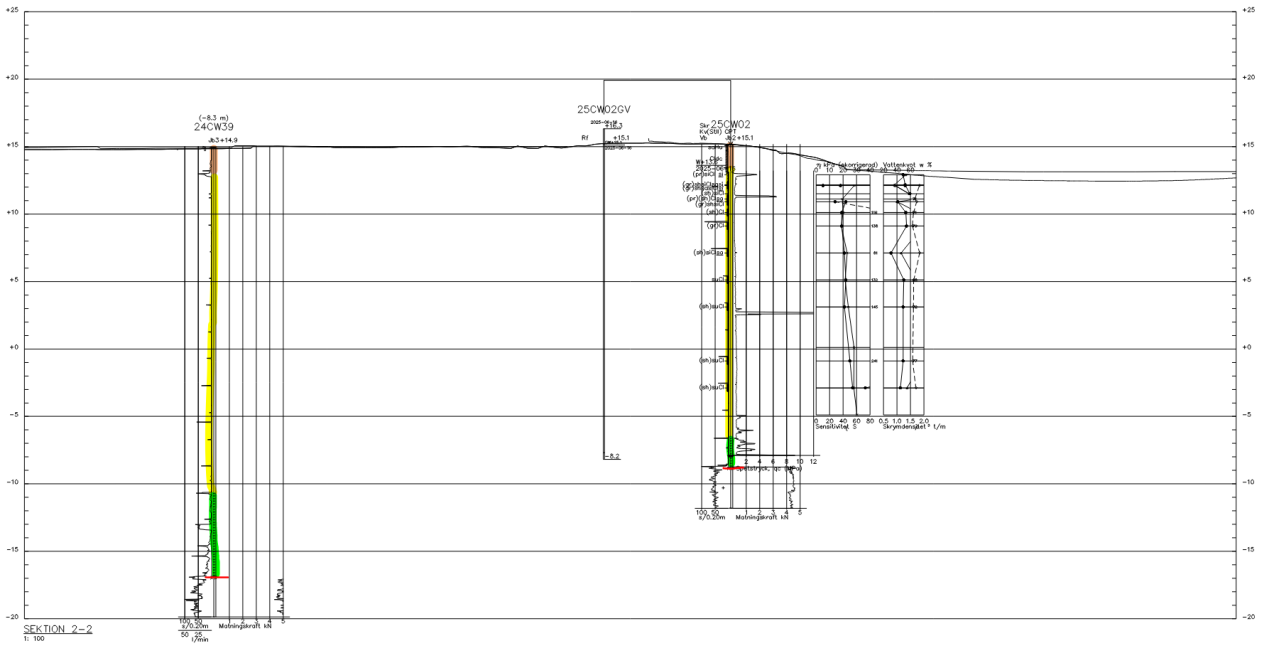
För bergtekniska förhållanden se hänvisning till PM Bergteknik i kapitel 4.

10.3 Fågeldammen

Aktuellt område gränsar till Fågeldammens norra del. Marknivån kring Fågeldammen ligger på nivån ca +15 till +16. Befintlig slänt ner mot dammen har en lutning på ca 1:3. Enligt utförda undersökningar 25CW01-25CW03, 24CW39, samt i arkivpunkterna 1 och 2 (benämnda 2005GK01-02 på planritningar i MUR), se Figur 18 utgörs jordlagren av ca 10-25 m lera på ca 1-5 m friktionsjord, där djup till berg varierar mellan ca 14 och 32 m, se Figur 19 till Figur 22. Utifrån utförda CPT-sonderingar, vingförsök samt utifrån utförda konförsök och direkta skjuvförsök på ostörda prover på geotekniskt laboratorium varierar lerans odränerade skjuvhållfasthet mellan ca 10 och 30 kPa.

Med hänsyn till att planområdet gränsar till området som släntar ner mot Fågeldammen och att jordlagren utgörs av lera med mycket låg till låg odränerad skjuvhållfasthet har stabilitetsberäkningar utförts i tre beräkningssektioner.

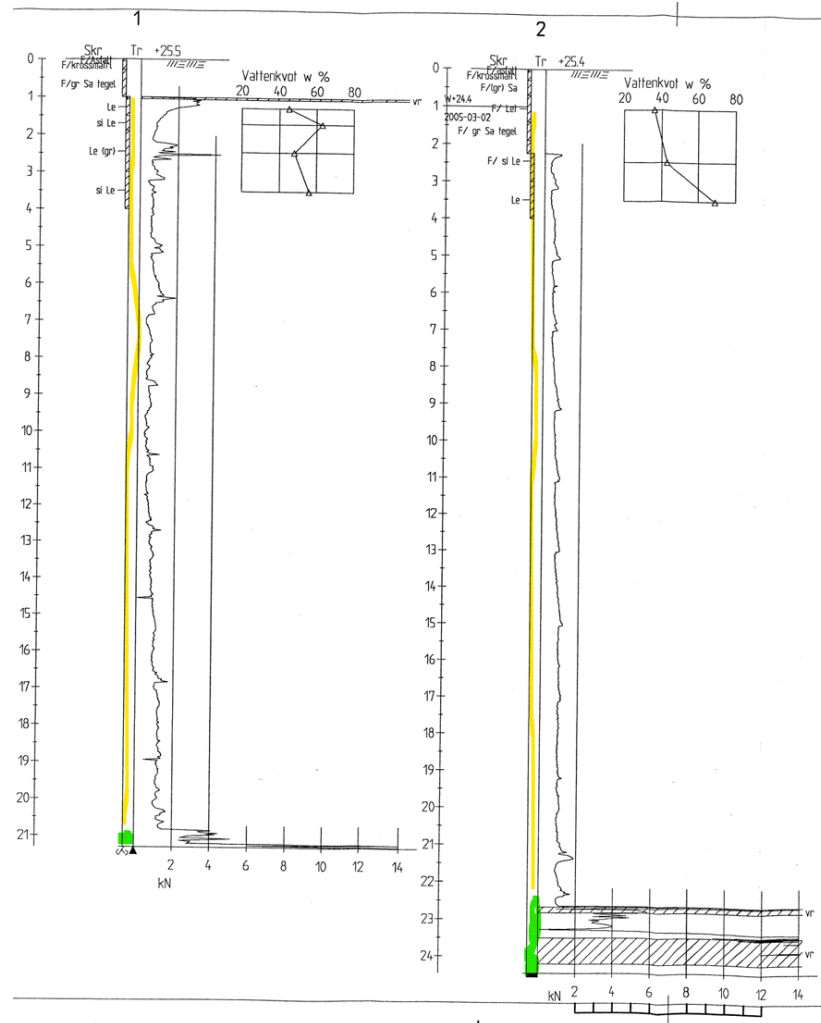
Lodning av Fågeldammen samt lodning av dyskiktet har utförts av COWI.



Figur 20 Utförda undersökningar uppritade i sektion 2. Gul färg symboliserar lera, grön symboliserar friktionsjord och röd markering symboliserar bergets överyta.



Figur 21 Arkiv undersökningar uppritade i sektion 3. Gul färg symboliserar lera, grön symboliserar friktionsjord.



Figur 22 Trycksonderingar i undersökningspunkterna 1 och 2 uppritade i sektion 3. Gul färg symboliserar lera, grön symboliserar friktionsjord. (höjdsystem GH88)

10.4 Erforderliga krav för stabilitetsberäkningar

Stabilitetsberäkningarna planeras utföras med totalsäkerhetsanalys. I enlighet med IEG Rapport 4:2010 för nyexploatering/planläggning detaljerad utredning, ligger intervallet på erforderlig säkerhetsfaktor på $F_c \geq 1,7-1,5$ (odränerad analys), $F_{komb} \geq 1,5-1,4$ (kombinerad analys) samt $F_D \geq 1,3$ (dränerad analys).

En bedömning av områdets gynnsamma och ogynnsamma förutsättningar för stabilitetsberäkningar har utförts enligt IEG Rapport 4:2010 och syftar till att vara del av förståelsen för rådande stabilitetsförhållanden inom området.

Bedömningen inom utredningsområdet redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Gynnsamma och ogynnsamma förutsättningar för stabilitetsberäkningar

Förutsättningar	Gynnsamma	Ogynnsamma
Konsekvenser av skred		Risk för människoliv och stor ekonomisk skada Risk för bakåtgripande skred Risk för omgivningspåverkan eller sekundär påverkan Kvecklera förekommer
Släntens beständighet	Gräs-, busk- eller trädvegetation i strandkanten. Viss typ av erosionsskydd finns. Ingen större erosion.	
Tidigare förändringar i slänten	Oförändrad slänt, inga tecken på större erosion.	
Jordens egenskaper	Liten spridning i bestämda hållfasthetsegenskaper	Jordlagerföljden består av lera Hög sensitivitet, förekomst av kvicklera
Analys- och beräkningsarbetets tillförlitlighet	Antal beräknade glidytor Känslighetsanalys utförd Beräkningssektionernas lägen i plan är vald i den farligaste delen av slänten ur stabilitetssynpunkt Tvådimensionell analys Vald kombination av last, portryck och vattenstånd motsvarar extremvärden.	
Fältundersökningens innehåll och omfattning	Kvalificerade undersökningar (CPTU-sondering, vingförsök och ostörd provtagning) har utförts.	

Förutsättningar	Gynnsamma	Ogynnsamma
Laboratorieundersökningens innehåll och omfattning	Upptagna prover har klassificerats i laboratorium Kvalificerade laboratorieanalyser är utförda i flertalet punkter, CRS-försök och direkta skjuvförsök	
Släntens geometri	Markytans geometri är väl bestämd utifrån scannad markmodell tillsammans med avvägda sektioner samt lodad dammbotten	
Grundvatten- och portrycksförhållanden	Automatiskt loggande portrycksmätare och divers i grundvattenrör är installerade inom Linnéplatsen Grundvattenrör är installerade i flertalet undersökningspunkter inom området Känslighetsanalys är utförd i en sektion för förhöjda portrycksnivåer. Mätningar har utförts över mer än ett år	Relativt kort mätserie i södra delen av området
Ytvattenförhållanden	Inga tecken på större fluktuation i dammen	

Förutsättningarna bedöms till övervägande del vara gynnsamma, men en av förutsättningarna av stor vikt är dock ogynnsam. Det förekommer kvicklera inom området och därmed finns det risk för bakåtgripande skred med stor omgivningspåverkan. Utredningen bedöms vara *Detaljerad utredning*, på gränsen till fördjupad utredning med hänsyn till utförda undersökningar i förhållande till släntens storlek och storleken på det aktuella området. Därav har en säkerhetsfaktor i mitten av intervallet valts för både odränerad- och kombinerad analys.

Med hänsyn till förutsättningarna i tabellen nedan har följande säkerhetsfaktorer valts:

- > $F_c \geq 1,6$ (odränerad analys)
- > $F_{\text{komb}} \geq 1,45$ (kombinerad analys)

10.5 Sammanställning av beräkningsparametrar

10.5.1 Jordmaterialparametrar

Valda beräkningsparametrar redovisas i Tabell 3 nedan. Utvärderade skjuvhållfasthetsdiagram redovisas som bilaga, se bilageförteckning.

Vid kombinerad analys har lerans friktionsvinkel ansatts till 30° och lerans kohesionsintercept till 10 % av den odränerade skjuvhållfastheten.

Tabell 3 Sammanställning av härledda värden för aktuella beräkningssektioner

JORDMATERIAL	JORDPARAMETER	Härlett värde
*Överbyggnad Packad enligt AMA	Tunghet, (γ)	20 kN/m ³
	Effektiv tunghet, (γ')	12 kN/m ³
	Inre friktionsvinkel, (ϕ')	42°
Torrskorpelera	Tunghet, (γ)	16,5 kN/m ³
	Odränerad skjuvhållfasthet, (cu)	25 kPa
	Dränerad skjuvhållfasthet, (c')	0,1 x cu kPa
	Inre friktionsvinkel, (ϕ')	30°
Lera 1 - +10	Tunghet, (γ)	16 kN/m ³
	Odränerad skjuvhållfasthet, (cu)	17 kPa
	Dränerad skjuvhållfasthet, (c')	0,1 x cu kPa
	Inre friktionsvinkel, (ϕ')	30°
Lera 2 Från +10 till +0 Z=0 vid nivån +10	Tunghet, (γ)	16 kN/m ³
	Odränerad skjuvhållfasthet, (cu)	17 kPa vid +10 17+0,9*z kPa
	Dränerad skjuvhållfasthet, (c')	0,1 x cu kPa
	Inre friktionsvinkel, (ϕ')	30°
Lera 3 Från +0 till -5 Z=0 vid nivån +0	Tunghet, (γ)	17 kN/m ³
	Odränerad skjuvhållfasthet, (cu)	26 kPa vid +0 26 kPa+1*z kPa
	Dränerad skjuvhållfasthet, (c')	0,1 x cu kPa
	Inre friktionsvinkel, (ϕ')	30°
Friktionsjord	Tunghet, (γ)	22 kN/m ³
	Effektiv tunghet, (γ')	12 kN/m ³
	Inre friktionsvinkel, (ϕ')	33°
**Dy	Tunghet, (γ)	11 kN/m ³
	Odränerad skjuvhållfasthet, (cu)	2 kPa

* Värden från TK Geo 13, kapitel 5

** Värdena är konservativt valda och antas ha en tunghet mycket likt vatten och en väldigt låg odränerad skjuvhållfasthet. Tjockleken på skiktet är lodat.

10.5.2 Portryck- och grundvatten

Ett vattentryck motsvarande en grundvattenyta i nivå med underkant torrskorpelera, med en hydrostatisk portrycksfördelning mot djupet antas för stabilitetsberäkningarna.

10.5.3 Laster

Tillkommande laster på grund av eventuella markhöjningar antas motsvara en utbredd last om 20 kN/m² per m uppfyllnad. För utbyggda förhållanden har en markhöjning på 0,5 m (d.v.s 10 kN/m²) antagits. För planerad byggrätt har en utbredd last om 10 kN/m² antagits. För befintlig byggnad strax norr om Fågeldammen har en utbredd last om 10 kN/m² antagits.

Karakteristisk spårvägslast har beräknats med utifrån Göteborgs Stads Tekniska Handbok 2024:2. Lasterna är hämtade från kapitel 12HA1 Broar för spårbunden trafik och anges även vara tillämpbara för andra typer av konstruktioner som utsätts för påverkan av trafik. Karakteristisk last har valts enligt ovan och har placerats i de planerade spårens läge.

Dimensionerande värden för spårvägslaster har beräknats enligt TRVINFRA 00230, kapitel 2.3.2.1 och ekvationen nedan:

$$g_{G,g} \cdot G_{kj} + g_{Q,g} \cdot Q_k$$

där:

G_{kj} = permanent ogynnsam last

Q_k = variabel ogynnsam last

$$g_{G,g} = 1,1 \cdot \gamma_d$$

$$g_{Q,g} = 1,4 \cdot \gamma_d$$

γ_d = partialkoefficient för säkerhetsklass

Vid beräkning av dimensionerande spårvägslaster för SK3 används $\gamma_d = 1,0$. Se dimensionerande spårvagnslast i Tabell 4.

Tabell 4 Beräkning av dimensionerande spårvägslast

	Lastfall			
	SPV 1A	SPV 1B	SPV 2A	SPV 2B
Antal lastlinjer (-)	12	6	12	6
Linjelast (kN)	80	80	100	100
Lastlängd (m)	38	17,6	49,4	22,2
Bredd slipers (m)	2,5	2,5	2,5	2,5
Total last (kN)	960	480	1200	600
Karaktäristisk utbredd last (kPa)	10,1	10,9	9,7	10,8
Partialkoefficient	1,4	1,4	1,4	1,4
γd Säkerhetsklass 3	1	1	1	1
Dimensionerad utbredd last (kPa)	14,1	15,3	13,6	15,1

Ett medelvärde för de olika lastfallen som räknats ut i Tabell 4 är ca 14,5 kPa. Vald dimensionerad spårvägslast avrundas upp till 15 kPa.

I kombinerad analys har trafiklasten försumrats enligt IEG 6:2008, kapitel 4.3.1.

10.5.4 Känslighetsanalys

Tre känslighetsanalyser har utförts:

- > En känslighetsanalys där vattenytan i Fågeldammen sänks med 0,5 m (torrlagd damm).
- > En känslighetsanalys där grundvattenytan ökat med 1 m.
- > En känslighetsanalys där lerans och torrskorpelerans odränerade skjuvhållfasthet är reducerad med 10 %.

10.6 Resultat stabilitetsanalys

Stabilitetsberäkningar ger värdet på säkerhetsfaktorn F_c (odränerad analys) och F_{komb} (kombinerad analys). Beräkningsresultaten framgår av Tabell 5 nedan samt i Bilaga 2.

Tabell 5 Beräknade säkerhetsfaktorer med avseende på stabilitetsbrott.

Sektion, beskrivning	F_c $F_c \geq 1,6$	F_{komb} $F_{komb} \geq 1,45$	Bilaga: sida
Befintliga förhållanden			
Sektion 1, Befintliga förhållanden	1,86	1,74	1-2
Sektion 2, Befintliga förhållanden	3,05	2,75	3-4
Sektion 3, Befintliga förhållanden	2,43	4,38	5-6
Utbyggda förhållanden (markhöjning 0,5 m motsvarande tillskottslast på 10 kPa inom planområdet)			
Sektion 1, Utbyggda förhållanden	1,70	1,50	7-8
Sektion 2, Utbyggda förhållanden	2,64	2,36	9-10
Sektion 3, Utbyggda förhållanden	2,16	3,46	11-12
Känslighetsanalyser, vattenyta sänks med 0,5 m (torrlagd dammbotten)			
Sektion 1, Befintliga förhållanden	1,79	1,67	13-14
Sektion 2, Befintliga förhållanden	2,84	2,66	15-16
Sektion 3, Befintliga förhållanden	2,19	4,55	17-18
Sektion 1, Utbyggda förhållanden	1,63	1,45	19-20
Sektion 2, Utbyggda förhållanden	2,50	2,26	21-22
Sektion 3, Utbyggda förhållanden	1,97	3,46	23-24
Känslighetsanalyser, grundvattenyta ökad med 1 m			
Sektion 1, Befintliga förhållanden	1,86	1,46	25-26
Sektion 2, Befintliga förhållanden	3,04	2,37	27-28

Sektion, beskrivning	F_c $F_c \geq 1,6$	F_{komb} $F_{komb} \geq 1,45$	Bilaga: sida
Sektion 3, Befintliga förhållanden	2,45	3,08	29-30
Sektion 1, Utbyggda förhållanden	1,70	1,38	31-32
Sektion 2, Utbyggda förhållanden	2,64	2,34	33-34
Sektion 3, Utbyggda förhållanden	2,17	3,08	35-36
Känslighetsanalyser, odränerad skjuvhållfasthet är reducerad med 10 %.			
Sektion 1, Befintliga förhållanden	1,68	1,60	37-38
Sektion 2, Befintliga förhållanden	2,79	2,62	39-40
Sektion 3, Befintliga förhållanden	2,19	4,26	41-42
Sektion 1, Utbyggda förhållanden	1,53	1,37	43-44
Sektion 2, Utbyggda förhållanden	2,39	2,17	45-46
Sektion 3, Utbyggda förhållanden	1,95	3,39	47-48

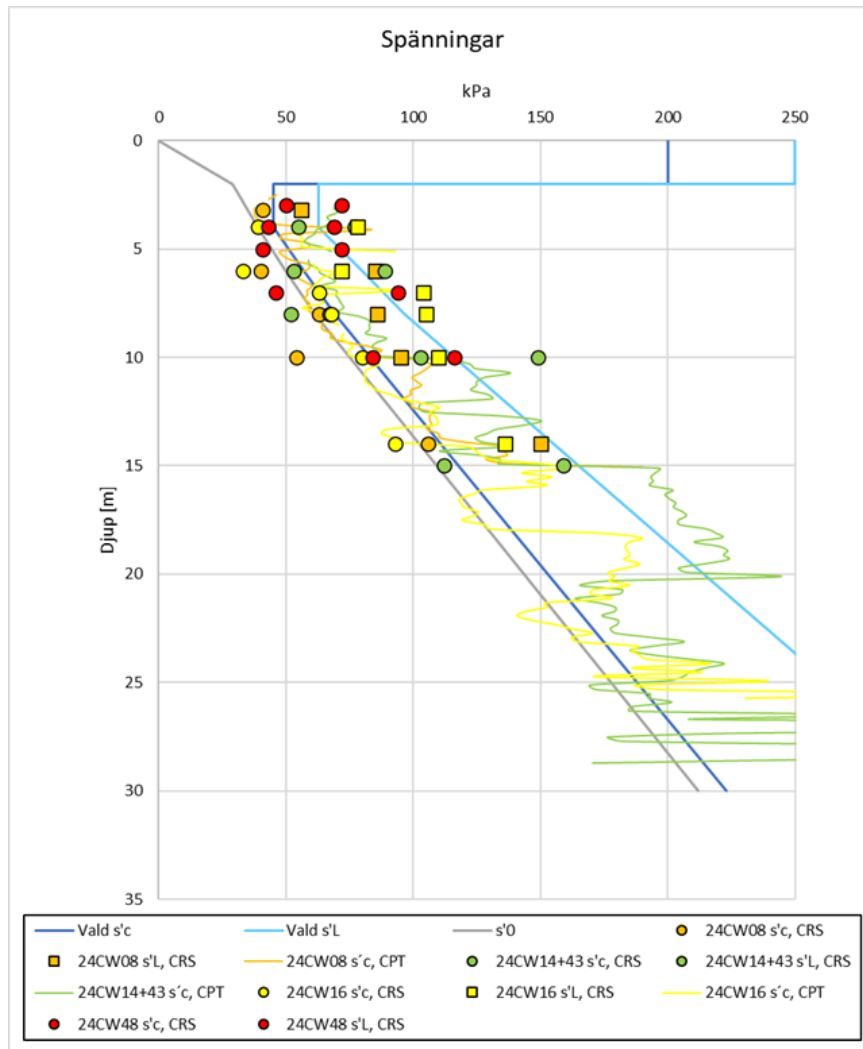
Enligt utförda beräkningar uppnås erforderlig säkerhetsfaktor för både befintliga och utbyggda förhållanden i odränerad och kombinerad analys i samtliga sektioner.

I känslighetsanalysen där grundvattenytan höjts med 1 m uppnås inte erforderlig säkerhetsfaktor i sektion 1 i kombinerad analys.

I känslighetsanalysen där odränerad skjuvhållfasthet reducerats med 10 % uppnås inte erforderlig säkerhetsfaktor i sektion 1 i odränerad och kombinerad analys.

11 Sättningar

Inom Linnéplatsen har lerans deformationsegenskaper utvärderats utifrån CPT-sonderingar och CRS-försök, se Figur 23.



Figur 23 Spänningsdiagram Linnéplatsen

Leran bedöms vara normal till svagt överkonsoliderad med en överkonsolideringsgrad (OCR) som varierar mellan ca 1,05 och 1,5 med en avtagande konsolideringsgrad mot djupet. Leran är överkonsoliderad med drygt 5 kPa i den övre delen av jordprofilen och mot djupet har det ökat något till drygt 10 kPa. Uppfyllnader och grundvattensänkningar kommer att medföra sättningar då leran är sättningsbenägen.

Markytan intill betongtråg- och tunnel planeras höjas med ca 0,5–1,5 m. En höjning av markytan med ca 0,5 m innebär en utbredd last på ca 10 kN/m³. Eventuell höjning av markytan kommer beroende på utformning påverka sättningsförhållanden negativt.

Delar av omgivningen är känslig för en förändring av grundvattennivåer med hänsyn till sättningskänsliga leror, naturvärden och på grundlagda byggnader. Det är därför av stor vikt att säkerställa att befintliga grundvattennivåer inte påverkas så att sättningar och andra skador uppstår. Detta måste hanteras i samband med fortsatt projekteringsarbete.

11.1 Pågående sättningar

Utifrån satellitmätningar som mäter markrörelser kontinuerligt har det konstaterats att det pågår sättningar i området. Data från satellitmätningar har inhämtats från Rymdstyrelsens hemsida ([InSAR Sweden](#)) samt Sättningskartan ([Sättningskartan](#)). Ett medelvärde från mätpunkter i och i anslutning till utredningsområdet visar på en sättningshastighet om ca 1,7 mm/år.

12 Rekommendationer för fortsatt planeringsarbete

12.1 Stabilitet

Befintliga stabilitetsförhållanden inom Linnéplatsen bedöms vara tillfredställande med hänsyn till områdets flacka markyta.

Med hänsyn till planerad anläggning kommer geotekniska temporära och permanenta stödkonstruktioner samt geotekniska förstärkningsåtgärder att erfordras i anslutning till betongtunnel och betongtråg vid Linnéplatsen. Erfarenheter kan hämtas från liknande schakter som tidigare utförts i Göteborgsområdet med liknande förhållanden.

Befintliga stabilitetsförhållanden för slänten vid Göteborgs naturhistoriska museum bedöms geoteknisk synvinkel som goda med hänsyn till tunt jordtäckte på berg. Slänten utifrån planerade förhållanden bedöms inte medföra några stabilitetsproblem då utformning av slänten kan utföras med kontrollerade massor som dessutom hamnar ovanpå pålad betongtunnel.

Inom området intill Fågeldammen har befintliga och utbyggda förhållanden, med en antagen markhöjning om 0,5 m, bedömts vara tillfredsställande baserat på genomförda stabilitetsberäkningar i kapitel 10. Känslighetsanalyser har utförts för att identifiera de mest kritiska parametrarna för beräkningssektionerna. Resultaten visar att säkerhetsfaktorn uppnås även vid reducerad skjuvhållfasthet, ökat portryck i jorden samt under torra dammförhållanden. Slänten i sektion 1 uppvisar dock känslighet för reducerad skjuvhållfasthet i leran samt ökat portryck, vid utbyggda förhållanden. Med hänsyn till omfattningen av utförda undersökningar och den valda jordmodellens relevans

för sektionen, samt genomförda känslighetsanalyser även för planerade utbyggnader, bedöms stabiliteten för sektion 1 trots detta som betryggande.

Ny byggrätt bedöms inte påverka stabilitetsförhållandena ut mot Fågeldammen.

Vid lokala schakter i samband med t.ex. ledningsläggning ska stabilitetsförhållandena kontrolleras.

12.2 Sättningar

Det är viktigt att planerad bergtunnel, betongtunnel och betongtråg utformas täta för att undvika risken för grundvattensänkningar vilket kan medföra sättningar i närområdet. Det är även viktigt att grundvattensituationen inte påverkas under byggtiden vilket kan åstadkommas om schakten utförs inom styva täta temporära stödkonstruktioner.

Eventuell uppfyllnad i anslutning till betongtunnel och betongtråg vid Linnéplatsen rekommenderas utföras genom totalkompensation med lättfyllnad eller med kalkcementpelare.

12.3 Grundläggning

Planerad betongtunnel och betongtråg rekommenderas grundläggas med pålar till fast botten eller berg.

För planerade betongtråg och betongtunnel kommer temporära och permanenta stödkonstruktioner att krävas. Stödkonstruktionerna kan till exempel utföras med spont, slitsmurar eller sekantpålar.

Ojämna rörelser kan uppstå mellan bergtunnel, betongtunnel och betongtråg på grund av olika grundläggningsmetoder. Detta måste hanteras i samband med fortsatt utrednings- och projekteringsarbete.

Beroende på spårvägens framtida profil kan förstärkningsåtgärder och förankringar krävas för att säkerställa konstruktionen med hänsyn till upplyft. En annan lösning för att motverka upplyft kan även vara att göra betongkonstruktionen tyngre och större.

Planerad byggnad inom ny byggrätt bedöms kunna grundläggas med pålar beroende på typ av byggnad och aktuella laster.