

Filnamn: OLP4-04-025-42000-0_0-0026

Projektnamn Skapat av (Leverantör)
Ostlänken Pauline Meneust
Ärendenummer Granskat av (Leverantör)
TRV 2014/48912 Lovisa Hassellund
Godkänt av (Leverantör)
Henrik Tham

Godkänt datum
2023-11-21
Sidor
1(52)

Rev Datum
-
Version
_6



OSTLÄNKEN

OLP4 SÖDERTÄLJE - TROSA

LÅNGSJÖN - SILLEKROG

Bandel 506, KM 14+700 - 27+860

PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning 4.2

Huvuddokument

UTREDNING

Innehållsförteckning

1	Sammanfattning.....	4
2	Uppdrag.....	4
3	Syfte.....	4
4	Strategi	5
4.1	Steg 1, Inom utredningsområde	5
4.1.1	Antaganden	6
4.1.2	Utökad inventering.....	6
4.1.3	Klassning av känslighet	7
4.2	Steg 2, Inom påverkansområde	7
4.2.1	Antaganden	7
4.2.2	Utökad utredning	7
4.2.3	Utökad inventering.....	8
4.2.4	Kompletterande fältundersökning	8
4.3	Steg 3, bedömning av risk för skadliga sättningar	8
4.3.1	Allmänt.....	8
4.3.2	Metodik	9
5	Styrande dokument.....	9
6	Underlag.....	10
7	Resultat från utredning av påverkan från grundvattensänkningar	10
7.1	Byggnader.....	11
7.1.1	Bedömd påverkan från grundvattensänkning	11
7.1.2	Känslig grundläggning	11
7.1.3	Undergrund.....	12
7.1.4	Km 15+100–18+400 Tullgarnstunneln	12
7.1.5	Km 18+800–19+400 Noradikets dalgång	15
7.1.6	Km 19+400–20+500 Trafikplats Vagnhärad	16
7.1.7	Km 21+500–23+500, Trosaåns dalgång.....	19
7.1.8	Km 24+800–25+900, Hillestatunneln	21
7.2	Ledningar	21
7.3	Risksträckor E4	22
7.3.1	Lindfältet, km 14+700–15+000	23
7.3.2	Tullgarnstunneln, km 15+000–18+400	24
7.3.3	Noradikets dalgång, km 18+400–19+400	35



7.3.4	Trafikplats Vagnhärad, km 19+400–20+230.....	38
7.4	Andra vägar	44
7.4.1	Risevid långhagen, km 18+400–18+900.....	44
7.4.2	Fredriksdalsvägen och Kalkbruksvägen.....	45
7.4.3	Lundbyvägen, km 21+900–22+000	46
7.4.4	Väg 800, km 23+400	47
7.5	Risksträckor befintlig järnväg	48
8	Osäkerheter	52

BILAGOR

Bilaga 1, Sättningsberäkningar (*OLP4-04-025-42000-0_0-0027*)

Bilaga 2, Översikt över nya byggnader registrerade efter 2016 (*OLP4-04-025-42000-0_0-0037*)

Bilaga 3, Inventering av nya byggnader registrerade efter 2016 (*OLP4-04-025-42000-0_0-0038*)

1 Sammanfattning

Grundvattensänkningar till följd av byggnation och drift av Ostlänken och dess anläggningar har utretts inom de beräknade påverkansområdena från järnvägen.

Byggnader, anläggningar och ledningar som ligger på sättningsbenägen mark inom ett påverkansområde riskerar att påverkas av grundvattensänkningar till följd av byggnation och drift av Ostlänken och nya vägar.

Känslighet för påverkan har bedömts utifrån bedömda total- och differentialsättningar på byggnader/anläggningar och dess grundläggning, undergrund och de lösa jordlagrens mäktighet samt omfattningen av grundvattensänkningarna.

ÅF/Tyréns har utfört inventering av befintliga anläggningar och byggnader. För byggnader har byggår, antal våningar under och över mark, grundläggningstyp, grundförstärkning, befintliga sättningssskador, förekomst av och nivå på källargolv, rustbädd och pålar inventerats. Denna information redovisas i föreliggande dokument eller i beräkningsbilagan för de byggnaderna som utgör riskexponerade objekt.

SGU:s jordartskarta och utförda geotekniska undersökningar har använts för bedömning av undergrund, mäktighet och sättningsparametrar på lera och silt.

Markrörelser som kan uppkomma i form av sättningar till följd av grundvattensänkningarna har bedömts. Känslighetsanalyser av påverkan på sättningar vid olika grundvattensänkningar har utförts. Skadliga sättningar behöver inte uppkomma om åtgärder för att upprätthålla grundvattennivåer, som kompletterande tätning eller infiltration, verkställs. Beräkningarna redovisas i bilagan till föreliggande dokument.

2 Uppdrag

Föreliggande dokument utgör ett underlag för tillståndsansökan av vattenverksamhet enligt 11 kap miljöbalken för Ostlänken, delprojekt Södertälje–Trosa, delen Långsjön–Sillekrog.

På uppdrag av Trafikverket har ÅF/Tyréns utfört inventering av befintliga anläggningars och byggnaders grundläggning samt gjort en bedömning av grundläggningarnas känslighet för påverkan från markrörelser i form av sättningar som kan uppkomma till följd av grundvattensänkningar längs planerad järnvägssträcka.

Ostlänken kommer på vissa sträckor att gå under befintlig markyta i skärning eller tunnel. Där skärning/dränering/schakt är belägen under grundvattenytan kan grundvattennivåerna komma att sänkas temporärt eller permanent. En lokal grundvattensänkning kan komma att påverka grundvattennivåer i kringliggande grundvattenmagasin på ett visst avstånd från anläggningen. Detta kan i sin tur påverka portrycket i marken och leda till sättningar i förekommande lera eller silt. En sättning kan sedan medföra skador på närliggande konstruktioner såsom byggnader och anläggningar.

Känslighet för påverkan har bedömts utifrån grundläggning, byggnadens eller anläggningens placering, geologi, undergrund och mäktigheten av lösa jordlager, storleken på grundvattensänkningen samt bedömda total- och differentialsättningar på byggnader/anläggningar och dess grundläggning.

Föreliggande dokument beskriver de geotekniska förhållandena och grundläggning av befintliga byggnader och anläggningar som kan komma att påverkas av grundvattensänkningar i bygg- och driftskedet i anslutning till Ostlänken på delen Långsjön–Sillekrog. Det innehåller analyser av möjlig sättningspåverkan på dessa byggnader och anläggningar.

Underlaget ligger även till grund för kontrollprogram för grundvattennivåmätningar och sättningsmätningar.

3 Syfte

Syftet med grundläggningsinventeringen är:

- att samla information om byggnader, anläggningar och ledningar vars grundläggning riskerar att påverkas av grundvattensänkningar till följd av byggnation och drift av Ostlänken.

- att bedöma grundläggningen, observera eventuella befintliga sättningar och fastställa jordlagerförhållanden, grundvattenförhållanden och bergnivåer.
- att redovisa vilka byggnader och anläggningar som har en grundvattenberoende grundläggning och när grundvattensänkningar kan generera skador. Föreliggande dokument innehåller även känslighetsbedömningar med avseende på grundvattensänkningar för de grundvattenberoende objekten, där så är relevant.

4 Strategi

En skrivbordsstudie har utförts där byggnader och anläggningar samt deras grundläggningar och grundförstärkningar har inventerats i stadsbyggnadskontorets arkiv hos Södertälje respektive Trosa kommun.

Inventering har utförts i fält av grundläggning och kondition hos byggnader och anläggningar.

Undergrundens jordlagerföljd och mäktighet har bedömts utifrån jordartskartan, inventering i fält samt utifrån utförda geotekniska och geofysiska undersökningar.

För att avgöra grundläggningens känslighet har litteraturstudier gjorts (TK Geo 13, plattgrundläggningsboken, grundläggningsinventeringar i andra uppdrag) och analyser utförts i olika steg inom järnvägsplan och systemhandling för Ostlänken delen Långsjön–Sillekrog.

I steg 1 studerades byggnader, anläggningar och ledningar som ligger på sättningsbenägen mark inom utredningsområdet. Utredningsområdet är ett konservativt tilltaget område som skulle kunna påverkas av grundvattensänkningar till följd av byggnation och drift av Ostlänken och nya vägar. Utredningsområdet har använts för att avgränsa inventeringarna i ett tidigt skede innan påverkansområdet har kunnat bedömas.

I steg 2 studerades byggnader, anläggningar och ledningar som ligger på sättningsbenägen mark inom påverkansområdet. Påverkansområdet baseras på anläggningens utformning med tekniska lösningar, inklusive valda skadeförebyggande åtgärder, se *OLP4-04-025-42000-0_0-0022, Bilaga C Teknisk beskrivning vattenverksamhet 4.2*.

Beräkning av marksättning för anläggningar och byggnader har använts för att bedöma vid vilken grundvattennivå som skadlig påverkan i form av sättningar uppkommer. Skadliga sättningar behöver inte uppkomma om åtgärder för att upprätthålla grundvattennivåer verkställs.

En känslighetsanalys vid olika jorddjup har utförts där det finns kvarstående osäkerheter om jordlagerföljden.

4.1 Steg 1, Inom utredningsområde

I det första steget av studien har utredningsområdet använts för att få med de objekt som skulle kunna påverkas av grundvattensänkningar och för att avgöra om det medförde nödvändig projektering av anläggningsdelar för att eliminera eller minska påverkan. Utredningsområdet baseras på anläggningsdel, skärningsdjup samt jordens hydrogeologiska egenskaper. Arbetet utfördes som en skrivbordsstudie.

Små byggnader ansågs i detta skede generellt vara grundlagda på platta på mark, kantförstyvad platta eller långsgående murar på långsgående plattor och har därmed bedömts som sättningkänsliga i de fall som de är belägna på sättningsbenägen mark. Ingen inventering i arkiv av små byggnader har gjorts, utan byggnaderna har bedömts som känsliga om de befunnit sig helt eller delvis på sättningsbenägen mark inom utredningsområdet.

Grundläggningen av byggnader på sättningsbenägen mark inom utredningsområdet och med en area om > 400 m² har inventerats i arkiv.

Större byggnader som är pålgrundlagda är mindre känsliga för sättningar. Pålarnas bärförmåga behöver dock kontrolleras med avseende på de påhängslaster som uppkommer vid grundvattensänkningar. I detta fall ska hänsyn tas till eventuella tidigare sättningar som redan givit upphov till påhängslaster.

E4 går parallellt med planerad spårinje och faller på vissa sträckor inom utredningsområdet. Inom utredningsområdet och vid sättningsbenägen mark har E4 identifierats som en grundvattenberoende anläggning. En utredning av E4 grundförstärkningar, grundläggningar samt uppkomna sättningar har gjorts för att kunna avgöra grundläggningens känslighet avseende grundvattensänkningar. Anläggningar grundlagda på sättningsbenägen mark antas ha känslig grundläggning. De geotekniska förhållandena har bedömts utifrån jordartskarta, utförda marktekniska undersökningar, arkivhandlingar och fältinventering för respektive delsträcka.

Vid skrivbordsstudien har objekt som behövde utredas vidare i enlighet med kapitel 4.1.2 identifierats. Kriterier för utökad inventering är storlek på objekt, geologi och placering i förhållande till utredningsområdet.

4.1.1 Antaganden

- Anläggningar grundlagda på sättningsbenägen mark antas ha känslig grundläggning.
- Med sättningsbenägen mark räknas områden med lera, silt, organisk jord enligt SGU:s jordartskarta.
- Endast byggnader och anläggningar inom utredningsområdet har bedömts.
- Byggnader som är mindre än 400 m² antas vara grundlagda på platta på mark, kantförstyvad platta eller långsgående murar på långsgående plattor.

4.1.2 Utökad inventering

För utvalda byggnaderna enligt ovanstående kriterier har en utökad inventering utförts i form av:

- inventering i stadsbyggnadskontorets arkiv hos Södertälje respektive Trosa kommun
- fältinventering
- kontakt med fastighetsägare.

En fältinventering för att studera objekt i fält har gjorts under våren 2018. Vid fältbesöket kontaktades fastighetsägare för mer information om byggnadens grundläggning, utförda geotekniska undersökningar och ledningar. Byggnadens och anläggningens kondition har dokumenterats med fotografi samt kommentar i samband med kontakt med fastighetsägare.

För E4 har en utökad inventering utförts i form av:

- inventering i arkiv (Trosa kommuns arkiv samt Riksarkivet i Uppsala)
- utökad inventering i arkiv hos SGI (Statens Geotekniska Institut)
- intervju med personer (Roland Tränk och Leif Eriksson) som varit med vid byggnationen av E4 och andra vägbyggen på 1970–1980
- fältinventering
- marktekniska undersökningar.

En omfattande inventering på SGI:s arkiv av PM och beräkningar har gjorts där personer som var med vid byggnationen av E4 var närvarande och kunde svara på frågor angående metoder för grundläggning av vägar som användes på 1970–1980-talet och troliga byggmetoder för denna sträcka av E4. Sättningsuppföljningar efter till exempel nedpressningar borde ha utförts men har inte kunnat återfinnas.

En fältinventering för att studera E4 i fält har gjorts under våren 2018. E4 kondition i form av uppkomna sättningar har dokumenterats med markering i GIS, fotografi samt kommentar i samband med fältbesök. Observationer från fältinventeringen används tillsammans med TK Geo 13 vid bedömning av totalsättningskrav för E4.

Marktekniska undersökningar har utförts för att bedöma grundläggning av befintlig E4, avgöra om det finns sättningsbenägen mark kvar under E4 samt fastställa jordlagerförhållanden, grundvattenförhållanden, bergnivåer och material i terrassnivå.

4.1.3 Klassning av känslighet

Byggnader och anläggningar har initialt fått klassen "Grundvattenberoende grundläggning" eller "Ej grundvattenberoende grundläggning" beroende på om de uppfyller kriterier i tabellen nedan.

Grundvattenberoende grundläggning	Uppfyller kriterier
Ja	<ul style="list-style-type: none"> På sättningsbenägen mark och byggnad mindre än 400m² På sättningsbenägen mark och sättningkänslig grundläggning (efter resultat från utökad inventering för både golv och stomme)
Nej	<ul style="list-style-type: none"> Inte på sättningsbenägen mark På sättningsbenägen mark men inte sättningkänslig grundläggning (efter resultat från utökad inventering för både golv och stomme)

4.2 Steg 2, Inom påverkansområde

I det andra steget av studien har en bedömning av eventuell omgivningspåverkan på grund av grundvattensänkningar, i både bygg- och driftskedet, gjorts på befintliga byggnader och befintliga anläggningar på sättningsbenägen mark inom beräknade påverkansområden från järnvägen.

Påverkansområde för grundvatten redovisas som en gräns utanför vilken någon påverkan av betydelse för något grundvattenberoende objekt inte förväntas uppkomma. En sådan påverkan bedöms kunna uppkomma vid en sänkning av grundvattennivå motsvarande > 0,3 m i jord och > 1 meter i berg (jämfört mot tidigare års nivåvariation). Utbredningen av området är bedömd inklusive vidtagna skadeförebyggande åtgärder (till exempel tråg), men utan eventuella skyddsåtgärder, såsom infiltration av vatten för att bibehålla grundvattennivåerna. Se *OLP4-04-025-42000-0_0-0021, Bilaga D.2 PM yt- och grundvatten 4.2* för fler detaljer om hur påverkansområdet är framtaget se *OLP4-04-025-42000-0_0-0022, Bilaga C Teknisk beskrivning vattenverksamhet 4.2.* för planerade skadeförebyggande åtgärder och skyddsåtgärder längs linjen.

4.2.1 Antaganden

- Anläggningar grundlagda på sättningsbenägen mark antas ha känslig grundläggning.
- Med sättningsbenägen mark räknas områden med lera, silt, organisk jord enligt SGU:s jordartskarta och utförda markundersökningar samt fältbesök.
- Endast byggnader, anläggningar och ledningar inom eller på gränsen till påverkansområdet har bedömts.
- Byggnader som har okänd grundläggning antas ha känslig grundläggning.

4.2.2 Utökad utredning

En skrivbordsinventering har gjorts för att identifiera objekt som behöver utredas vidare utifrån tidigare inventering inom utredningsområdet, undergrund och placering i förhållande till avsänkningen inom påverkansområdet. För utvalda objekt har skrivbordsinventeringen lett vidare till utökad inventering. Kriterier för utökad inventering är:

- inom påverkansområdet eller i nära anslutning till påverkansområdet

- helt eller delvis på sättningsbenägen mark
- på mark med osäkert jorddjup
- på sättningsbenägenmark med osäkra beräkningsparametrar.

4.2.3 Utökad inventering

För utvalda byggnaderna enligt ovanstående kriterier har en utökad inventering utförts i form av:

- fältinventering
- kontakt med fastighetsägare om ingen sådan utfördes i tidigare skede.

Fältinventering för att studera objekt i fält samt intervjuer med fastighetsägare har gjorts under våren/sommaren 2020 samt under våren 2021.

Vid fältbesöket kontaktades fastighetsägare om mer information om byggnadens grundläggning, utförda geotekniska undersökningar och ledningar. Byggnadens kondition har dokumenterats med fotografi samt kommentar i samband med kontakt med fastighetsägare. Enklare sonderingar, sticksonderingar, har utförts vid några byggnader.

4.2.4 Kompletterande fältundersökning

Vid vissa byggnader och anläggningar har kompletterande fältundersökningar utförts efter utökad inventering. Kriterier för kompletterande fältundersökningar är:

- på sättningsbenägenmark med osäkert jorddjup
- på sättningsbenägen mark med osäkra beräkningsparametrar för att verifiera ingångsdata
- eventuellt på fast mark för att kunna bekräfta att byggnaden eller anläggningen har ej grundvattenberoende grundläggning.

4.3 Steg 3, bedömning av risk för skadliga sättningar

4.3.1 Allmänt

Sättningarnas storlek beror på en rad olika faktorer såsom sättningsbenägen marks kompressionsegenskaper, mäktighet, eventuellt pågående sättningar, belastningshistorik och storleken på de eventuella grundvattensänkningarna. Genomförda sättningsberäkning ska tolkas som en indikativ beräkning då osäkerheter förekommer i samtliga ingående parametrar. Områdets belastningshistorik är inte känd och eventuella tidigare grundvattensänkningar eller belastningar, annat än de som är medtagna vid beräkningen är inte beaktade. Befintliga laster som beaktas i beräkningarna är laster där enskild kolvprovtagning har genomförts, laster från bankfyllningen där E4 eller andra befintliga anläggningar går på bank och laster från byggnaderna där det är relevant. Marksättningen kan bli såväl större som mindre än vad som är beräknat.

Det är främst om en anläggning eller byggnad sätter sig ojämnt, s.k. differenssättning, som skador kan uppkomma. De skadliga effekterna på undermarksanläggningar och byggnader är svåra att prognosticera, eftersom det till största delen beror på sättningsskillnader inom den aktuella anläggningen och dess grundläggningssätt. T.ex. en byggnads grundläggning med platta på mark som i dess ena kant påverkas av en marksättning och i dess andra kant inte alls påverkas av marksättning kan skadas ifall skillnaden blir för stor. Sätter sig marken jämnt över ytan kan den skadliga effekten bli minimal men gränsen för totalsättning ska ändå beaktats. Är byggnaden pålgrundlagd eller ligger byggnaden på fast mark kommer själva byggnaden stå still men servisledningarna i mark kan komma att sätta sig så att skador uppkommer på den markförlagda ledningen. Pålade byggnader är mindre känsliga för sättningar men de kan påverkas av påhängslaster. Om golvet i en byggnad är grundlagt direkt på mark är det känsligare för en differentialsättning än om golvet är fribärande.

Projektnamn	Skapat av (Leverantör)	Godkänt datum	Rev Datum
Ostlänken	Pauline Meneust	2023-11-21	-
Ärendenummer	Granskat av (Leverantör)	Sidor	Version
TRV 2014/48912	Lovisa Hassellund	9(52)	_.6
	Godkänt av (Leverantör)		
	Henrik Tham		

De objekt som har grundvattenberoende grundläggning och finns inom påverkansområdet bedöms vara riskexponerade objekt.

4.3.2 Metodik

4.3.2.1 Grundvattensänkning

En bedömning av grundvattensänkningarnas storlek vid de potentiella riskexponerade objekten har gjorts som tar hänsyn till planerade skadeförebyggande åtgärder längs sträckan. Dessa åtgärder syftar till att minska grundvattensänkningens storlek i driftskedet, och består exempelvis av tråg eller förinjektering i tunnel. Se beskrivning av planerade skadeförebyggande åtgärder i *OLP4-04-025-42000-0_0-0022, Bilaga C Teknisk beskrivning vattenverksamhet 4.2*.

För varje område har noterats ifall grundvattensänkning förväntas enbart i anläggningens byggskede eller om den också förväntas under dess driftskede.

Vid de identifierade objekten har en känslighetsanalys gjorts för att utreda risken för skadliga sättningar för bedömd avsänkning vid berörda objekt. Känslighetsanalysen har bland annat utförts för olika grundvattensänkningar och olika tider.

Skadliga sättningar behöver inte uppkomma om åtgärder för att upprätthålla grundvattennivåer verkställs.

4.3.2.2 Sättningsberäkningar

Översiktliga sättningsberäkningar gjordes först vid grundvattenberoende byggnader och anläggningar för att bedöma sättningens storlek. En uppskattning av sättningarnas storlek med hänsyn till ökade effektivspänningar på grund av planerade grundvattensänkningar i jordlagren under objektet har utförts. De objekt där en skadlig sättning har räknats fram, har utretts vidare genom att ta fram noggrannare beräkningsparametrar.

Överslagsberäkningar har även utförts i ett inledande skede för att bedöma vilka konsekvenser en grundvattenavsänkning orsakad av en dränerad konstruktion skulle ge och därmed utreda behov av tät konstruktion för järnvägen. I detta skede sänkades det generellt undersökningar vid de berörda objekten avseende på deformationsegenskaper och överkonsolideringsgrad.

Kompletterande undersökningar för att få fram mer information om sättningsbenägen marks mäktighet och kompressionsegenskaper har utförts vid de objekt där en skadlig sättning har räknats fram, för att verifiera resultaten och kunna undvika kontroller för de objekt som står på mindre sättningsbenägen mark än antaget.

Noggrannare sättningsberäkningar har gjorts för att bedöma sättningens storlek vid grundvattenberoende byggnader och anläggningar. Sättningsberäkningar har utförts med beräkningsprogrammet Geosuite Settlement som tillhandahålls av Trimble, se *OLP4-04-025-42000-0_0-0027, PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning, Bilaga 1 Sättningsberäkningar*.

5 Styrande dokument

- Trafikverket 2014 Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner TK Geo 13 TDOK 2013:0667, version 2.0 för krav på total- och differentialsättningar för väg och järnväg.
- SGI 1993 Plattgrundläggning. ISBN 91-7332-662-3 för krav på differentialsättningar av grundläggningar.
- SGI 1993 Pålgrundläggning ISBN 91-7332-663-1 och Pålkommissionens Rapport 100 för påhängslaster på befintliga pålar.
- SGI rapport nummer 49 – Jordmaterialet silt för överslagsberäkning av sättningar i siltig jord m.m.

6 Underlag





























Vid inventeringen har följande underlag använts:

- Jordartskarta, SGU
- Byggnader, Lantmäteriet, 2016
- Byggnader, Lantmäteriet, 2022
- Sträckning E4, Lantmäteriet
- Sträckning Järnväg, Lantmäteriet
- Ledningsunderlag, Ledningsägare
- Resultatet av tidigare relevanta undersökningar framgår av systemhandlingens MUR, *OLP4-01-015-42000-0_0-0100, MUR (Markteknisk undersökningsrapport)*.
- *OLP4-17-025-40000-0_0-0002, PM Riskanalys avseende vibrationsalstrande arbeten*. Detta PM redovisar fastigheter som kommer att beröras av vibrationsalstrande arbeten i sådan grad att de behöver besiktas, samt att vibrationsnivåer behöver följas upp.
- Kompletterande fältundersökningar som utfördes sommaren/hösten 2021 framgår av *OLP4-50GT-025-42000-0_0-2200, MUR (Markteknisk undersökningsrapport)*.
- Kompletterande fältundersökningar som utfördes våren 2023 framgår av *OLP4-50GT-025-42000-0_0-2300, MUR (Markteknisk undersökningsrapport)*

Fältinventering och figurer är utförda utifrån fastighetskarta 2016. En översyn är gjord av samtliga byggnader i den nyare fastighetskartan från 2022, se *OLP4-04-025-42000-0_0-0037, PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning, Bilaga 2 Översikt över nya byggnader registrerade efter 2016* och *OLP4-04-025-42000-0_0-0038, PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning, Bilaga 3 Inventering av nya byggnader registrerade efter 2016*.

7 Resultat från utredning av påverkan från grundvattensänkningar

Längs järnvägslinjen finns det anläggningar och byggnader som riskerar att skadas vid grundvattensänkningar och dessa objekt har utretts med avseende på påverkan från temporära eller permanenta grundvattensänkningar. I föreliggande kapitel redovisas slutsatser av utredningen för alla objekt som har identifierats som potentiella riskexponerade objekt (E4, övriga vägar, befintlig järnväg, ledningar och byggnader). Utredningen gjordes enligt kapitel 4. Berörda objekt redovisas på kartor under förekommande underrubriker, med generell teckenförklaring för anläggning och jordartskarta enligt nedan.

Anläggning	Jordart		
 Delområdesgräns	 Mossetorv	 Postglacial grovlera	 Isälvs sediment
 Bro	 Kärrtorv	 Postglacial silt	 Isälvs sediment, sand
 Skärning	 Gyttja	 Postglacial finsand	 Isälvs sediment, grus
 Bank	 Svåmsediment, ler--silt	 Postglacial sand	 Sandig morän
 Tunnel/tunnelportal	 Gyttjelera (eller lerygttja)	 Svålsediment, grus	 Urberg
 Ny/ombyggd väg	 Postglacial finlera	 Glacial lera	 Fyllning
 Temporär omläggning E4	 Postglacial lera	 Glacial silt	 Vatten

Figur 1. Generell teckenförklaring för anläggning och jordartskarta.

De identifierade riskexponerade objekten (grundvattenberoende objekt som efter utredning bedöms kunna påverkas negativt av grundvattensänkningar) beskrivs ytterligare i *OLP4-04-025-42000-0_0-0021, Bilaga D.2 PM yt- och grundvatten 4.2*. Sättningsberäkningarna, som har tagits fram efter att ett resonemang har utförts vid varje objekt och som ligger till grund för de nedan angivna slutsatserna, redovisas i *OLP4-04-025-42000-0_0-0027, PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning, Bilaga 1 Sättningsberäkningar*.

Påverkansområdet i detta dokument hänvisar till påverkansområde med skadeförebyggande åtgärder för projekterad anläggning i bygg- och driftskede som beskrivs i dokument *OLP4-04-025-42000-0_0-0022, Bilaga C Teknisk beskrivning vattenverksamhet 4.2*.

7.1 Byggnader

7.1.1 Bedömd påverkan från grundvattensänkning

Grundvattensänkningars storleksordning vid byggnaderna har bedömts utifrån resultat från numeriska och analytiska beräkningar tillsammans med konceptuella tolkningar.

De flesta byggnaderna som kommer att påverkas av grundvattensänkningar vid aktuell delsträcka ligger på fast mark eller ytligt lera och har inte grundvattenberoende grundläggning. Några av de potentiella riskexponerade objekten ligger strax utanför påverkansområdet men har inkluderats för säkerhetsskull.

En känslighetsanalys av påverkan från sättningar vid olika grundvattensänkningar har utförts där det är relevant för att få information om vid vilken grundvattensänkning som skadliga sättningar uppstår. Skadliga sättningar kan uppstå i form av bland annat sprickor i konstruktioner och ej bibehållen funktion i markförlagda ledningar. Skadliga sättningar behöver inte uppkomma om åtgärder för att upprätthålla grundvattennivåer verkställts.

En känslighetsanalys av påverkan från sättningar vid olika jorddjup har gjorts där det inte finns fältundersökningar och där det är relevant.

En bedömning finns också om vilket tidsspänn som påverkan är aktuell för 2 år, 10 år eller 40 år, vilket motsvarar tid för byggskede, driftskede och ett mellansteg mellan dessa.

Om det finns risk för att sättningsrörelser uppkommer av en grundvattensänkning, så behöver ett kontrollprogram upprättas som innehåller till exempel inspektion av byggnaden, grundvattenmätning, sättningsmätning samt kontroller av tätskärms täthet vilket kan ske genom mätning av inläckage av vatten och/eller porttrycksförändringar utanför tätskärmen.

Skyddsinfiltration eller andra skyddsåtgärder kan användas i byggskedet om kontrollprogrammets larmvärden överskrids. Källare behöver dock beaktas med hänsyn till översvämningsrisk om skyddsåtgärder i form av skyddsinfiltration planeras i närheten.

7.1.2 Känslig grundläggning

Till byggnaders grundläggning som är känslig för vinkelförändringar till följd av differentialsättningar vid en grundvattensänkning, hör:

- Platta på mark
- Stensatt grund eller murad grund
- Plintar
- Grundläggning med olika grundläggningsmetoder för samma byggnad
- Okänd grundläggning.

Till byggnaders grundläggning som är känslig för en grundvattensänkning hör rustbädd av trä och träpålar till följd av risk för röta när de hamnar ovanför grundvattenytan.

PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning 4.2, Huvuddokument

Till byggnaders grundläggning som är känslig för påhängslaster från en grundvattensänkning hör pålning.

De byggnadsdelar som är mest känsliga för vinkelförändringar till följd av differentialsättningar vid en grundvattensänkning är:

- Golv på mark
- Glasverandor
- Stora glaspartier
- Putsade väggar.

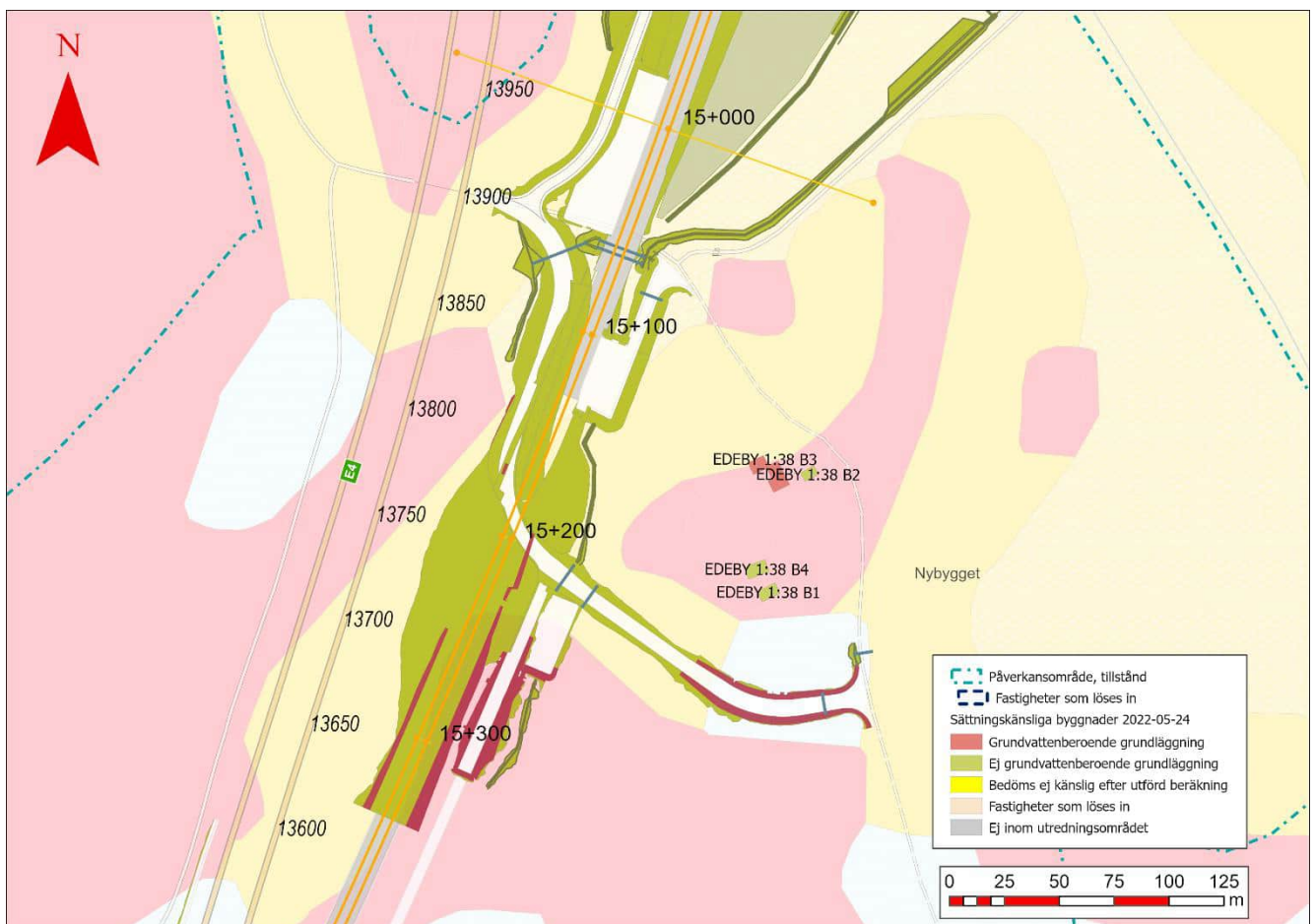
För tillåten vinkelförändring för byggnader har 1/500 valts, enligt plattgrundläggningshandboken.

7.1.3 Undergrund

Byggnader som har en känslig grundläggning och som riskerar att utsättas för påverkan från grundvattensänkningar och som ligger på sättningsbenägen mark, främst lera och silt, har studerats närmare.

7.1.4 Km 15+100–18+400 Tullgarnstunneln

7.1.4.1 Edeby 1:38, km 15



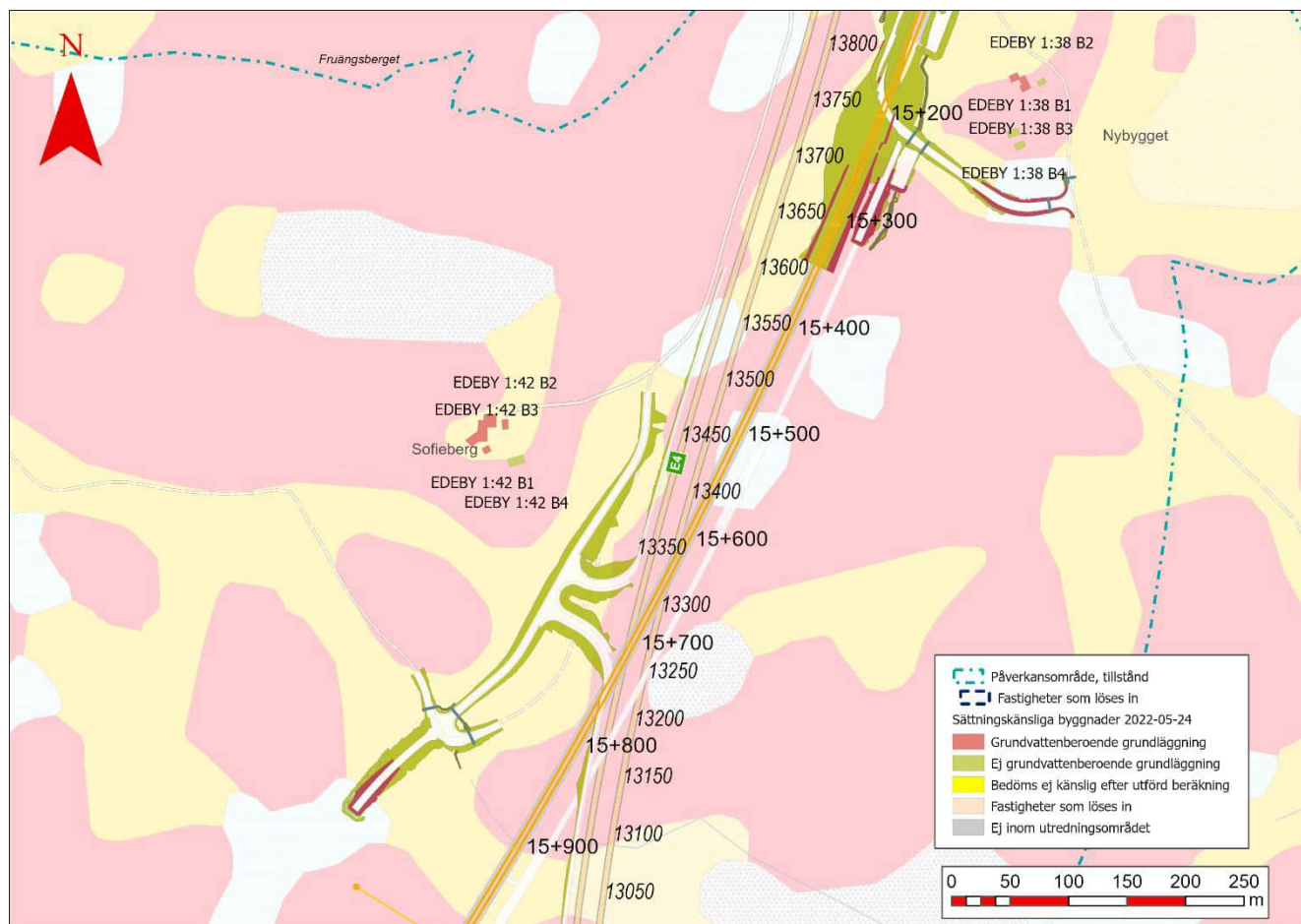
Figur 2. Edeby 1:38. © SGU, jordartskarta

Fastighet Edeby 1:38 ligger nära den norra skärningen mot tunnel under Tullgarn och ligger inom påverkansområdet för grundvattensänkningar, se Figur 2. En byggnad (bostadshus) ligger delvis på sättningsbenägen mark enligt SGU:s jordartskarta (B3).

Inmätning av berg i dagen från 2018 bekräftar att byggnad B4 ligger på berg.

Nivåkurvorna visar att byggnaderna ligger på en höjd på nivå +34 medan järnvägen ska dras i en dal som idag har nivå +26 (RH2000), vilket ger en höjdskillnad på 8 meter. En påverkan av grundvattennivån i dalen förväntas inte påverka byggnaderna uppe på höjden.

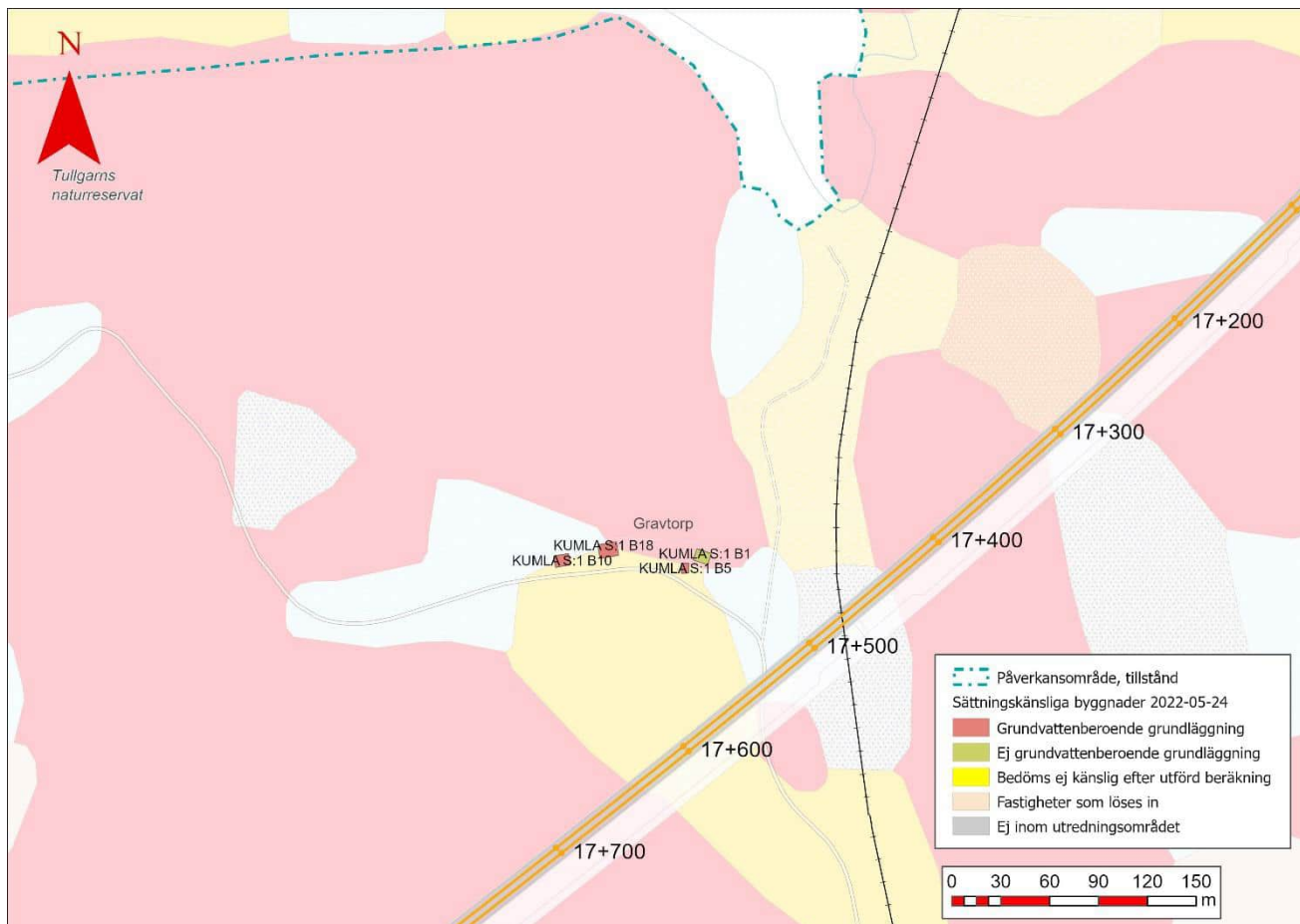
7.1.4.2 Edeby 1:42, km 15



Figur 3. Edeby 1:42. © SGU, jordartskarta

Byggnaderna ligger inom påverkansområdet för grundvattensänkningar. Grundvattensänkningarna kan vara både temporära och permanenta vid inläckage till Tullgarnstunneln. Byggnaderna ligger på lera enligt SGU:s jordartskarta. Lermäktigheten bedöms dock vara begränsad under byggnaderna på grund av närhet till berg. Inga känslighetsanalyser har gjorts för dessa byggnader.

7.1.4.3 Kumla S:1, km 17



Figur 4. Kumla S:1. © SGU, jordartskarta

Ostlänken går i bergtunnel under Tullgarn.

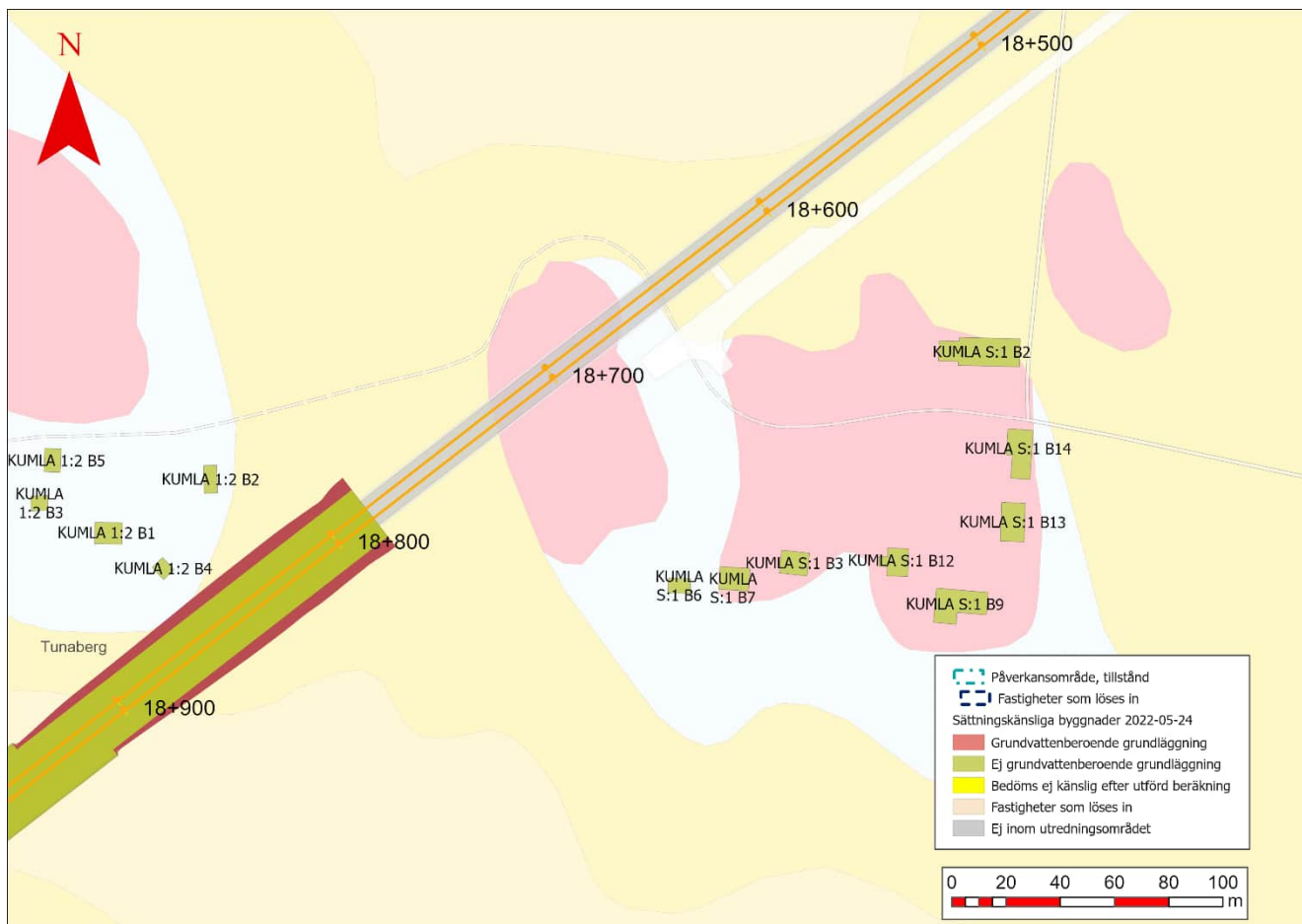
Byggnaderna ligger inom påverkansområdet för grundvattensänkning. Grundvattensänkningarna kan vara både temporära och permanenta vid inläckage till Tullgarnstunneln. Fältinventering 2021 visar att alla byggnader sannolikt ligger på fast mark. Utförda undersökningar 20–30 m söder om byggnaderna visar ca 2 m torrskorpelera ovan 0–1 m lera ovan 1–2 m sand på berg.

Byggnad B18 har ett kulturhistoriskt värde. Terrängen kring lämningen byggnaden befinner sig i beskrivs som sandig avsats med berg runt om.

Inga känslighetsanalyser har utförts för dessa byggnader.

7.1.5 Km 18+800–19+400 Norradikets dalgång

7.1.5.1 Kumla S:1, km 19



Figur 5. Kumla S:1. © SGU, jordartskarta

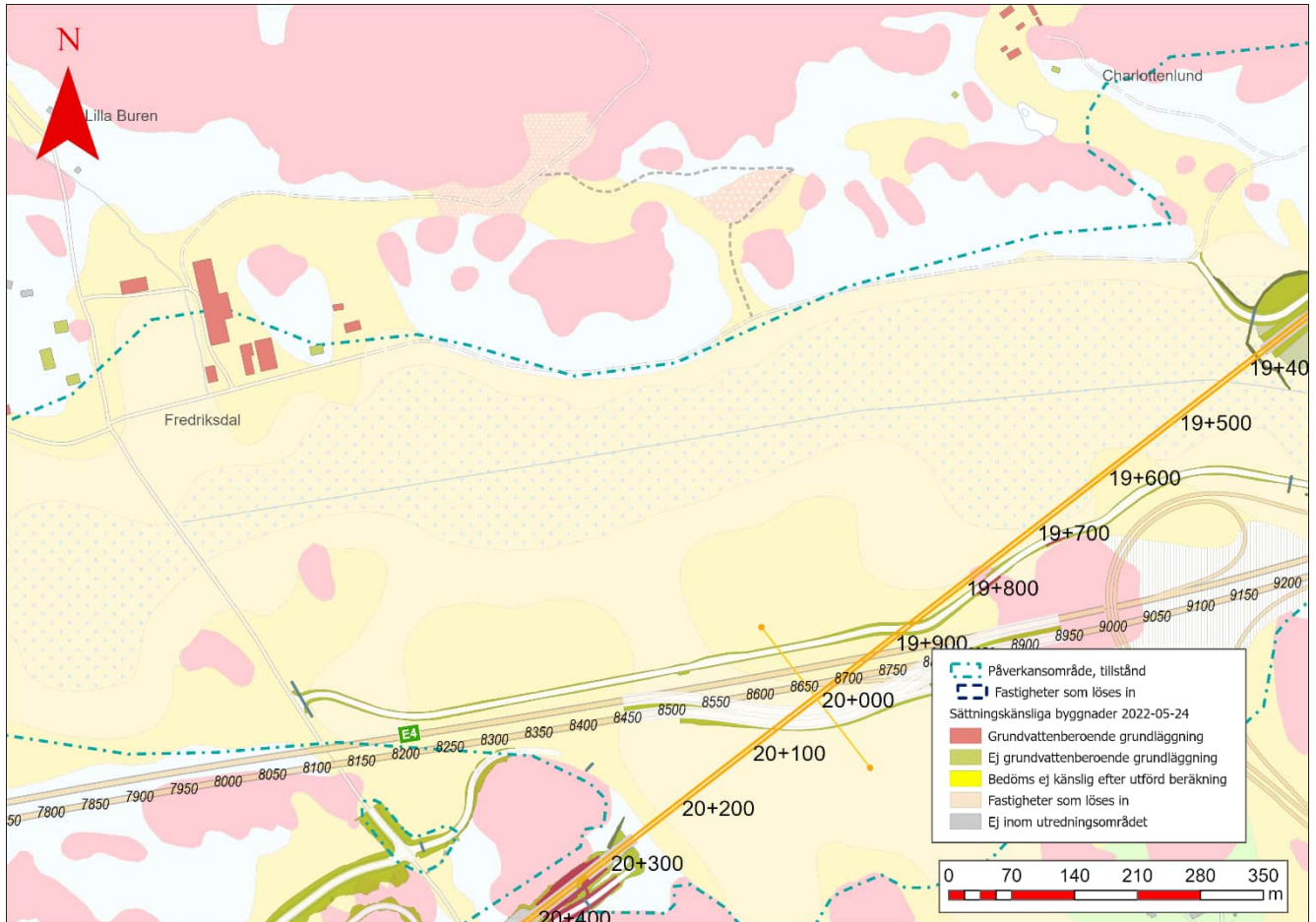
Ostlänken går i bergtunnel under Tullgarn.

Byggnad B2 har träväggar och plåtväggar. Byggnadens grundläggning består av delvis stensatt grund och delvis plintar ned till fast botten.

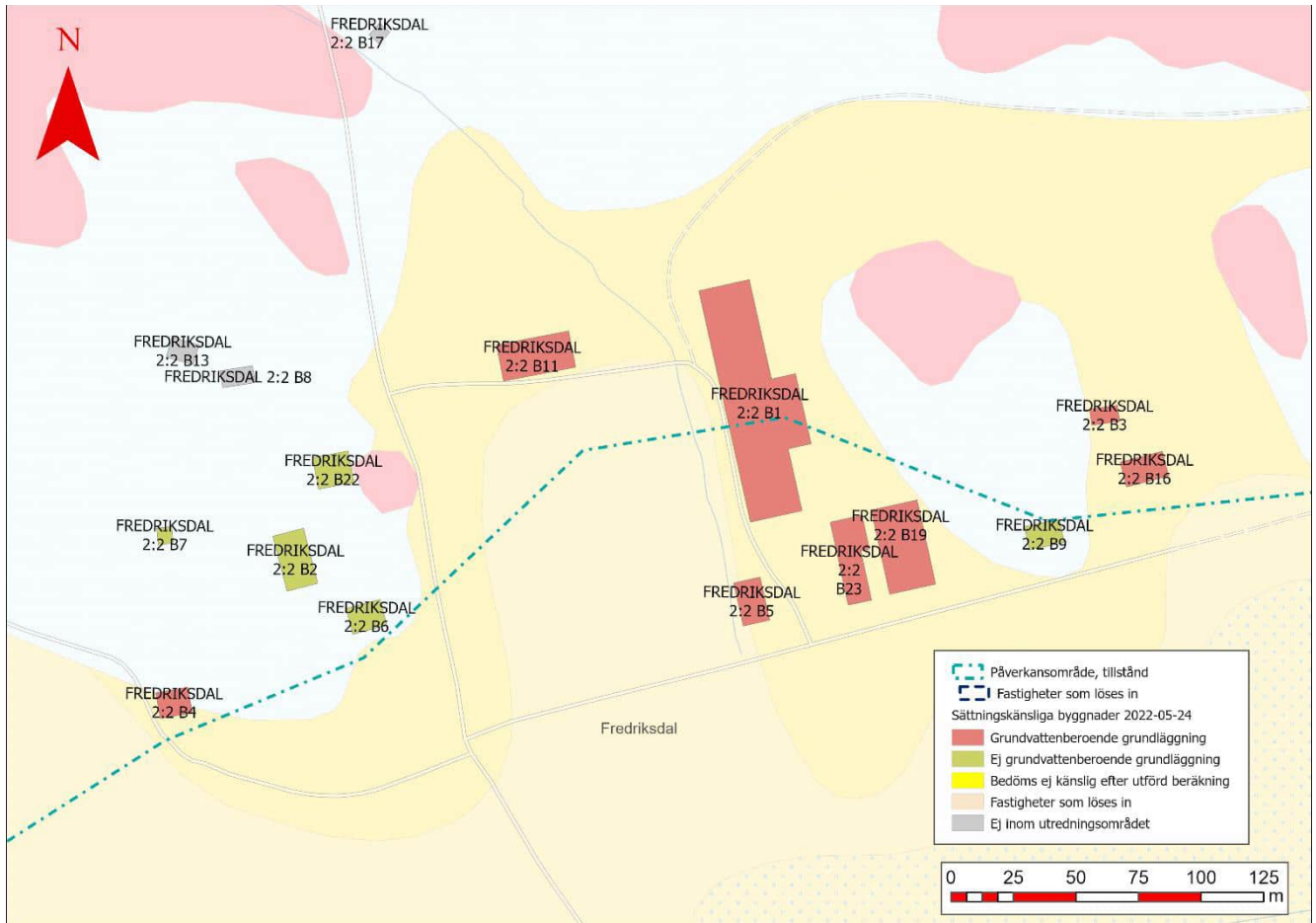
Markförhållandena från fältbesök bekräftar att byggnaden ligger på berg eller ytnära berg, vilket medför att en grundvattensänkning inte ger någon sättningspåverkan.

7.1.6 Km 19+400–20+500 Trafikplats Vagnhärad

7.1.6.1 Fredriksdal 2:2, km 20



Figur 6. Fredriksdal 2:2, norr om Noradikets dalgång. © SGU, jordartskarta



Figur 7. Fredriksdal 2:2. © SGU, jordartskarta

Järnvägsanläggningen går i tunnel och tråg fram till km 19+250, på bank från km 19+250 till 19+370 och därefter på bro, se Figur 6 och Figur 17. För att säkerställa att grundvattnet inte dräneras ner i Tullgarnstunneln har det södra tunnelpåslaget projekterats som en tät konstruktion av betongtråg och betongtunnel.

Byggnaderna vid fastighet Fredriksdal 2:2 ligger ca 650 m nordväst om järnvägslinjen (vid km 20+200) och mellan 1 200 och 1 500 m från tunnelmynningen. De kan dock påverkas av en temporär grundvattensänkning under byggtiden om inga skyddsåtgärder vidtas för tunneln och bron. De undersökningar som gjorts visar att Vagnhärads grundvattenmagasin är heterogent och påverkansområdet för grundvattensänkning är därför svårbedömt.

Åtta byggnader ligger på lös mark enligt SGU:s jordartskarta. Enligt fältbesök 2020 ligger byggnad B3 troligtvis på fast mark. Byggnad B16 har en källare vars fönster sticker upp 1 meter över markyta. Byggnad B23 har delvis byggts med trästomme på plintar.

Byggnad B1 är en stor ladugård. Den är grundlagd på en stensattmur och delvis gjuten betong. Det är oklart om det är platta inne i byggnaden. Byggnaden är delvis timrad. Det har observerats pågående eller avstannade sättningar för denna byggnad.

Byggnad B11 är grundlagd delvis på plintar på platta på mark och delvis på plintar på jordgolv eller makadambädd. Plintarna har börjat välta och man har stadgat upp dem med balkar och betong.

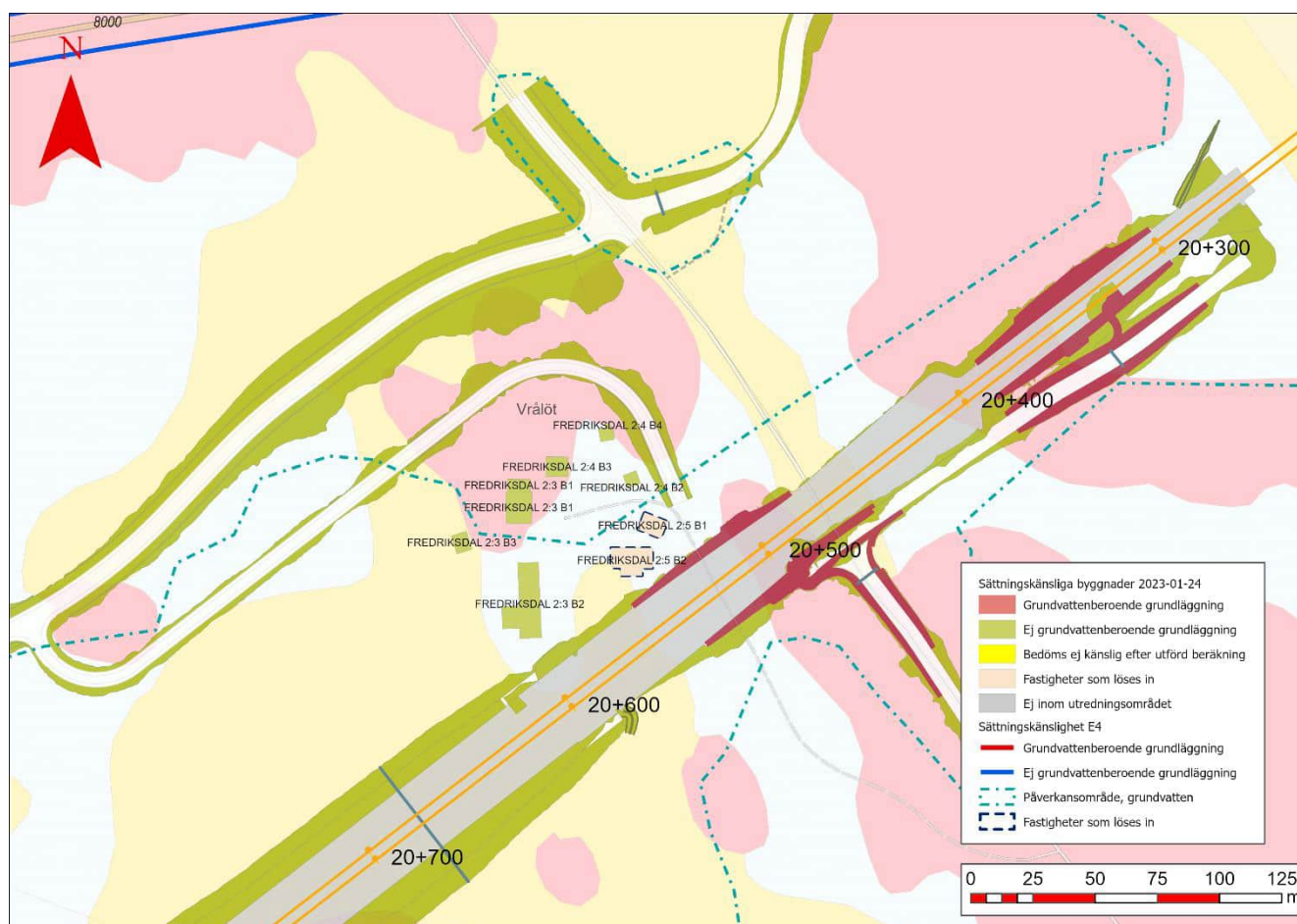
För geologiska och hydrogeologiska förutsättningar i området samt planerade skadeförebyggande åtgärder, se kapitel 7.3.3 och 7.3.4. Utförda fältundersökningar vid byggnaderna visar mellan 5 och 10 meter lera med silt och sandskikt ovan friktionsjord på berg. Lerparametrarna är bättre än mitt i dalgången. Leran betecknas som glacial lera enligt SGU:s jordartskarta. Den är överkonsoliderad enligt utförda laborieförsök. En

känslighetsanalys har utförts för olika grundvattensänkningar för dessa byggnader, se Bilaga 1. Bedömd avsänkning i området under byggtiden är ca 0,5 meter om inga skyddsåtgärder vidtas.

Differenssättningskravet överstigs ej vid 5 m lera, dvs. för byggnad B16, och upp till 2 m grundvattensänkning. Sättningar har observerats under byggnad B11 och ytterligare skadliga sättningar skulle kunna uppkomma från 0,5 m grundvattensänkning. För de andra byggnaderna överskrids differenssättningskravet från ca 1 m grundvattensänkning. Byggnaderna behöver ingå i ett kontrollprogram.

Befintlig grundläggning för E4 och framför allt grundläggning av ramperna till trafikplats Vagnhärad är känslig för grundvattensänkningar. Grundvattennivåerna kommer således att behöva behållas till en viss nivå vid E4. Planerade skyddsåtgärder för E4 medför att det inte blir någon grundvattensänkning vid byggnaderna. För planerade skyddsåtgärder i området, se OLP4-04-025-42000-0_0-0022, Bilaga C Teknisk beskrivning vattenverksamhet 4.2.

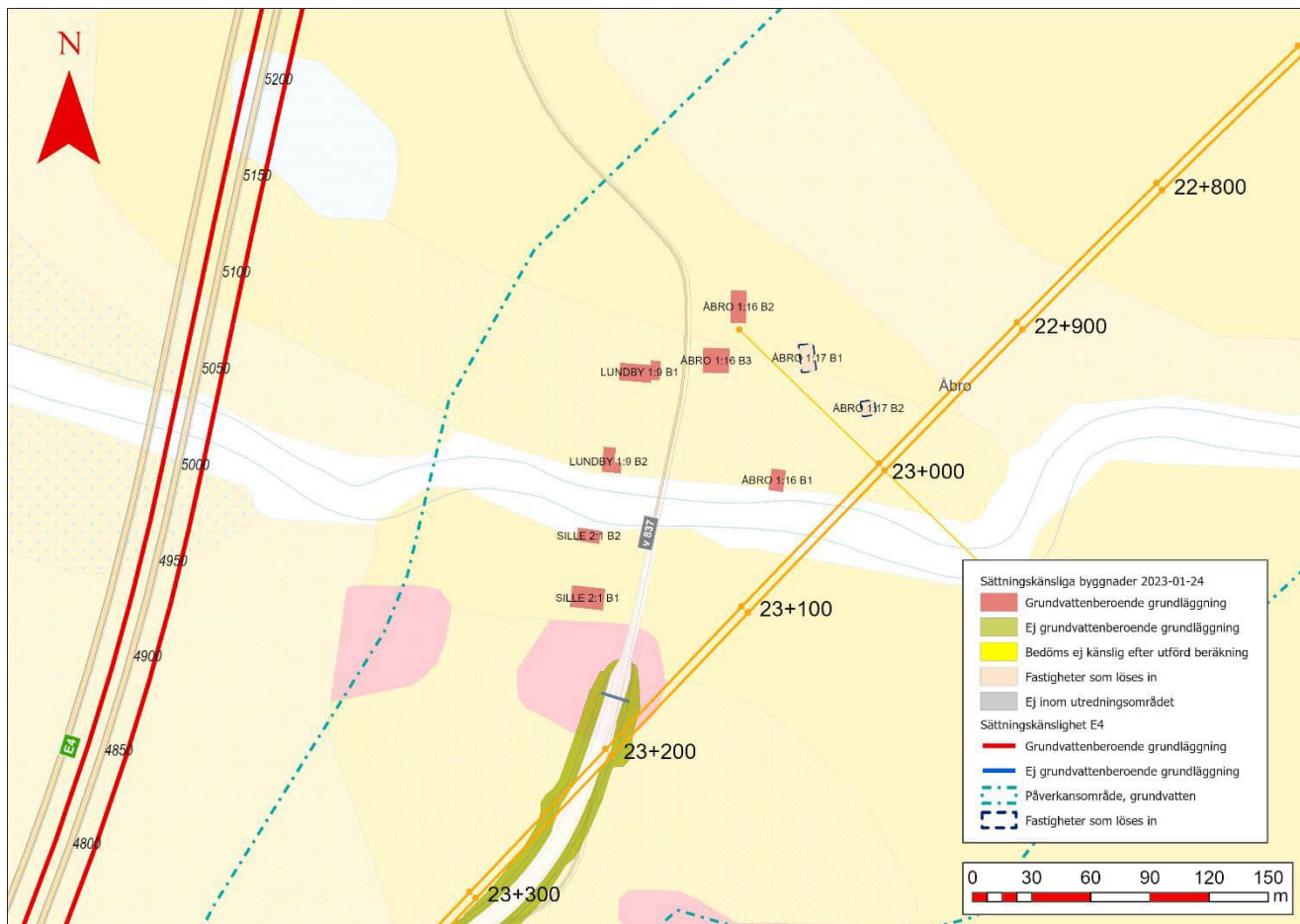
7.1.6.2 Fredriksdal 2:3, km 20



Figur 8. Fredriksdal 2:3. © SGU, jordartskarta

Byggnaderna ligger inom eller i närheten till påverkansområdet för grundvattensänkningar (temporära grundvattensänkningar på grund av tillfälliga schakter i närheten). En komplementbyggnad ligger på lera enligt SGU:s jordartskarta (Fredriksdal 2:3 B3). Fältinventering som utfördes 2021 visar att den ligger på fast mark som de andra byggnaderna av fastigheten. Inga känslighetsanalyser har gjorts för dessa byggnader.

7.1.7 Km 21+500–23+500, Trosaåns dalgång



Figur 9. Trosaåns dalgång. © SGU, jordartskarta

På sträckan går järnväg på bro mellan km 21+920 och 23+640 och passerar grundvattenmagasinet Tunsätter norra. Trosaån passerar vid km 23+050.

Grundvattenmagasin Tunsätter har huvudsaklig utbredning i nordvästlig-sydostlig riktning. Magasinet ligger i en större dalgång där landskapet mest består av betes- och jordbruksmark. Magasinet omgärdas i väster och öster av moränbeklädda höjdområden. Huvudsakligt grundvattenflöde sker i friktionsjorden och bedömd strömningsriktning är mot sydväst.

Tunsätter norra utgörs av ca 5 m mäktig friktionsjord/morän som ovanlagras av ett lerlager, ca 5–10 m. Leran ovan magasinet är av torrskorpekaraktär de översta 2–3 metrarna och övergår till varvig lera med ställvisa inslag av siltskikt och finsand. Vid aktuell delsträcka består jordlagret mest av varvig silt med lerskikt. Bergytans nivå varierar längs med sträckan. Jordartskarta och geotekniska sonderingar visar på att områden med berg i dagen och jorddjup på ca 10 m förekommer norr om Trosaån. Bergövertyans djupaste punkt sammanfaller med Trosaåns dalgång där den påträffats ca 17 m under markytan. Söder om Trosaån stiger bergytan igen och går i dagen, men sluttar kraftigt i sidled mot väster.

Vid passage av norra delen av magasinet ligger trycknivån i det undre magasinet ca 1–2,5 m under markytan. Närmast Trosaån ligger de högsta observerade grundvattennivåerna ca 0,5 m under markytan.

På delsträckan kan temporär grundvattensänkning i byggskedet uppkomma i samband med grundläggning av brostöd. Detta kommer ge upphov till ett påverkansområde i byggskedet som innefattar flera byggnader med grundvattenberoende grundläggning i Trosaåns dalgång.

Projektnamn	Skapat av (Leverantör)	Godkänt datum	Rev Datum
Ostlänken	Pauline Meneust	2023-11-21	-
Ärendenummer	Granskat av (Leverantör)	Sidor	Version
TRV 2014/48912	Lovisa Hassellund	20(52)	_.6
	Godkänt av (Leverantör)		
	Henrik Tham		

Få hydrogeologiska undersökningar har gjorts i Trosaåns dalgång och inga tester har utförts för att undersöka den hydrauliska konduktiviteten av friktionsjorden. Detta har lett till stora osäkerheter i bedömningen av påverkansområdet för grundvattensänkning. För planerade skyddsåtgärder, se *OLP4-04-025-42000-0_0-0022, Bilaga C Teknisk beskrivning vattenverksamhet 4.2*. Om friktionsjorden bedöms vara tätare i ett senare skede så kan påverkansområdet och omfattning av skyddsåtgärder komma att minska. Om senare undersökningar visar att jorden är väldigt genomsläpplig och inläckaget till schakter skulle bli väldigt stort kan schakterna behöva vara vattenfyllda vid utförandet. I sådana fall skulle omgivningspåverkan runt dessa schakter försvinna.

Flera geotekniska undersökningar har utförts vid Trosaån utmed spårlinjen. Några handhållna sonderingar (där åtkomst med borrhög ej var möjlig) har även kunnat utföras vid fastigheter väster om Lundbyvägen. Geologin varierar mellan silt och lera i området enligt SGU:s jordartskarta men utifrån utförda undersökningar nära ån bedöms byggnaderna ligga på siltig jord. Överslagsberäkning baserat på Janbus relation har utförts för olika grundvattensänkningar och olika siltmäktighet. Indata och resultaten av sättningsberäkningarna redovisas i Bilaga 1 och sammanfattas i avsnitten nedan.

7.1.7.1 Åbro 1:16, km 23

Sättningsanalys har utförts för de tre byggnaderna i Åbro 1:16, se Bilaga 1. Sättningskravet överskrids ej vid 4 m variation i siltmäktighet under en och samma byggnad och upp till 3,0 m grundvattensänkning. Vid 8 m variation i siltmäktighet kan skadliga sättningar uppkomma från ca 2 m grundvattensänkning med konservativt val av modul (jordens kompressionsegenskap som påverkar sättningarnas storlek), vilket bedöms kunna uppstå under byggnaden som ligger närmaste ån om ingen skyddsåtgärd vidtas för brostöd.

7.1.7.2 Åbro 1:17, km 23

Fastigheten planeras att lösas in. Sättningsanalys har ändå utförts för de två byggnaderna i Åbro 1:17, se Bilaga 1. Sättningskravet överskrids från ca 2 m grundvattensänkning vid 4 m variation i siltmäktighet under en och samma byggnad och ca 1,5 m grundvattensänkning vid 8 m variation i siltmäktighet för byggnaden som ligger närmaste ån med konservativt val av modul. Bostadshuset tål lite större sättningar. Den bedömda avsänkningen utan skyddsåtgärder för brostöd är ca 1 m vid bostadshuset och ca 2 m vid komplementbyggnaden vid Trosaån. Risk för skadliga sättningar finns för komplementbyggnaden om ingen skyddsåtgärd vidtas för brostöd.

7.1.7.3 Lundby 1:9, km 23

Sättningsanalys har utförts för de två byggnaderna i Lundby 1:9, se bilaga 1. Skadliga sättningar bedöms kunna uppkomma från ca 1 m grundvattensänkning, vilket är större än den bedömda avsänkningen vid denna fastighet även utan skyddsåtgärder för brostöd.

7.1.7.4 Sille 2:1, km 23

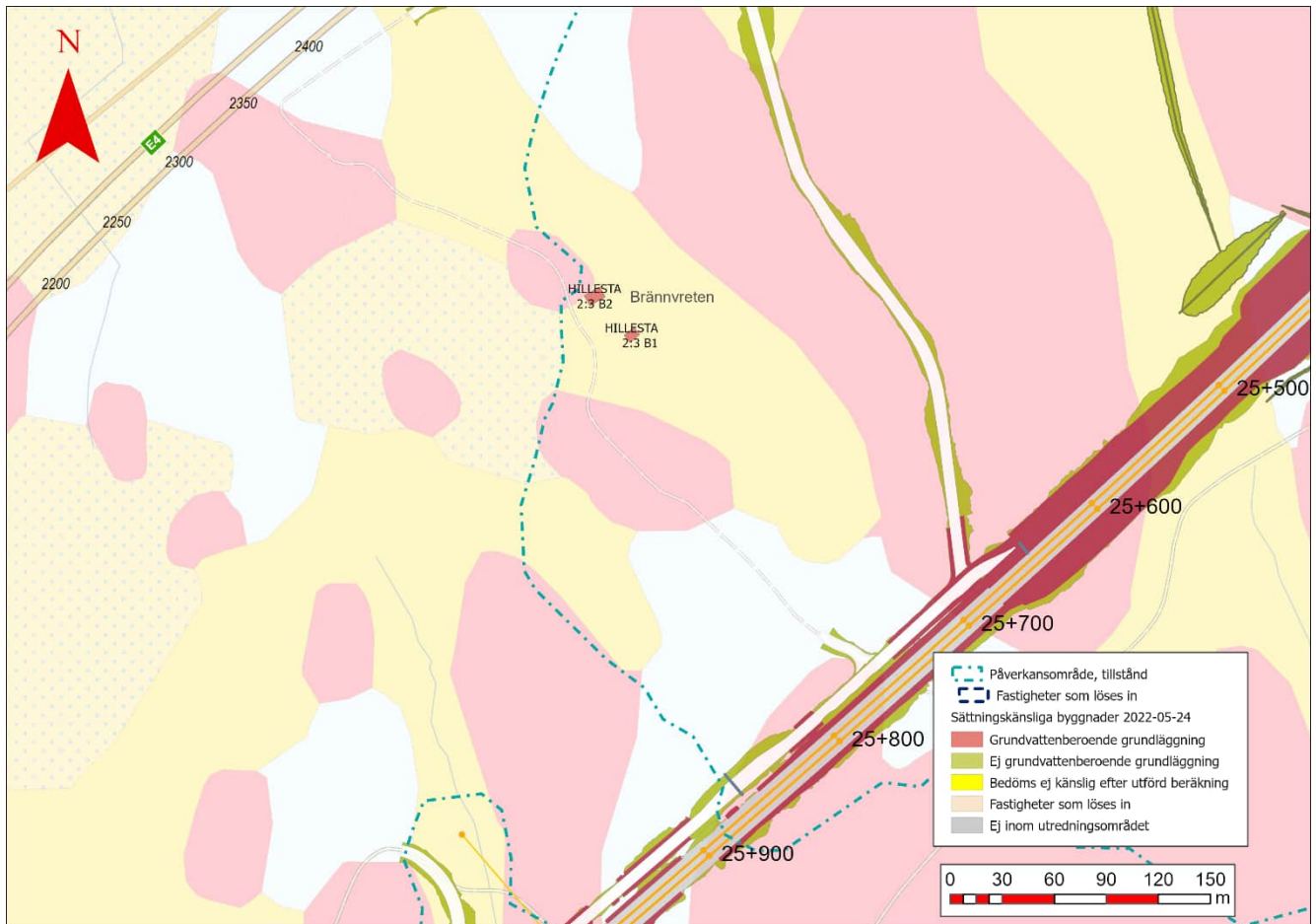
Berg i dagen finns söder om byggnad 2 som har källare.

Byggnad 1 är redan påverkad av sättningar.

Sättningsanalys har utförts för de två byggnaderna i Sille 2:1, se Bilaga 1. Skadliga sättningar bedöms kunna uppkomma från ca 2 m grundvattensänkning, vilket är större än den bedömda avsänkningen vid denna fastighet även utan skyddsåtgärder för brostöd.

7.1.8 Km 24+800–25+900, Hillestatunneln

7.1.8.1 Hillesta 2:3, km 25



Figur 10. Hillesta 2:3. © SGU, jordartskarta

Byggnaderna ligger inom påverkansområdet för grundvattensänkning (uppskattningsvis ca 0,5 till 1 m temporär grundvattensänkning bedöms kunna ske under byggnaderna i byggskedet). De ligger på lera enligt SGU:s jordartskarta. Fältbesök som utfördes 2020 visar dock berg i dagen i närheten. Bostadshus som ligger närmare inmätt berg i dagen är grundlagd på stenmurar. Inga skadliga sättningar bedöms kunna uppstå, eftersom lermåktigheten bedöms vara väldigt begränsad under denna byggnad. Andra byggnaden är en mindre komplementbyggnad som inte är känslig för sättningar. Inga känslighetsanalyser har utförts för dessa byggnader.

7.2 Ledningar

Styva ledningar till exempel tryckledningar och självfallsledningar till exempel vattenledningar och avloppsledningar är ofta långsträckta. Sättningar kan medföra att ledningar knäcks eller att fallet förändras. Speciellt sättningskänsliga delar på ledningarna är kammare, anslutningar och brunnar. Det antas att alla ledningar är grundlagda i mark och att inga förstärkningsåtgärder har vidtagits. Ledningar inom påverkansområdet och på sättningsbenägen mark bedöms som riskexponerade objekt, se dokument OLP4-04-025-42000-0_0-0028, *Ledningar med grundvattenberoende grundläggning*.

Flera ledningar ligger under sekretess, vilket är orsaken till att de inte kan fritt beskrivas i handlingar som kommer att bli offentliga. Alla ledningar har bedömts utifrån sättningskänslighet men för ledningar med en sekretessklassning framgår ledningens läge som ett intervall den kan ligga inom.

Projektnamn	Skapat av (Leverantör)	Godkänt datum	Rev Datum
Ostlänken	Pauline Meneust	2023-11-21	-
Ärendenummer	Granskat av (Leverantör)	Sidor	Version
TRV 2014/48912	Lovisa Hassellund	22(52)	_.6
	Godkänt av (Leverantör)		
	Henrik Tham		

Många ledningar kommer att läggas om i samband med järnvägsutbyggnaden vilket innebär att åtgärder kan vidtas för att minska risken för skadliga sättningar.

De flesta fastigheter har egna brunnar. Korta servisledningar från dem och andra servisledningar (avloppsledningar) kan vara känsliga för grundvattensänkningar. Sättningskraven på byggnader bedöms gälla även för dessa ledningar i de flesta fall.

7.3 Risksträckor E4

Byggnationen av E4 har gjorts i flera etapper under åren 1970–1980 och på vissa sträckor har vägen byggts om, grundförstärkts eller fått nya ytskikt, allt eftersom vägen har satt sig.

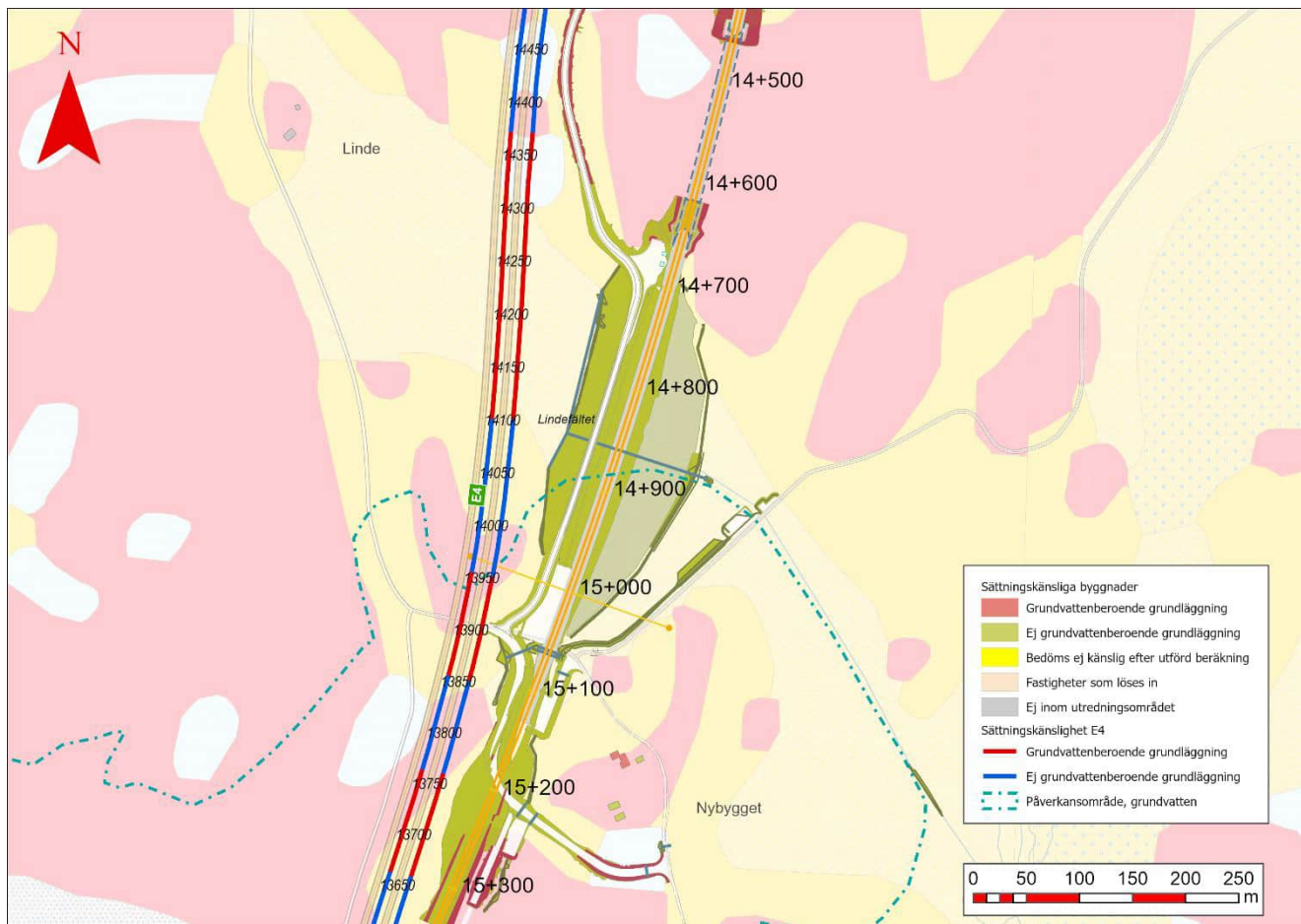
Vad gäller grundläggning av E4 så har inga relationshandlingar eller liknande påträffats, endast rekommendationer framtagna i samband med tidigare upprättad arbetsplan. Vilka grundläggningsmetoder som verkligen använts och kvaliteten samt funktionen hos grundläggningen för E4 är oklart. Denna osäkerhet beaktas vid tolkning av resultat och vid utredning av risk för skada samt behov av skyddsåtgärder.

E4 längdmätning i Arcgis, i modell och på kartmaterial är genererad utifrån befintliga ritningar från 1979 och kan visa mindre avvikelser mot den slutliga byggda längdmätningen av E4. Det medför att bedömningar av grundläggning baserat på arkivunderlag inte stämmer helt beträffande längdmätning.

Totalsättningskravet för nybyggd E4 är 0,3 m enligt TK Geo 13, kapitel 3.2.1. Inventerade sättningar i E4 ska beaktas.

Kravet på differentialsättning varierar med övergångszonens längd mellan olika grundförstärkningsmetoder och geotekniska förhållanden och redovisas under respektive kapitel. Generellt för E4 ska differenssättningar (cm) inte överskrida $0,43 \cdot \text{avstånd (m)}$ mellan olika förhållandena enligt TK Geo 13, kapitel 3.2.3.

7.3.1 Lindefältet, km 14+700–15+000



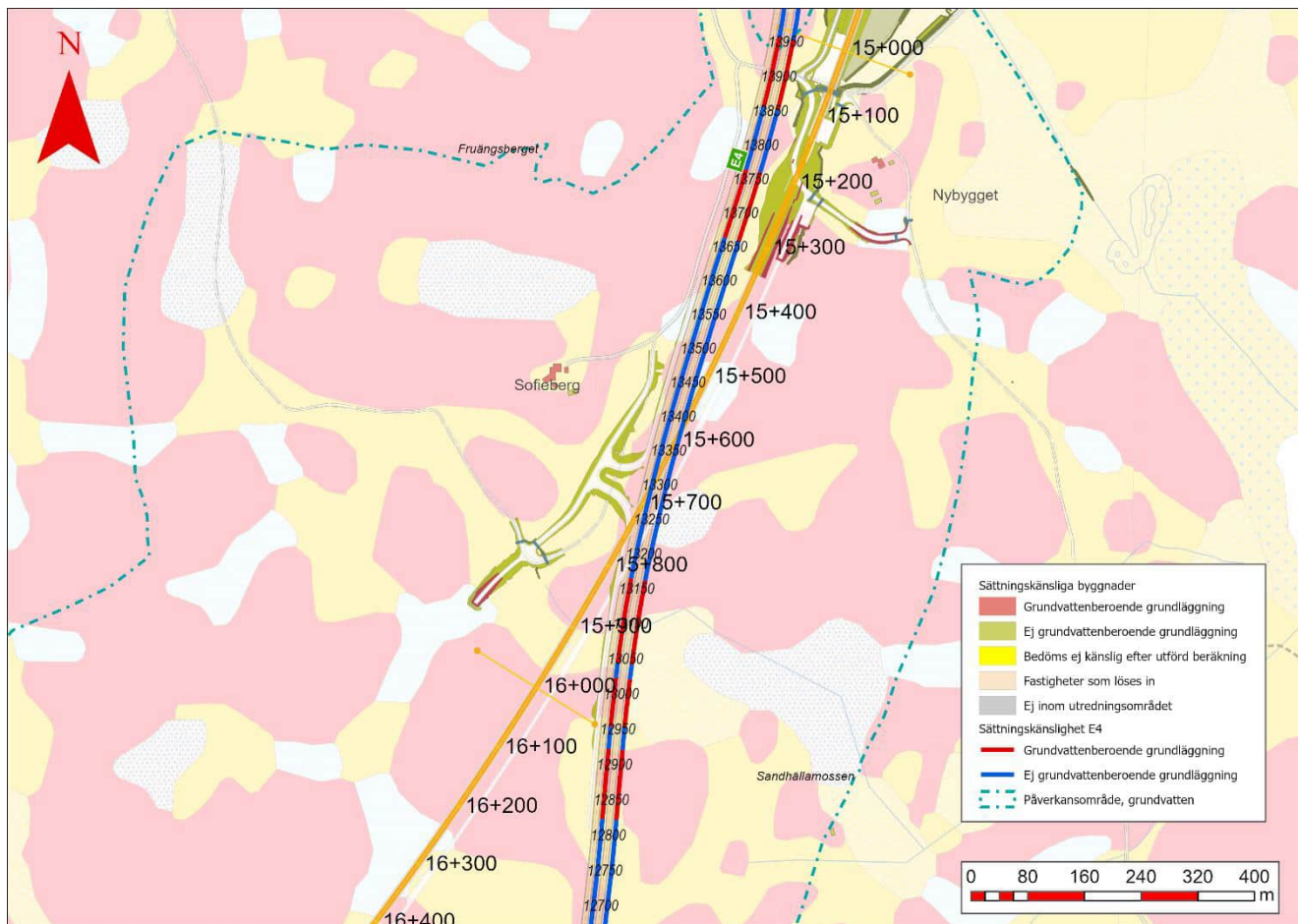
Figur 11. E4 vid Lindefältet, km 14+700–15+000. © SGU, jordartskarta

Över de norra delarna av Lindefältet går järnvägen på bank. Utskiftning har projekterats från km 14+660 och söder ut i anslutning mot projekterad KC-pelarförstärkning vid km 14+700 på en sträcka där lermåktigheten inte är tillräcklig stor för att utföra KC-pelare. Grundvatten kan behöva bortledas under en kort period medan arbeten med utskiftning pågår.

E4 vid del km 14+700–14+900 (E4 längdmätning 14/350–14/100) är troligtvis grundförstärkt med nedpressning och urgrävning med lera kvar under, vilket medför att E4 kan sätta sig på denna sträcka.

Påverkansområdena för utskiftningen samt inläckage till södra Edebytunnel når inte fram till E4 vid denna sträcka, vilket betyder att det inte blir någon grundvattensänkning där och inga sättningar kommer att uppkomma vid denna del av E4.

7.3.2 Tullgarnstunneln, km 15+000–18+400

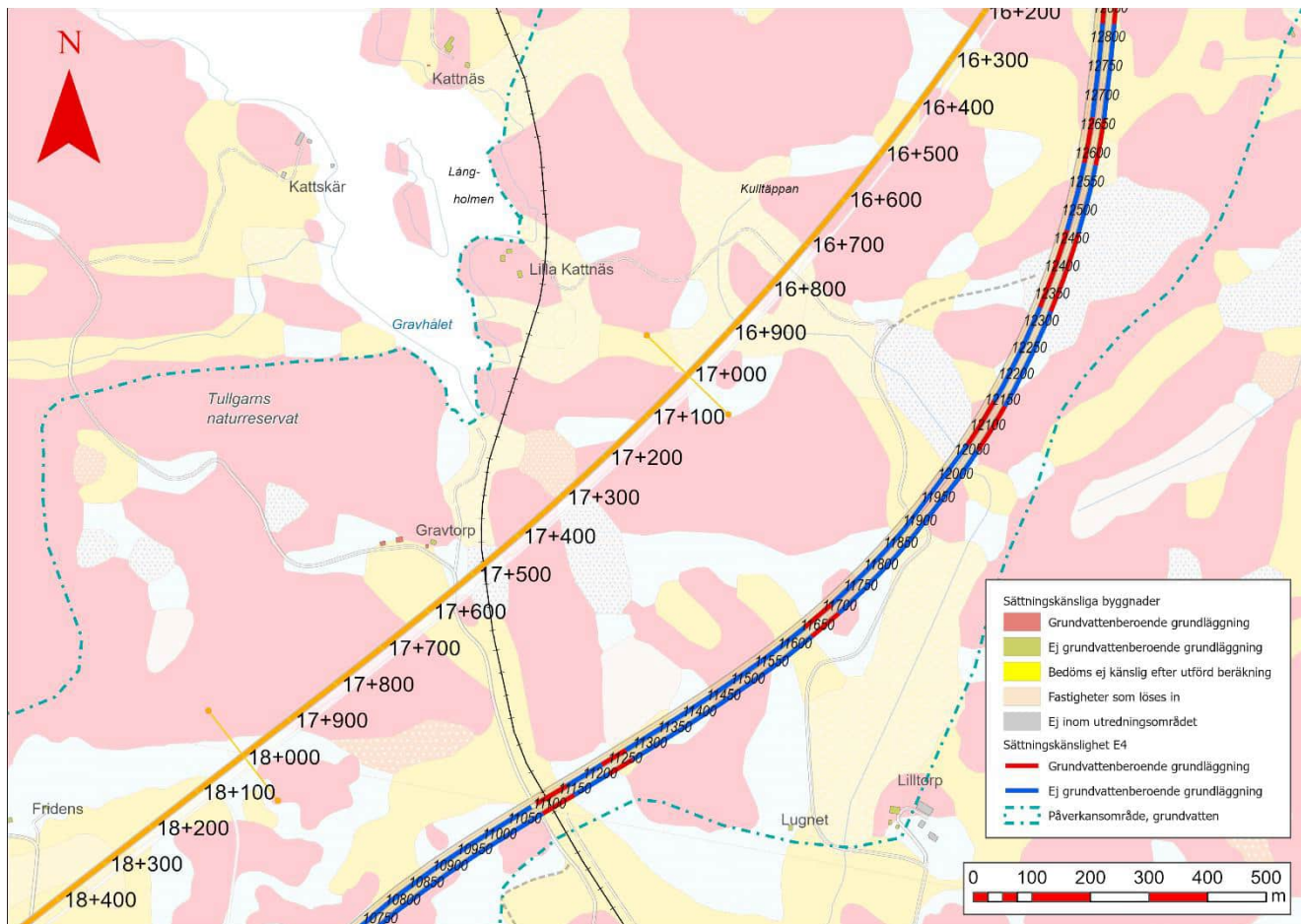


Figur 12. E4 vid norra Tullgarnstunneln, km 15+100–16+300. © SGU, jordartskarta

Järnvägsanläggningen kommer att gå i tunnel på denna sträcka. För att säkerställa att grundvattnet inte dräneras ner mot Tullgarnstunneln har det norra tunnelpåslaget projekterats som en tät konstruktion i form av betongtråg och betongtunnel. Tråget ligger mellan km 15+130 och km 15+182 där det övergår i betongtunnel.

På delsträckan kan temporär grundvattensänkning i byggskedet uppkomma i samband med schakt för norra tunnelportalen mellan km 15+000 och 15+400 (13/900–13/550 för E4) samt byggväg som ansluter till Tullgarnstunneln. Permanent grundvattensänkning på delsträckan antas uppkomma längs med Tullgarnstunneln och där en ersättningsväg går i skärning öster om järnvägen norr om Tullgarnstunneln.

E4 korsar spårlinjen söderut där järnvägen planeras gå i tunneln vid km 15+700 (13/300 för E4).



Figur 13. E4 vid Tullgarnstunneln, km 16+300–18+400. © SGU, jordartskarta

Sträckan längs med hela Tullgarnstunneln karakteriseras av ett kuperat skogslandskap med berg i dagen, eller berg under ett ytligt lager av morän. Längs sträckan förekommer svackor i berggrunden där moränmaktigheter ökar och där moränen bitvis är täckt av lerlager och områden med torv. Marknivå varierar mellan ca +20 och +65 och jorddjupen är sällan större än ca 10 m. Grundvatten i moränen antas vara i kontakt med omgivande morän som går i dagen. I undersökta svackor längs med sträckan har marknära grundvattennivåer uppmätts i moränen, periodvis förekommer även artesiska nivåer.

E4 löper ca 250 till 450 m söder om tunneln vid delsträcka km 16+300–18+400. Tunneldrivningen kommer medföra en permanent grundvattensänkning i jord och berg. Bergets genomsläpplighet är svårbedömd. Påverkansområdet når fram till E4 som ligger på lös mark vid flera kortare delsträckor som beskrivs i de nedanstående kapitlen. Delar av E4 med grundvattenberoende grundläggning vid aktuell sträcka redovisas på karta i dokument OLP4-04-025-42000-0_0-0040, Bilaga D.2.2 Yt- och grundvattenberoende objekt 4.2 som är en bilaga till Bilaga D.2 PM yt- och grundvatten 4.2 med dokumentnummer OLP4-04-025-42000-0_0-0021.

Riksarkivet förvaltar Trafikverkets geotekniska arkiv för Södermanlands län. Tidigare utförd geoteknik för E4 har hittats i volym F4BBA och omfattar bland annat handling Väg E4, Nyköping–Södertälje, delen D-Länsgräns–Järna tpl, Stockholms Län, Geoteknisk utredning för arbetsplan, Delutlåtande 3, SGI, 1979-01-18.

7.3.2.1 E4 lm 13/850–13/950 (OLP4 km 15+000–15+100)



Figur 14. E4 vid Tullgarnstunneln, lm 13/850–13/950. © SGU, jordartskarta

Påverkansområdet för uttag av processvatten för Tullgarnstunneln når E4 från ca lm 13/950.

Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar

Enligt arkivsonderingar påträffas lera endast vid lm 13/940–13/960. Lermäktigheten når 4 m under den östra vägbanken vid lm 13/940–13/950 och under den västra vägbanken vid lm 13/960. Det har inte utförts fältundersökningar vid denna del av E4 i systemhandlingskedet.

Grundläggning E4

E4 går på 5 till 8 m bank på denna sträcka. Urgrävning kan ha utförts. Inga rekommendationer hittades för bron över Sandhällavägen i de gamla handlingarna för E4 för aktuell delsträcka.

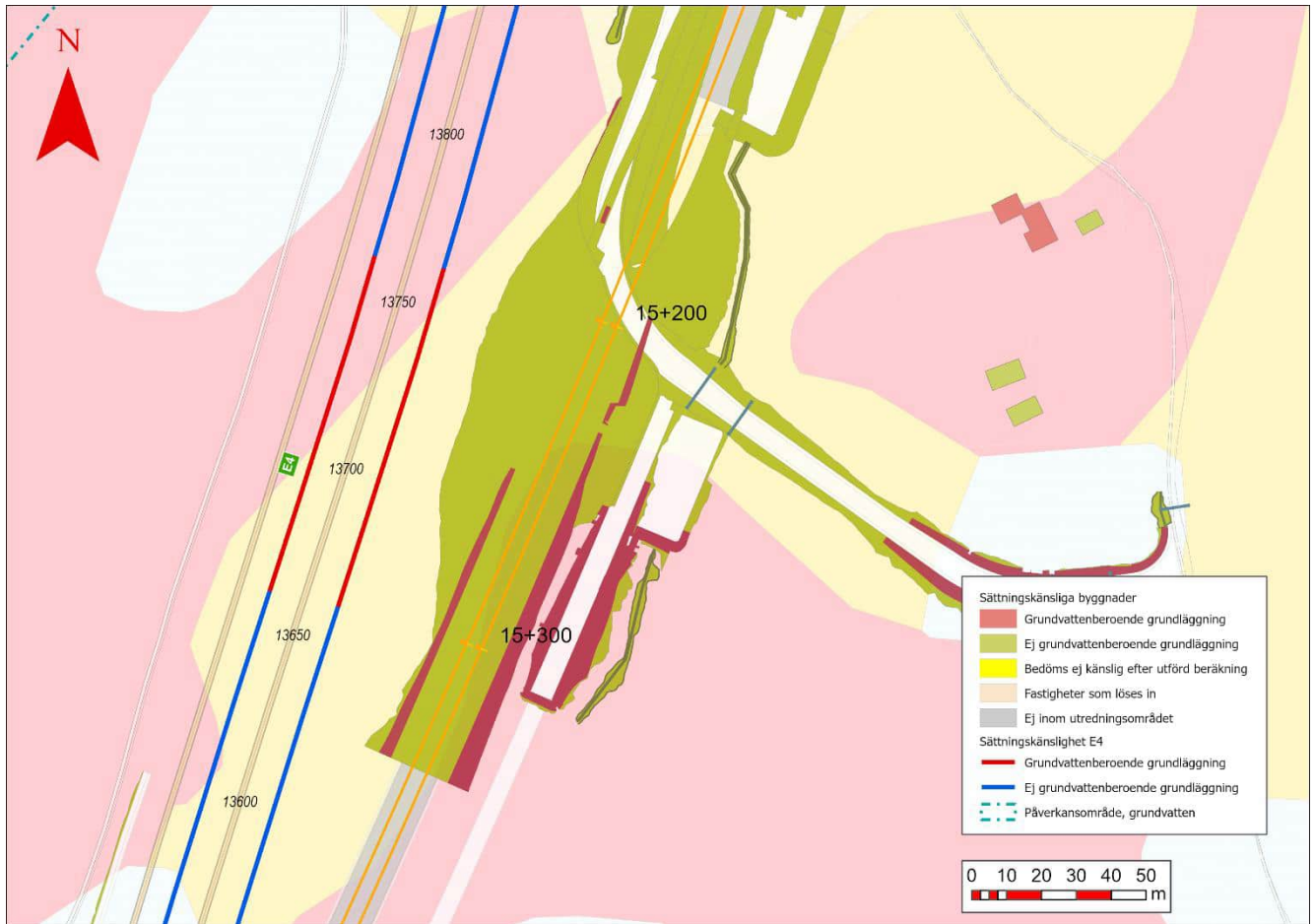
Bedömning av påverkan på E4

Aktuell delsträcka kan påverkas av temporära grundvattensänkningar vid uttag av processvatten för byggnation av tunneln (ca 0,5 till 1 m grundvattensänkning bedöms kunna uppstå vid bron över Sandhällavägen).

En känslighetsanalys har gjorts för E4. Sättningsberäkningar har utförts för 0,5 till 2 m grundvattensänkning. Bedömd avsänkning är ca 0,5 till 1 m. Resultaten redovisas i Bilaga 1. Beräknade sättningar är i storleksordning 2 till 3 cm för bedömda grundvattensänkningar om hänsyn tas till last från den befintliga banken.

Ett kontrollprogram kan behövas för att följa upp sättningar vid denna sträcka.

7.3.2.2 E4 lm 13/660–13/760 (OLP4 km 15+200–15+400)



Figur 15. E4 vid Tullgarnstunneln, lm 13/660–13/760. © SGU, jordartskarta

Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar

Gamla handlingar för E4 visar att mellan lm 14/000–13/000 består marken av ett antal bergshöjder med ett i regel tunt jordtäckte. Endast på ett par ställen uppgår jordtäckets djup till mer än 2 m.

Geotekniska undersökningar har utförts i E4 i systemhandlingsskedet. Undersökningar visar på fyllning ovan berg eller friktionsjord som innehåller block. Lera förekommer i några av sonderingspunkterna under fyllningen. Största uppmätta lermäktighet är ca 2 m.

Observerade grundvattennivåer i moränen under leran vid aktuell delsträcka visar på marknära eller svagt artesiska medelnivåer (ca 0,5 m under markytan till 0,3 m över markytan). Observationer visar även att periodvis förekommer grundvattennivåer närmare 1 m över markytan (ca km 13/750, 15G0017G).

Grundläggning E4

E4 går på 3 till 7 m bank på denna sträcka. Enligt PM från 1979 rekommenderades inga speciella åtgärder. På grund av de små mäktigheterna torde inte jordlagren komma vålla några problem ur schaktnings synpunkt.

Fältinventering gjordes år 2018. Inventeringen noterades tecken på undanträngda massor mellan lm 13/660 och 13/760. Sättningar har även inventerats vid lm 13/700 där lera finns kvar under vägen enligt utförda sonderingarna i systemhandlingsskedet. Det råder stor osäkerhet kring fyllningens kvalitet och det förekommer sannolikt stora jordvolymerna under bankfyllningen för E4 som inte förstärkts.

Bedömning av påverkan på E4

Temporär avsänkning i samband med schakt för norra tunnelportalen

Det finns relativt få undersökningspunkter vid norra tunnelpåslaget och bergytan och jordlagren varierar kraftigt längs sträckningen. Grundvattensänkning som kommer ske i samband med byggnation av betongtunneln styr beräknade avsänkningar i området. Ingen sättningsberäkning har utförts för aktuell vattenverksamhet.

För planerade skyddsåtgärder i området, se *OLP4-04-025-42000-0_0-0022, Bilaga C Teknisk beskrivning vattenverksamhet 4.2.*

Permanent avsänkning i samband med inläckage till Tullgarnstunneln

En känslighetsanalys har gjorts för E4 där lera finns kvar under vägen vid lm 13/700. Sättningsberäkningar utfördes för 1 till 2 m grundvattensänkning. Bedömd avsänkning är 2 m, dvs. avsänkning till bergöverytan. Resultaten redovisas i Bilaga 1. Vid lm 13/700 (ca km 15+300 för järnvägen) överskrids ej differenssättningskravet vid bedömd avsänkning om hänsyn tas till last från den befintliga banken.

För planerade skyddsåtgärder i området, se *OLP4-04-025-42000-0_0-0022, Bilaga C Teknisk beskrivning vattenverksamhet 4.2.*

Ett kontrollprogram kan behövas för att följa upp sättningar vid denna sträcka.

7.3.2.3 E4 lm 13/220–13/360 (OLP4 km 15+600–15+800)

E4 går på 4 till 8 m bank på denna sträcka. Tidigare utförda undersökningar för E4 visar blockig morän på berg. Denna del av E4 är ej känslig för grundvattensänkningar.

7.3.2.4 E4 lm 13/040–13/160 (OLP4 ca km 15+900)

Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar

Gamla handlingar för E4 visar att mellan lm 14/000–13/000 består marken av ett antal bergshöjder med ett i regel tunt jordtäckte. Endast på ett par ställen uppgår jordtäcket djup till mer än 2 m.

Geotekniska undersökningar i form av jordberg-sonderingar har utförts i E4 i systemhandlingsskedet. Undersökningar visar på fyllning ovan berg eller friktionsjord. Det är osäkert om lera förekommer under fyllningen i dessa sonderingar och därför har kompletterande undersökningar utförts under våren 2023. I de nya utförda undersökningarna påträffades ca 4,5 m torrskorpelera eller lera med stark torrskorpekaraktär under ca 4 m fyllning, som underlagras av friktionsjord på berg. Grundvattennivån ligger i underkant torrskorpepera, vilket motsvarar ungefär samma nivå som omgivande markyta.

Grundläggning E4

E4 går på upp till 8 m bank. Gamla ritningar tillhörande byggnation av E4 under 1970 och 1980-talet visar att det kan ha utförts urgrävning på denna sträcka.

Bedömning av påverkan på E4

E4 ligger ca 30 m öster om spårlinjen vid aktuell delsträcka, vilket betyder att grundvattenavsänkningen under E4 på grund av inläckage till tunneln kan vara stor (ner till bergöverytan). Enligt utförda undersökningar ligger grundvattennivån i friktionsjorden. Delsträckan är ej känslig för grundvattensänkningar.

7.3.2.5 E4 lm 12/950–13/020 (OLP4 ca km 16+000) och lm 12/820–12/920 (OLP4 ca km 16+100)

Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar

Geotekniska sonderingar har utförts vid E4 i systemhandlingsskedet och under våren 2023. Sonderingarna visar på fyllning på lera ovan friktionsjord på berg. Största uppmätta lermäktighet bedöms vara ca 6 m. Under

Projektnamn	Skapat av (Leverantör)	Godkänt datum	Rev Datum
Ostlänken	Pauline Meneust	2023-11-21	-
Ärendenummer	Granskat av (Leverantör)	Sidor	Version
TRV 2014/48912	Lovisa Hassellund	29(52)	_.6
	Godkänt av (Leverantör)		
	Henrik Tham		

fyllningen påträffades ca 2 m torrskorpelera. Grundvattennivån i området ligger i fyllningen, ca 1 m under markytan.

Grundläggning E4

E4 går på upp till 3,5 m bank vid lm 12/950–13/020 och på ca 1 m bank vid lm 12/820–12/920. Inga rekommendationer hittades i de gamla PM från 1979 för E4 för aktuell delsträcka.

Bedömning av påverkan på E4

E4 ligger ca 80 m öster om spårlinjen vid lm 12/950–13/020 och korsar ett bergsområde med sprickzoner. Grundvattennivåerna bedöms kunna sänkas till bergöverytan under både bygg- och driftskedet.

E4 ligger ca 130 m öster om spårlinjen vid lm 12/820–12/920. Grundvattensänkningarna bedöms begränsas till 0–2 m vid aktuell delsträcka.

En känslighetsanalys har gjorts för sträckan där största lermäktighet har påträffats vid ca lm 12/840 (det går inte att utesluta att större lermäktigheter förekommer i området). Sättningsberäkningar har utförts för 0,5 till 6 m grundvattensänkning för lm 12/950–13/020 och för 0,5 till 2 m grundvattensänkning för lm 12/820–12/920. Resultaten redovisas i Bilaga 1. Vid aktuell längdmätning överskrider ej differenssättningskravet vid bedömd avsänkning om hänsyn tas till last från den befintliga banken. Ett kontrollprogram kan behövas för att följa upp sättningar och grundvattennivåer vid denna sträcka.

7.3.2.6 E4 lm 12/580–12/660 (OLP4 ca km 16+400)

Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar

Inga undersökningar har utförts för E4 i systemhandlingsskedet. Enligt viktsonderingar hämtade från arkivsonderingar från byggnation av E4 framgår att det översta 0,5 m utgörs av lös jord, sannolikt består den av torv eller gyttja. Under den finns maximalt 8 m varvig lera. De översta 1,5–2 m är utbildad som torrskorpa. Leran underlagras av friktionsjord.

Grundläggning E4

Maximal bankhöjd på sträckan är 3,6 m. Enligt PM från 1978 samt ritningar uppdaterade 1979/1980 behövs åtgärder med avseende på stabilitet och sättningar. Urgrävning av löst material och större delen av leran på vägen och ersättning med friktionsmaterial kan ha utförts. Nedpressning och överlast har även nämnts som möjlig förstärkningsmetod.

Bedömning av påverkan på E4

E4 ligger ca 230 m öster om spårlinjen vid aktuell delsträcka. Förstärkningsåtgärder har sannolikt utförts för vägbanken. Om urgrävning av all lera med återfyllning av friktionsmaterial under vägen har skett, medför detta att vägen inte är känslig för grundvattensänkningar på denna sträcka. Principen för markförstärkningsmetoden nedpressning är att större och mindre block (sannolikt från bergskärningen norr om området) har fyllts ut och pressats ned i kohesionsjorden. På så sätt har det skapats ett tillräckligt bärkraftigt underlag för grundläggning av vägbanken.

Bedömd avsänkning är 1–3 m på denna sträcka. Det är osäkert hur mycket lera som finns kvar under vägbanken eller i de nedpressade massorna om nedpressning har utförts. Lerparametrarna kan variera mycket vid nedpressning och är svårbedömda. På grund av dessa osäkerheter kan risken för både totalsättningar och differentialsättningar inte uteslutas vid aktuell delsträcka. Ett grundvattenrör har installerats vid E4:s släntfot som kommer att behöva mätas under byggtiden för att följa upp grundvattennivåerna. Ett kontrollprogram kan behövas för att följa upp sättningar.

Projektnamn	Skapat av (Leverantör)	Godkänt datum	Rev Datum
Ostlänken	Pauline Meneust	2023-11-21	-
Ärendenummer	Granskat av (Leverantör)	Sidor	Version
TRV 2014/48912	Lovisa Hassellund	30(52)	_.6
	Godkänt av (Leverantör)		
	Henrik Tham		

7.3.2.7 E4 Im 12/320–12/460 (OLP4 ca km 16+600)

Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar

Inga undersökningar har utförts för E4 i systemhandlingsskedet. Enligt tidigare utförda undersökningar för E4 utgörs jorden överst av 5–5,5 m låg eller högförmultnad torv med inslag av gyttja. Därunder återfinns maximalt 1–4 m lös till halvfast varvig lera. Leran underlagras av friktionsjord.

Vid utredning av olika spårinjer för Ostlänken i systemhandlingsskedet har 4 st. CPT-sonderingar utförts ca 50 m öster om E4 i samma geologiska formation enligt SGU:s jordartskarta. Sonderingarna visar 7 till 13 m lösa jordlager. Där lägst skjuvhållfasthet har påträffats i de översta 5 metrarna. Utvärdering av dessa CPT-sonderingar redovisas i MUR, *OLP4-01-015-42000-0_0-0100, MUR (Markteknisk undersökningsrapport)*.

Grundläggning E4

Maximal bankhöjd på sträckan är 2,2 m. Enligt PM från 1978 samt ritningar uppdaterade 1979/1980 behövs åtgärder med avseende på stabilitet och sättningar. Urgrävning av lös jord och återfyllning med sprängsten rekommenderades. Slutsättningen förväntades maximalt uppgå till 40 cm och slutsättningen skulle ha uppnåtts efter 20 år. Tidig utläggning av bank har sannolikt gjorts.

Kompletterande undersökningar har utförts under våren 2023 för att utreda vilka åtgärder som faktiskt har utförts för E4 vid aktuell delsträcka. Sonderingarna visar 4,5 till 9 m fyllning ovan 1 till 2 m lösare jord på friktionsjord på berg. Där fyllningen begränsas till 4,5 m har skruvprovtagning kunnat utföras som visar att den lösa jorden utgörs av lågförmultnad torv.

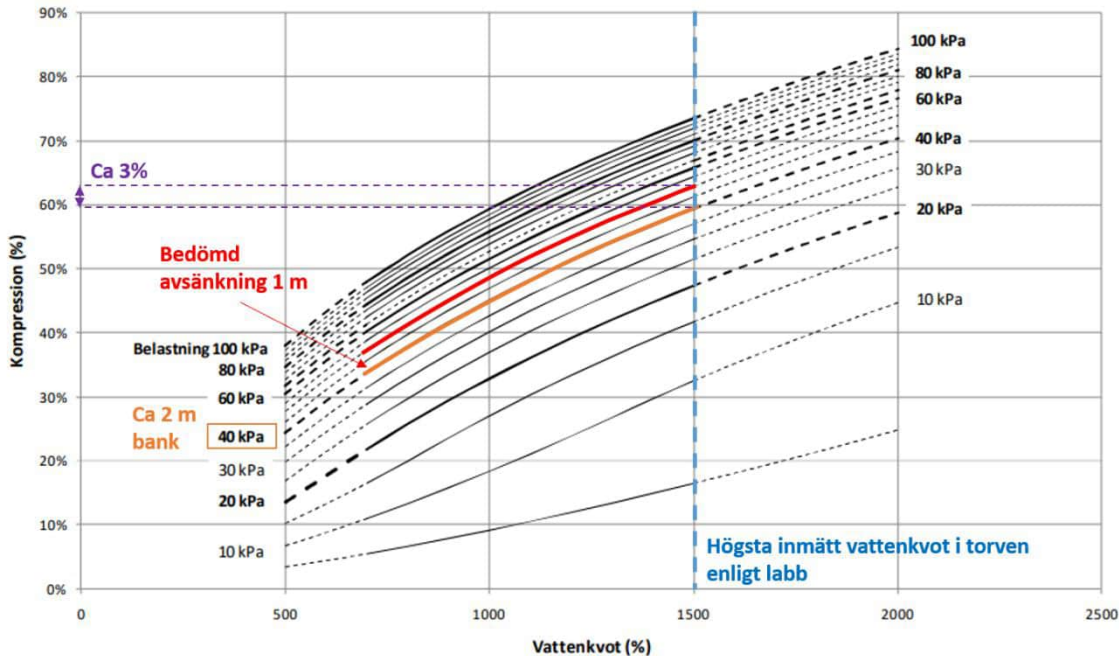
Det finns inventerade sättningar i den södra delen av delsträckan där ca 9 m fyllning har påträffats i nu utförda undersökningar.

Bedömning av påverkan på E4

E4 ligger ca 320 m öster om spårinjen vid aktuell delsträcka. Tack vare avståndet till planerad tunnel och tillskottsvatten från närbelägna höjdområden bedöms eventuella grundvattensänkningar begränsas till 1 m under denna sträcka av E4. Enligt närliggande grundvattenrör ligger medelgrundvattennivån 2 till 2,5 m under markytan i fyllningen. Med bedömd avsänkning hamnar grundvattennivån fortfarande ovan torvöverytan, vilket betyder att torven inte blir utsatt för syre och risk att ruttna. Detta begränsar risken för sättningar vid aktuell delsträcka. Gällande den tillkommande lasten som kopplas till bedömd avsänkning har figur 19.1-2 i TR Geo använts för att bedöma sättningarnas storleksordning, se Figur 16 nedan. En kompression på ca 3% på 2 m torv medför sättningar på ca 6 cm, vilket ej överskrider sättningskravet.

Torv: Samband mellan deformation mot vattenkvot

Gäller för låg- och mellanförmultnad torv



Figur 16. Bedömning av deformation i torven med bedömd avsänkning enligt figur 19.1-2 i TR Geo 13.

Ett kontrollprogram kan behövas för att följa upp sättningar och grundvattennivåer vid denna sträcka och framför allt i närhet av de redan inventerade sättningarna.

7.3.2.8 E4 Im 12/050–12/140 (OLP4 ca km 16+900)

Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar

Inga undersökningar har utförts i E4 i systemhandlingsskedet. Enligt tidigare utförda undersökningar för E4 utgörs jorden överst av 2–2,5 m högförmultnad torv och gyttja. Därunder återfinns maximalt 4 m lös till halvfast lera med siltskikt. Största sonderingsdjup är 10,5 m.

Grundläggning E4

Maximal bankhöjd på sträckan är 5,5 m. Enligt PM från 1978 samt ritningar uppdaterade 1979/1980 behövs åtgärder med avseende på stabilitet och sättningar. Urgrävning av lös jord och återfyllning med friktionsmaterial rekommenderades.

Kompletterande undersökningar har utförts under våren 2023 för att utreda vilka åtgärder som faktiskt har gjorts för E4 vid aktuell delsträcka. Sonderingen visar ca 3,6 m fyllning ovan någon meter torrskorpelera på friktionsjord på berg. Ett lösare parti har upptäckts i friktionsjorden mellan 8 och 12 m under markytan. Inga prover har kunnat tagits upp på denna nivå på grund av lagrets djup under markytan. En viktsondering har dock kunnat utföras som visar att lagret inte är sättningsbenägen.

Det finns inventerade sättningar vid aktuell delsträcka.

Bedömning av påverkan på E4

E4 ligger ca 380 m sydöst om spårinjen vid aktuell delsträcka. Inmätt grundvattennivå i närliggande grundvattenrör ligger vid ca 5 m under markytan. Bedömd avsänkning är 1–2 m. Enligt utförd sondering finns det ingen sättningsbenägen jord under vägbanken längre. Jordlagerföljden kan dock variera något vid delsträckan. Ett kontrollprogram kan behövas för att följa upp sättningar och grundvattennivåer vid denna sträcka och framför allt i närhet av de redan inventerade sättningarna.

7.3.2.9 E4 Im 11/870–11/940 (OLP4 ca km 17+000)

Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar

Inga undersökningar har utförts för E4 i systemhandlingsskedet. Enligt tidigare utförda undersökningar för E4 består jorden längs vägens östra halva av lös varvig lera med maximalt 4,5 m mäktighet. Leran underlagras av silt. Mot djupet finns friktionsmaterial.

Grundläggning E4

Maximal bankhöjd på sträckan är 8 m. Enligt PM från 1978 samt ritningar uppdaterade 1979/1980 behövs åtgärder mot stabilitet och sättningar. Urgrävning av lera på vägens högra halva och ersättning med sprängsten har rekommenderats, vilket har bekräftats vid fältbesök. Trumman vid 11/930 grundläggs utan några åtgärder.

Bedömning av påverkan på E4

E4 ligger ca 420 m sydöst om spårlinjen. Det finns sannolikt ingen lera kvar under vägbanken. E4 är ej känslig för grundvattensänkningar vid aktuell delsträcka.

7.3.2.10 E4 Im 11/630–11/690 (OLP4 ca km 17+200)

Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar

Inga undersökningar har utförts för E4 i systemhandlingsskedet. Enligt tidigare utförda undersökningar för E4 utgörs jorden av maximalt 4 m fast, varvig lera med siltskikt.

Grundläggning E4

Maximal bankhöjd på sträckan är 4 m. Enligt PM från 1978 samt ritningar uppdaterade 1979/1980 har tidig utläggning av bank förespråkats för denna sträcka.

Bedömning av påverkan på E4

E4 ligger ca 400 m sydöst om spårlinjen. Leran är fast vid aktuell delsträcka enligt gamla handlingar för E4 och eventuella grundvattensänkningar bedöms begränsas till 1 meter. Ett kontrollprogram kan behövas för att följa upp sättningar vid denna sträcka.

7.3.2.11 E4 Im 11/210–11/260 (OLP4 ca km 17+500)

Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar

Inga undersökningar har utförts för E4 i systemhandlingsskedet. Sträckan är belägen mellan två fastmarksryggar. Enligt tidigare utförda undersökningar för E4 utgörs jorden av ca 1 m högförmultnad torv och maximalt 6 m lös till halvfast lera. Leran underlagras av friktionsmaterial som överst består av silt.

Grundläggning E4

Bankhöjd på sträckan varierar mellan 2 och 4 m. Enligt PM från 1978 samt ritningar uppdaterade 1979/1980 behövs åtgärder mot stabilitet och sättningar. Urgrävning av lös jord och återfyllning med friktionsmaterial kan ha utförts. Enligt fältinventeringen finns tecken som visar att nedpressning har använts.

Bedömning av påverkan på E4

E4 ligger ca 350 m sydöst om spårlinjen vid aktuell delsträcka. Tunneln planeras att tätas på sträckan där spårlinjen passerar svaghetszon i berg. Tack vare denna tätning och tillskottvatten från närbelägna höjdområden bedöms eventuella grundvattensänkningar under E4 begränsas till 1 meter. Förstärkningsåtgärder har dessutom sannolikt utförts för vägbanken. Det är dock osäkert hur mycket lera som finns kvar under vägbanken eller i de nedpressade massorna, se kapitel 7.3.2.6. Lerparametrarna kan variera mycket vid nedpressning och är svårbedömda. Ett kontrollprogram kan behövas för att följa upp sättningar vid denna sträcka.

7.3.2.12 E4 Im 11/080–11/140 (OLP4 ca km 17+600)

Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar

Enligt tidigare utförda undersökningar för E4 utgörs jorden överst av halvfast-fast lera med en maximal mäktighet av ca 3,5 m. Leran underlagras av friktionsmaterial med största uppmätta mäktighet på 7 m.

Grundläggning E4

E4 går på bro över ett befintligt spår. Brostöden har sannolikt grundlagts på berg.

Bedömning av påverkan på E4

E4 ligger ca 330 m söder om spårlinjen vid aktuell delsträcka. Brostöd som grundlagts på berg är ej känsliga för grundvattensänkningar. Dock har bron grundläggning ej bekräftats. Bedömd grundvattensänkning är mellan 1 och 2 meter vid aktuell delsträcka. Ett kontrollprogram kan behövas för att följa upp sättningar vid denna sträcka.

7.3.2.13 E4 Im 10/440–10/500 (OLP4 ca km 18+300)

Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar

Enligt tidigare utförda undersökningar för E4 utgörs jorden överst av halvfast-fast lera med en maximal mäktighet av ca 3,5 m. Leran underlagras av friktionsmaterial med största uppmätta mäktighet på 7 m.

Enligt utförda undersökningar i systemhandlingskedet på västra sidan finns ca 2,5 m lösare material under vägbanken ovan friktionsjord vid Im 10/450 norr om vägbron, annars ligger vägen på friktionsjord, som delvis innehåller block.

Grundläggning E4

E4 går på ca 7 m bank enligt topografin i området. För att säkerställa vägens stabilitet rekommenderades att lera på vägens högra halva grävs bort och ersättas med friktionsmaterial enligt PM från 1978 samt ritningar uppdaterade 1979/1980. Nedpressning verkar dock ha utförts norr om vägbron enligt fältinventeringen.

Kompletterande undersökningar utfördes under våren 2023 på högra sidan söder om vägbron där det saknades underlag. Utförd sondering visar fyllning på berg.

Bedömning av påverkan på E4

E4 ligger bredvid tunnelmynningen för en arbetstunnel vid aktuell delsträcka. Förstärkningsåtgärder har sannolikt utförts för vägens högra halva. Det är osäkert hur mycket lera som finns kvar i de nedpressade massorna, se kapitel 7.3.2.6. Lerparametrarna kan variera mycket vid nedpressning och är svårbedömda. Bedömd grundvattensänkning är mellan 1 och 2 m under byggskedet och mellan 0,5 och 1 m under driftskedet vid aktuell delsträcka. Ett kontrollprogram kan behövas för att följa upp sättningar norr om vägbron.

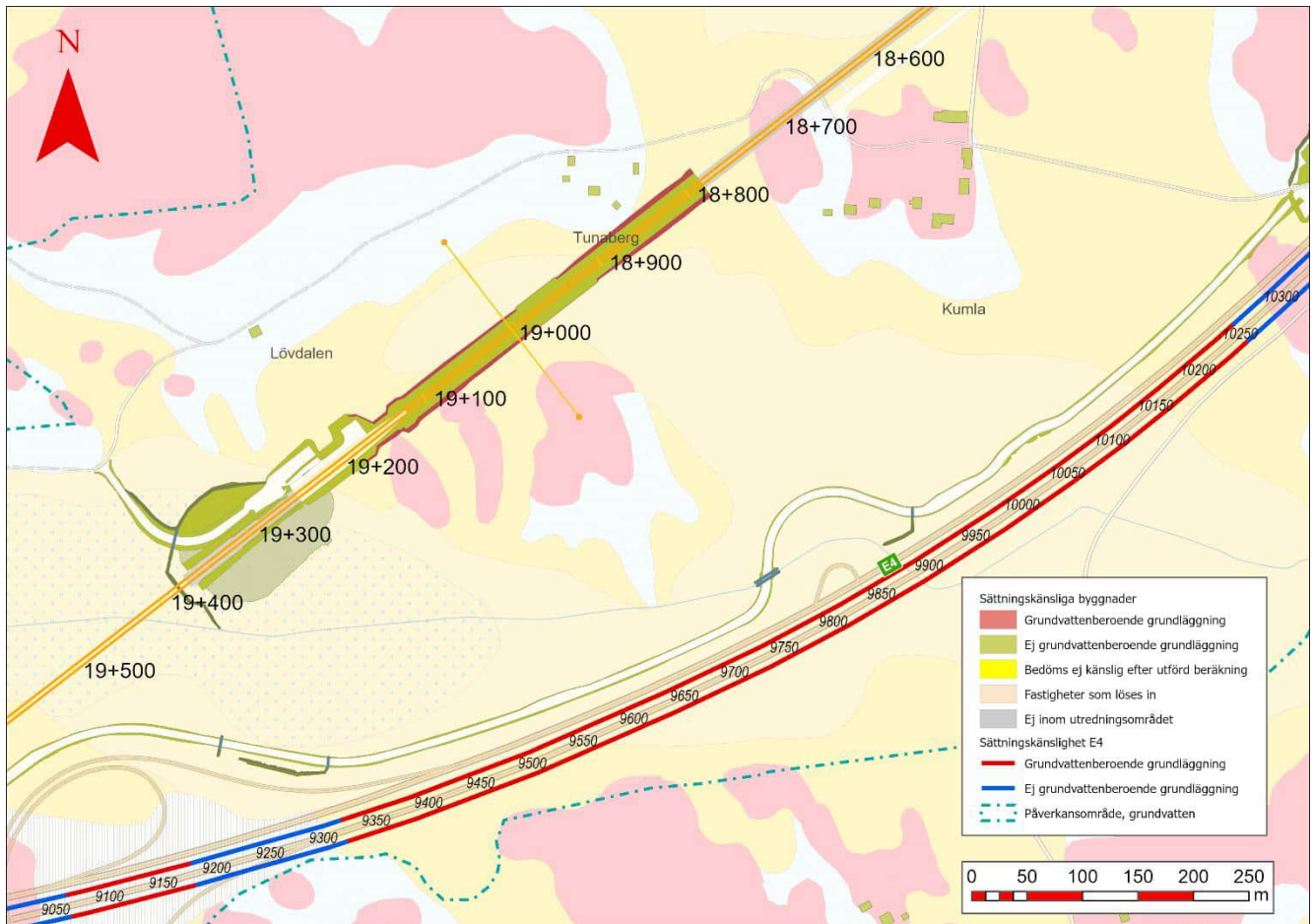
7.3.2.14 Samlad bedömning

Tabell 1. Grundläggning och påverkan på E4 vid km 15+000–18+400.

Km E4	Km Järnväg	Grundläggning	Mark	Bedömd avsänkning	Samlad bedömning
13/850 – 13/950	15+000 – 15+100	Ingen info. Ugrävning kan ha utförts.	Ca 4 m lera	Ca 0,5–1 m (temporär avsänkning)	E4 klarar den bedömda avsänkningen
13/660 – 13/760	15+200 – 15+400	Ingen info	Ca 2 m lera	Till bergöverytan	Sättningar i storleksordning 1–2 cm vid grundvattensänkningar. Denna del har ej grundvattenberoende grundläggning
13/040 – 13/160	15+900	Ingen info	Ca 4,5 m torrskorpelera (bankfyllning?)	Till bergöverytan	Grundvattennivån ligger i friktionsjord. Ej grundvattenberoende grundläggning
12/950 – 13/020	16+000	Ingen info	Ca 2 m lera	Till bergöverytan	E4 klarar den bedömda avsänkningen
12/820 – 12/920	16+100	Ingen info	Ca 6 m lera	Ca 0–2 m	E4 klarar den bedömda avsänkningen
12/580 – 12/660	16+400	Ingen info. Nedpressning kan ha utförts.	Ca 0,5 m torv på upp till 8 m lera	Ca 1–3 m	Risk för skadliga sättningar finns beroende på vilken förstärkningsmetod har utförts
12/320 – 12/460	16+600	Utskiftning. Inventerade sättningar på sträckan	Ca 2 m torv kvar under vägbanken	Ca 0–1 m	E4 klarar den bedömda avsänkningen
12/050 – 12/140	16+900	Utskiftning. Inventerade sättningar på sträckan	Ej sättningsbenägen mark	Ca 1–2 m	Ej grundvattenberoende grundläggning.
11/630 – 11/690	17+200	Ingen info	Ca 4 m lera	Ca 0–1 m	Fast lera, mindre risk för skadliga sättningar
11/210 – 11/260	17+500	Ingen info. Nedpressning kan ha utförts.	Ca 1 m torv på 3,5 m lera	Ca 0–1 m	Risk för skadliga sättningar finns vid ev. grundvattensänkningar
11/080 – 11/140	17+600	Ingen info	Ca 3,5 m lera	Ca 1–2 m	Brostöd har troligen grundlagts på berg
10/440 – 10/500	18+300	Ingen info. Nedpressning kan ha utförts.	Ca 2,5 m lera	Ca 1–2 m	Risk för skadliga sättningar finns

För planerade skyddsåtgärder i området, se OLP4-04-025-42000-0_0-0022, Bilaga C Teknisk beskrivning vattenverksamhet 4.1.

7.3.3 Noradikets dalgång, km 18+400–19+400



Figur 17. E4 vid Noradiket. © SGU, jordartskarta

Järnvägsanläggningen kommer att gå i tunnel och tråg fram till km 19+250, på bank och på bro från km 19+370. För att säkerställa att grundvattnet inte dräneras ner i Tullgarnstunneln har det södra tunnelpåslaget projekterats som en tät konstruktion i form av betongtråg och betongtunnel. Betongtunneln startar i km 18+784 och sträcker sig fram till trågets start i km 19+120.

E4 ligger 200 till 350 m söder om järnvägslinjen och kan påverkas av temporära grundvattensänkningar från schakt för betongtunnel och tråg och från schakt för brostöd under byggtiden om inga skyddsåtgärder vidtas. E4 vid aktuell delsträcka kommer även att påverkas av permanenta grundvattensänkningar på grund av inläckage till Tullgarnstunneln. De undersökningar som gjorts visar att Vagnhärads grundvattenmagasin är heterogent och påverkansområdet för grundvattensänkning är därför svårbedömt.

Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar

Delsträckan utgörs av jordbruksmark. Hela delsträckan är inom samma delavrinningsområde och avvattnas genom Noradiket som passeras i ca km 19+360, se Figur 17. Jordlagren består av ca 3–15 m lera följt av friktionsjord (isälvsmaterial eller morän) med mäktigheter upp till ca 15–20 m på berg. Mot djupet innehåller lera siltskikt.

På delsträckan passerar järnvägen inom område för en grundvattenförekomst (ID SE653900-159609) som utgör en del av tolkade grundvattenmagasinet Vagnhärad. Nora dike har en hydraulisk förbindelse med grundvattenmagasinet. Grundvattennivåer längs med delsträckan är i medel artesiska (ca 0,5–1,3 m över markytan). Söder om järnvägen, där markytan är lägre längs med E4, är grundvattennivåer marknära och periodvis även artesiska.

Projektnamn	Skapat av (Leverantör)	Godkänt datum	Rev Datum
Ostlänken	Pauline Meneust	2023-11-21	-
Ärendenummer	Granskat av (Leverantör)	Sidor	Version
TRV 2014/48912	Lovisa Hassellund	36(52)	_.6
	Godkänt av (Leverantör)		
	Henrik Tham		

Grundläggning E4

Riksarkivet förvaltar Trafikverkets geotekniska arkiv för Södermanlands län. Tidigare utförd geoteknik för E4 har hittats i volym F4BBA och F8A2C som omfattar bland annat:

- Plan- och sektionsritningar med arbetsnummer D- 2222-E4 upprättade av Vägförvaltningen i Södermanlands Län år 1972.
- Väg E4, Nyköping–Södertälje, delen Sille–B-länsgräns, Södermanlands Län. Geoteknisk utredning för arbetsplan, delutlåtande 2 (9/620–12/740).
- Väg E4, Nyköping–Södertälje, delen D-Länsgräns–Järna tpl, Stockholms Län. Geoteknisk utredning för arbetsplan, delutlåtande 3, SGI, 1979-01-18.

E4 på del km 18+600–19+400 (E4 längdmätning 10/250–9/320 från norr till söder) är troligtvis oförstärkt på stora delar av sträckan. Tidig utläggning av vägbanken kan dock ha utförts mellan lm 9/535 och lm 10/250 enligt planerade åtgärder hämtade från PM 1977 rev. 1979 samt PM 1978. Sättningarnas storlek förväntades bli upp till 50–55 cm respektive 70–80 cm om profilen inte justeras respektive justeras succesivt. Sättningarna accepteras. Mellan 9/320 och 9/535 rekommenderades urgrävning i kombination med nedpressning och överlast.

Tidigare dike till Norasjön vid 9/960 föreslog återfyllas med lättklinker. Mindre dike vid 9/500 föreslog återfyllas med lera.

Det finns inventerade sättningar vid lm 10/150 vid gränsen mellan postglacial lera och glacial lera enligt SGU:s jordartskarta, mellan ca lm 9/850 och lm 9/900 där Noradiket passerar under E4, mellan ca lm 9/620 och lm 9/720 och mellan ca lm 9/480 och lm 9/520 vid det gamla diket som sannolikt har återfyllts med lera.

Bedömning av påverkan på E4

Sättningsberäkningar har utförts för olika sektioner. Resultaten redovisas i Bilaga 1. CRS-försök som har använts för bedömning av beräkningsparametrarna kommer från prover som tagits vid spårinje väster om E4 i åkermarken. Enligt utförda CPT-sonderingar vid spårinje och utförda CPT-sonderingar mellan lm 9/535 och lm 10/250 har leran bättre egenskaper vid E4. Detta behöver beaktas vid tolkning av resultaten.

Mellan 9/320 och 9/535 har urgrävning i kombination med nedpressning och överlast rekommenderats. Lermäktigheten under E4 ökar mot norr enligt arkivsonderingar som utfördes innan byggnation av E4. Det är osäkert hur mycket lera som finns kvar under vägbanken eller i eventuella nedpressade massor. Lerparametrarna kan variera mycket vid nedpressning och är svårbedömda. Bedömd avsänkning om inga skyddsåtgärder vidtas är mellan 1 och 2 meter. Inga beräkningar har kunnat utföras på denna sträcka men E4 bedöms vara känslig för grundvattensänkningar. Framför allt bedöms tillåten tvärfallsavvikelse på 1 % kunna överstigas om lera finns kvar under det norra körfältet.

Mellan 9/535 och 9/620 går E4 vid markytan och lermäktigheten minskar till 1 m under 2 m torrkorpelera. E4 är mindre känslig för grundvattensänkningar vid denna sträcka. Bedömd avsänkning om inga skyddsåtgärder vidtas är mellan 1 och 2 meter. Inga beräkningar har utförts.

Mellan 9/620 och 9/800 pågår också sättningar under E4. Denna del kommer endast påverkas av temporära grundvattensänkningar under byggtiden. Bedömd avsänkning om inga skyddsåtgärder vidtas är mellan 1 och 2 meter. Beräknade sättningar från grundvattensänkningar ligger inom sättningskravet på 0,3 m efter 2 år.

Mellan 9/800 och 9/900 går E4 vid markytan. Sättningar har observerats vid passagen över Noradiket vid ca lm 9/875. Bedömd temporär avsänkning om inga skyddsåtgärder vidtas är ca 2 meter. Sättningskravet för nybyggnad väg på 0,3 m överskrids efter 2 år om hänsyn tas till krypning. Leran under E4 kan ha bättre egenskaper än antagit i beräkningarna men risken att sättningar överskrider sättningskravet ändå är stor. Skyddsåtgärder erfordras på denna sträcka. Bedömd permanent avsänkning är ca 0,5 meter. Beräknade sättningar är över sättningskravet på 0,3 meter vid denna avsänkning efter 40 år om hänsyn tas till krypning.

Skadeavhjälpande åtgärder såsom nivåjusteringar kan komma att krävas för E4 för aktuell delsträcka. Denna del bedöms vara den mest känsliga av hela delsträckan.

Mellan 9/900 och 10/150 ökar lermäktigheten under torrskorpeleran till upp till 13 m. Sättningsberäkningar med last från vägbanken visar att det pågår sättningar under E4. Sättningar har ju inventerats vid lm 10/150 vid gränsen mellan glacial lera och postglacial lera enligt SGU:s jordartskarta. Bedömd temporär avsänkning om inga skyddsåtgärder vidtas är ca 2 meter. Beräknade sättningar från grundvattensänkningar under E4 ligger inom sättningskravet efter 2 år för gällande avsänkning. Bedömd permanent avsänkning är mellan 0,5 och 1 meter. Beräknade sättningar är över sättningskravet på 0,3 meter vid denna avsänkning efter 40 år. Skadeavhjälpande åtgärder såsom nivåjusteringar kan komma att krävas för E4 för aktuell delsträcka.

Mellan 10/150 och 10/250 påträffas torrskorpelera på 1–3 m lera ovan friktionsjord på berg. Beräknade sättningar för denna avsänkning ligger i samma storleksordning som differenssättningskravet för nybyggnad för aktuell sträcka, dvs. 0,1 m. Beräknade sättningar för den bedömda permanenta grundvattensänkningen från bergtunneln (0,5–1 meter) är obetydliga.

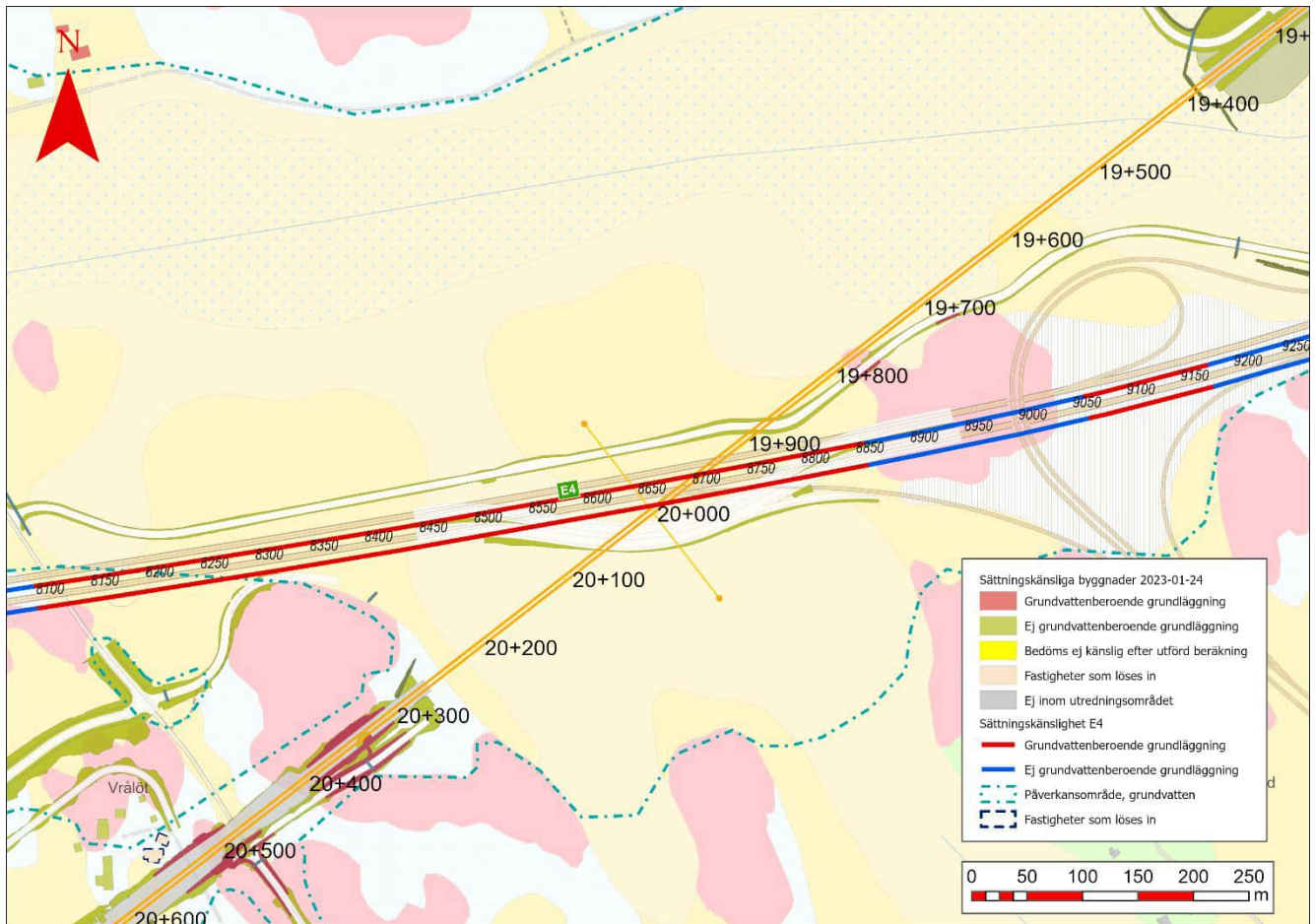
Samlad bedömning

Tabell 2. Grundläggning och påverkan på E4 vid km 18+400-19+400.

Km E4	Km Järnväg	Grundläggning	Mark	Samlad bedömning
10/150 – 10/250	18+600	Ingen förstärkning	Ca 5 m lera	Pågående sättningar, risk för ytterligare sättningar vid permanent grundvattensänkning. Nivåjusteringar på E4 kan behövas.
9/900 – 10/150	18+600 – 18+800	Ingen förstärkning	Ca 15 m lera	Pågående sättningar, risk för ytterligare sättningar från både temporär och permanent grundvattensänkning. Skyddsåtgärder erfordras. Nivåjusteringar på E4 kan behövas.
9/800 – 9/900	18+800 – 18+900	Ingen förstärkning	Ca 11 m lera	Pågående sättningar, risk för ytterligare sättningar från både temporär och permanent grundvattensänkning. Skyddsåtgärder erfordras. Nivåjusteringar på E4 kan behövas.
9/620 – 9/800	18+900 – 19+100	Tidig utläggning	Ca 15 m lera	Pågående sättningar, risk för ytterligare sättningar från temporär grundvattensänkning. Skyddsåtgärder erfordras (med fokus på delar där sättningar redan har observerats).
9/535 – 9/620	19+100 – 19+200	Ingen info	Ca 1 m lera under 2 m torrskorpelera	Lermäktigheten minskas, mindre risk för skadliga sättningar.
9/320 – 9/535	19+200 – 19+400	Ugrävning, nedpressning och överlast	Ca 10 m	Risk för skadliga sättningar finns. Skyddsåtgärder erfordras.

För planerade skyddsåtgärder i området, se OLP4-04-025-42000-0_0-0022, Bilaga C Teknisk beskrivning vattenverksamhet 4.2. Ett kontrollprogram kan behövas för att följa upp sättningar vid aktuell sträcka.

7.3.4 Trafikplats Vagnhärad, km 19+400–20+230



Figur 18. E4 vid trafikplats Vagnhärad. © SGU, jordartskarta

Järnvägsanläggningen kommer att gå på bro från km 19+370 fram till km 20+256. Några av dessa kommer att plattgrundläggas och några kommer att pålgrundläggas. För arbetena erfordras tillfällig grundvattensänkning i jord. Grundvattensänkning avses utföras till under schaktbotten, vilket medför möjlig påverkan på E4 vid trafikplats Vagnhärad i byggskedet om skyddsåtgärder inte vidtas. Väster om trafikplatsen kommer E4 tillfälligt att ledas om när byggnationen av bro pågår. E4 kan även påverkas av temporära grundvattensänkningar från byggnation av Tullgarnstunnel södra påslaget vid aktuell delsträcka om inga skyddsåtgärder vidtas.

E4 är troligtvis förstärkt med omväxlande urgrävning, nedpressning, pålning och vertikaldränering på denna sträcka. Träpålar kan ha använts på del av trafikplats Vagnhärad, vilka kan ruttna vid grundvattensänkningar. Denna del av E4 kan påverkas av temporära grundvattensänkningar från både schakt för brostöd och schakt för tråg och betongtunneln vid det södra påslaget till Tullgarnstunneln.

Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar

Delsträckan utgörs av en lerdal med jordbruksmark som omges av höjdparter av morän och ytligt berg eller berg i dagen. Under leran finns ett stort grundvattenmagasin i friktionsjorden som sträcker sig från Kumla gård och grenar ut mot Norasjön i öst och Vagnhärad tätort i söder. Grundvattenmagasinet (Grundvattenmagasin Vagnhärad) utgörs av isälvmaterial och morän och har en mäktighet som varierar mellan någon meter och ca 15 m. Största mäktigheter förekommer i centrala delar av magasinet, vilket sammanfaller med dalgångens lågpunkter (ca km 19+400–19+500). Lerlagret ovan friktionsjorden är någon meter till ca 25 m. Mellan km 19+560 och 19+790 är lermäktigheten mindre och friktionsjord (mestadels i form av morän) går i dagen. Lokalt påträffas även berg i dagen. Mellan km 19+790 och 20+220 har lermäktigheter på mellan 5 och 16 meter uppmätta (största mäktigheterna påträffas söder om befintlig E4).

Grundvattenmagasin Vagnhärad avgränsas av moränbäcklädda bergsområden och dessa områden (randzoner) bedöms utgöra nybildningsområden av grundvatten till magasinet. Där järnvägen korsar magasinet, i höjd med E4, är strömningsriktningen åt öster men övergår efter passagen till att vara åt nordost. Den norra delen av grundvattenmagasinet utgör även en grundvattenförekomst, (SE653900-159609), här kallad grundvattenförekomst vid Fredriksdal. Mätningar av grundvattennivåer inom magasinet visar på höga grundvattentryck, med medelnivåer nära markytan eller ca 1 m över markytan. Högsta observerade grundvattennivå ligger mer än 2,5 m över markytan. Grundvattenförekomsten vid Fredriksdal ska skyddas från kvantitativ och kvalitativ påverkan.

Grundläggning E4

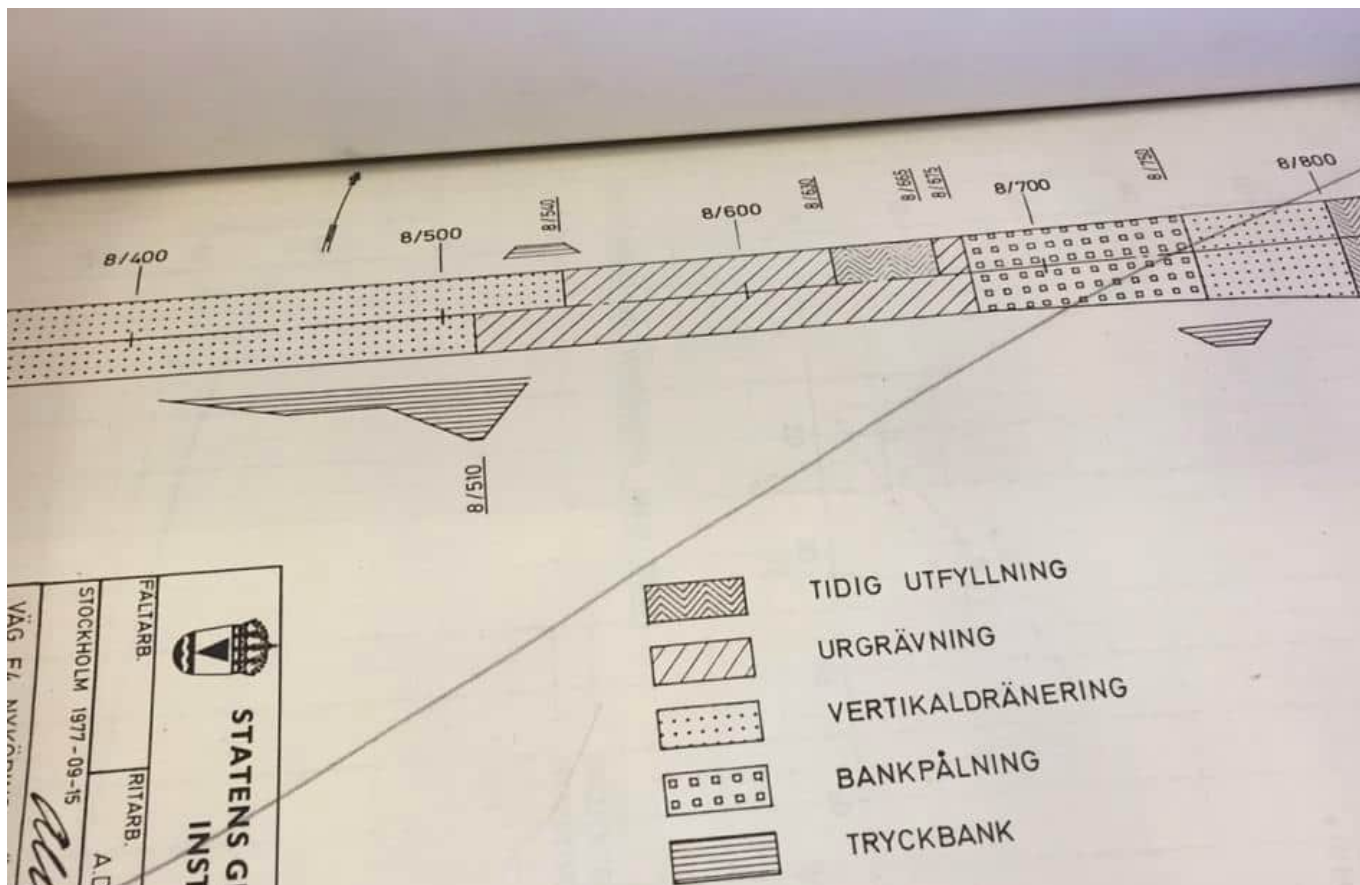
Riksarkivet förvaltar Trafikverkets geotekniska arkiv för Södermanlands län. Tidigare utförd geoteknik för E4 har hittats i volym F4BBA och F8A2C som omfattar bland annat:

- Plan- och sektionsritningar med arbetsnummer D- 2222-E4 upprättade av Vägförvaltningen i Södermanlands Län år 1972.
- Väg E4, Nyköping–Södertälje, delen Sille–B-länsgräns, Södermanlands Län. Geoteknisk utredning för arbetsplan, delutlåtande 2 (9/620–12/740).
- Väg E4, Nyköping–Södertälje, delen D-Länsgräns–Järna tpl, Stockholms Län. Geoteknisk utredning för arbetsplan, delutlåtande 3, SGI, 1979-01-18.
- Väg E4, Nyköping–Södertälje, delen Sille–B-Länsgräns, Södermanlands Län, Trafikplats Vagnhärad, Ramp D, Åtgärder efter skred på delen cirka km 4/060-cirka 4/145, SGI, 1983-03-10.

Befintlig grundläggning av E4 bedöms utifrån planerade åtgärder hämtade från PM 1977 rev. 1979, PM 1978, PM 1974 och PM 1983 för en del av E4 efter det att ett skred inträffat. Personer från SGI som var med vid bygget av E4 på 1970-talet har deltagit i arkivarbetet.

Åtgärder som rekommenderades för E4 beskrivs nedan från väster till öster (E4 längdmätning 8/320 till lm 9/320).

Mellan lm 8/320 och 8/800 planerades åtgärderna som framgår av Figur 19. Enligt PM från 1974 går banken för E4 med en största bankhöjd av 3,5 m i sektion 8/570. Ojämna sättningar bedömdes kunna uppkomma på denna sträcka. För sträckan med urgrävning föreslogs till slut urgrävning med 5 m utspetsning som vid större djup till fast botten ersattes med nedpressning av sprängsten och 1 m överhöjning. Före och efter urgrävningssträckan byggdes vägbanken delvis upp med lättklinker (där bankhöjden överstiger 0,9 m). Inventerade sättningar finns på aktuell delsträcka mellan ca lm 8/720 och 8/820.



Figur 19. Urklipp från PM 1977, trolig grundförstärkning mellan lm 8/400 och 8/800.

E4 mellan lm 8/800 och 8/860 går på upp till 1,5 m bank på lera. Denna sträcka har sannolikt utförts som tidig utläggning.

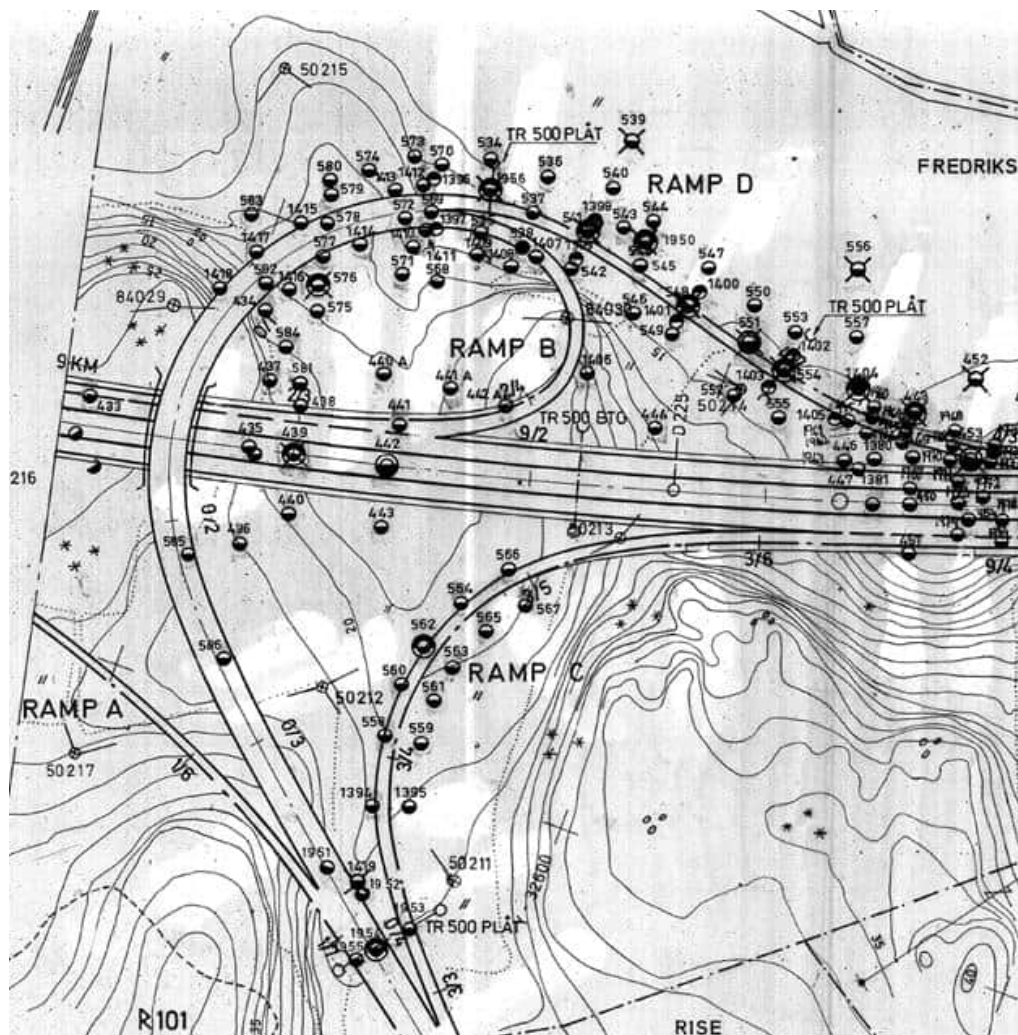
Mellan lm 8/860 och 8/920 går E4 i ca 1,5 m jordskärning. Vägbanken ligger troligtvis på sand eller morän på denna sträcka. Inga åtgärder ha vidtagits. Delsträckan är ej känslig för grundvattensänkningar.

Mellan lm 8/920 och 9/060 går E4 i bergskärning. Delsträckan är ej känslig för grundvattensänkningar.

E4 går på upp till 1 m bank mellan lm 9/060 och 9/180. Stabilitetsproblem föreligger ej. Däremot bedömdes bärighets problem kunna uppstå där terrasschakten når ner i den lösa leran under torrskorpan. Enligt gamla PM rekommenderades ytförstärkning med syntetfibermatta i byggskedet.

E4 mellan lm 9/180 och 9/320 går i skärning genom fast mark. Delsträckan är ej känslig för grundvattensänkningar.

Rampernas namn och utförda undersökningar innan byggnation av E4 framgår av figuren nedan.



Figur 20. Del av ritning D-2222-E4; 14:7 F.

Den nordligaste delen av trafikplatsen, ramp D och den angränsande delen av ramp B, grundlades på bankpålar av trä utan bergsko. Ett skred inträffade som tog med sig hela ramp D samt viss del av ramp B som sannolikt orsakades av att träpålarna förlorade sitt fäste mot det brant lutande berget. Den skadade delen planerades att ersättas med pälgrundlagt betongdäck. Pålarna skulle stoppslås mot berg och förses med fastgjuten bergsko. Även träpålar under andra delar av trafikplatsen bedömdes ha tveksam bärighet som behövde åtgärdas. Detta skedde antingen med betongpålar eller med att kombinera en tryckbanksförstärkning med massutbyte i banken mot lättfyllning (enligt "Väg E4, Nyköping–Södertälje, delen Sille–B-Länsgräns, Södermanlands Län, Trafikplats Vagnhärad, Ramp D, Åtgärder efter skred på delen cirka km 4/060-cirka 4/145, SGI, 1983-03-10", [3]). Vid skredet pressades en del av bankfyllningen av friktionsjord ned under ursprunglig markyta vilket medför en ökad belastning på underliggande lera. För att balansera den ökade belastningen placerades en tryckbank utmed rampens sida på den del där skredet inträffade. Av praktiska skäl lämnades upptryckta massor i huvudsak kvar och planades ut så att området blev brukningsbart. Vad gäller skredet så har inga handlingar med detaljerade beskrivningar av omfattningen av skredet eller vilka grundläggningsmetoder som verkligen använts innan och efter skredet påträffats vid arkivsökningar. Träpålar finns sannolikt kvar under en del av ramperna.

I söder mot ramp D ligger ramp A på fast mark eller på ett ytligt lager av torrskorpelera på fast mark. Mot E4 ligger ramp A på ca 2 m torrskorpelera ovan upp till 3,5 m lera. Inga sättningar har observerats på ramp A vid fältinventering 2018.

Projektnamn	Skapat av (Leverantör)	Godkänt datum	Rev Datum
Ostlänken	Pauline Meneust	2023-11-21	-
Ärendenummer	Granskat av (Leverantör)	Sidor	Version
TRV 2014/48912	Lovisa Hassellund	42(52)	..6
	Godkänt av (Leverantör)		
	Henrik Tham		

Vid ramp C består jorden överst av 1,5–2 m torrskorpelera vilken överlagrar 6–9 m varvig lera. Sättningarna bedömdes bli maximalt 10–15 cm och föreslogs accepteras. Inga åtgärder mot sättningar ha rekommenderats. Det finns inventerade sättningar vid den södra delen av ramp C där det är lera enligt SGU:s jordartskarta.

Bedömning av påverkan på E4

E4 vid trafikplats Vagnhärad kan påverkas av temporära grundvattensänkningar om ingen åtgärd vidtas för det södra påslaget till Tullgarnstunnel och för brostöd för bron över Noradiket och E4.

Ramperna till trafikplatsen har förstärkts med bankpållning med träpålar. En del av ramperna norr om trafikplatsen rasade ut mot åkermarken. De nya ramperna förstärktes med betongpållar men träpålar kan finnas kvar under de delar som inte påverkades av skredet. Träpålar är känsliga för grundvattensänkningar. En sänkning av grundvattnet till en nivå under pållskallarna medför risk för att de börjar ruttna. Sättningar till följd av en temporär grundvattensänkning kan även leda till påhängslaster på befintliga betongpållar. En bedömning av påhängslasterna är ej möjlig då inga uppgifter om pållarna finns tillgängligt. Skyddsåtgärder erfordras för att skydda ramperna från grundvattensänkningar.

Mellan ca lm 8/100 och 8/320 går E4 på ytligt lera. Delsträckan är ej känslig för grundvattensänkningar.

Mellan ca lm 8/320 och 8/540 kan vertikaldränering i kombination med tryckbankar och överlast ha använts. Dräner påskyndar sättningsförloppet även till följd av grundvattensänkningar. Antagligen har dock funktionen av dränerna försämrats väsentligt under de ca 50 år som passerat sedan de installerades. Dessutom är leran under E4 sannolikt överkonsoliderad eftersom en temporär överlast över vertikaldränerna sannolikt påfördes efter anläggandet av dessa. En känslighetsanalys har utförts för olika grundvattensänkningar, se Bilaga 1. Sättningar beräknas konservativt utan överlast. Bedömd avsänkning om inga skyddsåtgärder vidtas ligger mellan 2 och 3 meter för aktuell delsträcka. Beräknade sättningar överstiger differenssättningskravet på 0,2 m för aktuell delsträcka med antagandet att dränerna fortfarande har någon funktion kvar som betydligt påverkar sättningsförloppet. Skyddsåtgärder behövs för att minska grundvattensänkningar vid aktuell delsträcka.

Mellan ca lm 8/540 och 8/630 har urgrävning och nedpressning utförts. Det är osäkert om lera finns kvar under vägbanken eller i de nedpressade massorna, se kapitel 7.1.2.6. Lerparametrarna kan variera mycket vid nedpressning och är svårbedömda. Bedömd avsänkning om inga skyddsåtgärder vidtas är över 3 meter för aktuell delsträcka. Inga känslighetsanalyser har kunnat utföras. Skyddsåtgärder erfordras vid denna sträcka.

Vid lm 8/630–8/800 ligger 3 brostöd för järnvägsbron över Noradiket och E4 mitt på vägen eller i strax anslutning till befintlig E4. Denna del av E4 kommer att byggas om. Inga känslighetsanalyser har utförts.

E4 mellan lm 8/800 och 8/860 och ramp A har sannolikt byggts med tidig utfyllning. En känslighetsanalys har utförts för olika grundvattensänkningar, se Bilaga 1. Bedömd avsänkning om inga skyddsåtgärder vidtas ligger mellan 2 och 3 meter för aktuell delsträcka. Beräknade sättningar efter 2 år överstiger differenssättningskravet på 0,1 m för aktuell delsträcka. Skyddsåtgärder behövs för att minska grundvattensänkningar vid aktuell delsträcka.

E4 ligger på fast mark mellan lm 8/860 och 9/060 och mellan lm 9/180 och 9/320. Delsträckorna är ej känsliga för grundvattensänkningar.

E4 mellan lm 9/060 och 9/180 och ramp C bedöms ha samma geologiska och hydrogeologiska förutsättningar. Ingen information har hittats om grundläggning av befintlig E4. En känslighetsanalys har utförts för olika grundvattensänkningar, se Bilaga 1. Lerparametrar bedöms utifrån prover som har tagits i åkermarken ca 150 m norr om aktuell delsträcka. Enligt arkivpunkter vid E4 har leran högre densitet vid E4 än längre norrut i åkermarken, vilket betyder att leran antagligen har bättre egenskaper än vad som antagits i sättningsberäkningarna. Utförda beräkningar visar pågående sättningar. Det finns inga inventerade sättningar vid lm 9/060–9/180 enligt fältinventering 2018. Någon form av förstärkning måste ha utförts på denna delsträcka alternativt att leran har betydligt bättre parametrar än antagit i beräkningarna. Bedömd avsänkning om inga skyddsåtgärder vidtas ligger mellan 1 och 2 meter för aktuell delsträcka. Sättningskravet överskrids ej vid gällande grundvattensänkning och efter 2 år med antagna parametrar.

Samlad bedömning

Tabell 3. Grundläggning och påverkan på E4 vid km 19+400-20+230.

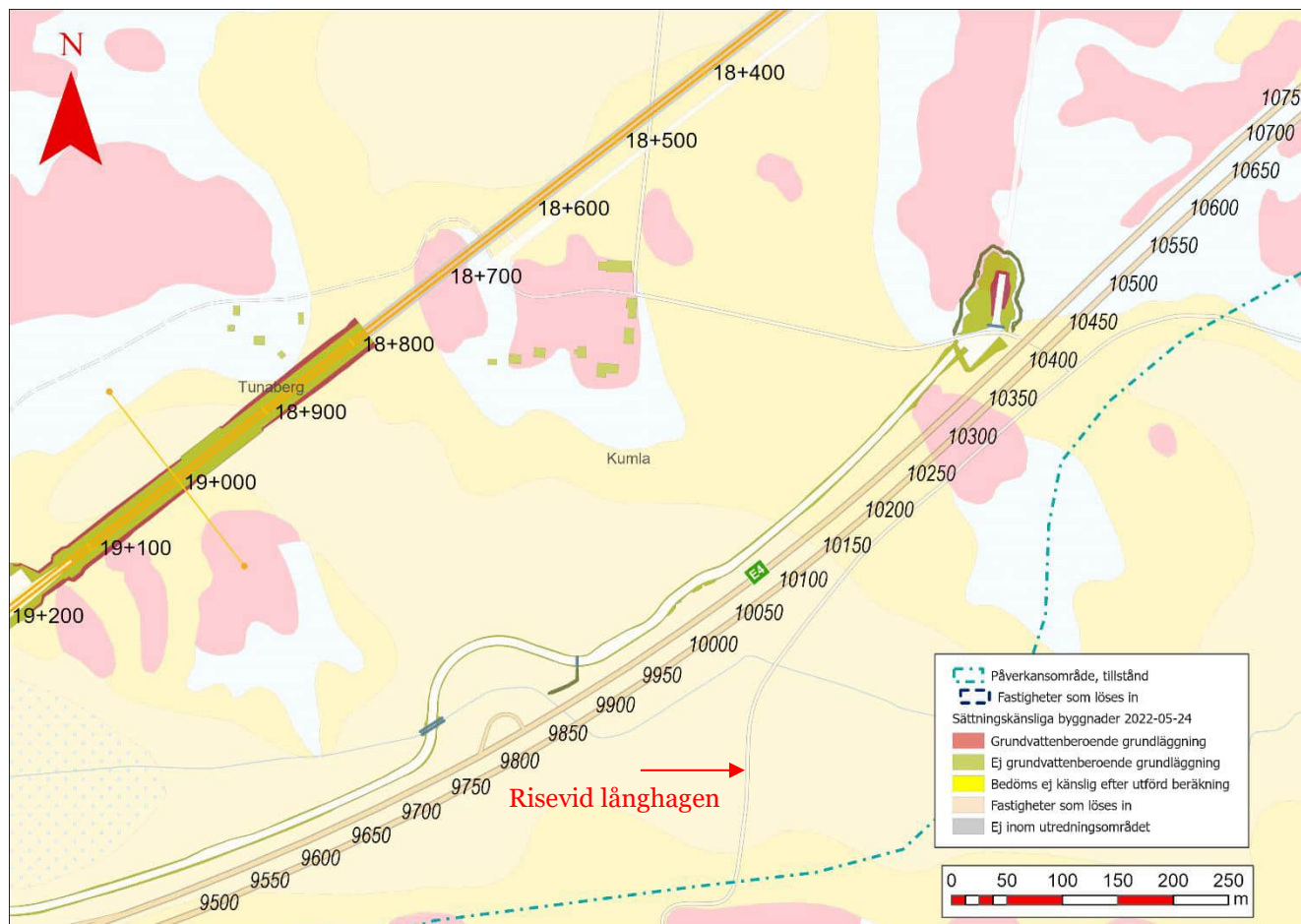
Km E4	Km Järnväg	Grundläggning	Mark	Samlad bedömning
9/060 – 9/180 RAMP C	19+400 – 19+700	Ingen info. Träpålar och betongpålar för ramp C.	Ca 9 m	Ramp C har byggts med både träpålar och betongpålar, den är mycket känslig för grundvattensänkningar. Skyddsåtgärder erfordras för rampen. Delsträcka lm 9/060 – 9/180 bedöms vara mindre känslig, skyddsåtgärder planeras och utförs vid behov.
8/800 – 8/860 RAMP A	19+900	Tidig utläggning, lättfyllning	Ca 5 m	Pågående sättningar, risk för ytterligare sättningar från temporär grundvattensänkning. Skyddsåtgärder erfordras.
8/630 – 8/800	19+900 – 20+100	-	-	Delsträckan kommer att byggas om efter byggnation av Ostlänken
8/540 – 8/630	20+100	Ugrävning och nedpressning	Ca 10 m	Risk för skadliga sättningar finns. Skyddsåtgärder erfordras.
8/320 – 8/540	20+100 – 20+300	Vertikaldränering, överlast, lättfyllning	Ca 8 m	Pågående sättningar, risk för ytterligare sättningar från temporär grundvattensänkning. Skyddsåtgärder erfordras.
8/100 – 8/320	20+300 – 20+500	Ingen info	Ytligt lera	E4 bedöms vara ej känslig för grundvattensänkningar.

För planerade skyddsåtgärder i området, se *OLP4-04-025-42000-0_0-0022, Bilaga C Teknisk beskrivning vattenverksamhet 4.2*. Planerade skyddsåtgärder kommer även att skydda planerad tillfällig förbifart för E4 från stora grundvattensänkningar under tiden förbifarten behöver utnyttjas.

Ett kontrollprogram kan behövas för att följa upp grundvattennivåerna och sättningar vid denna sträcka.

7.4 Andra vägar

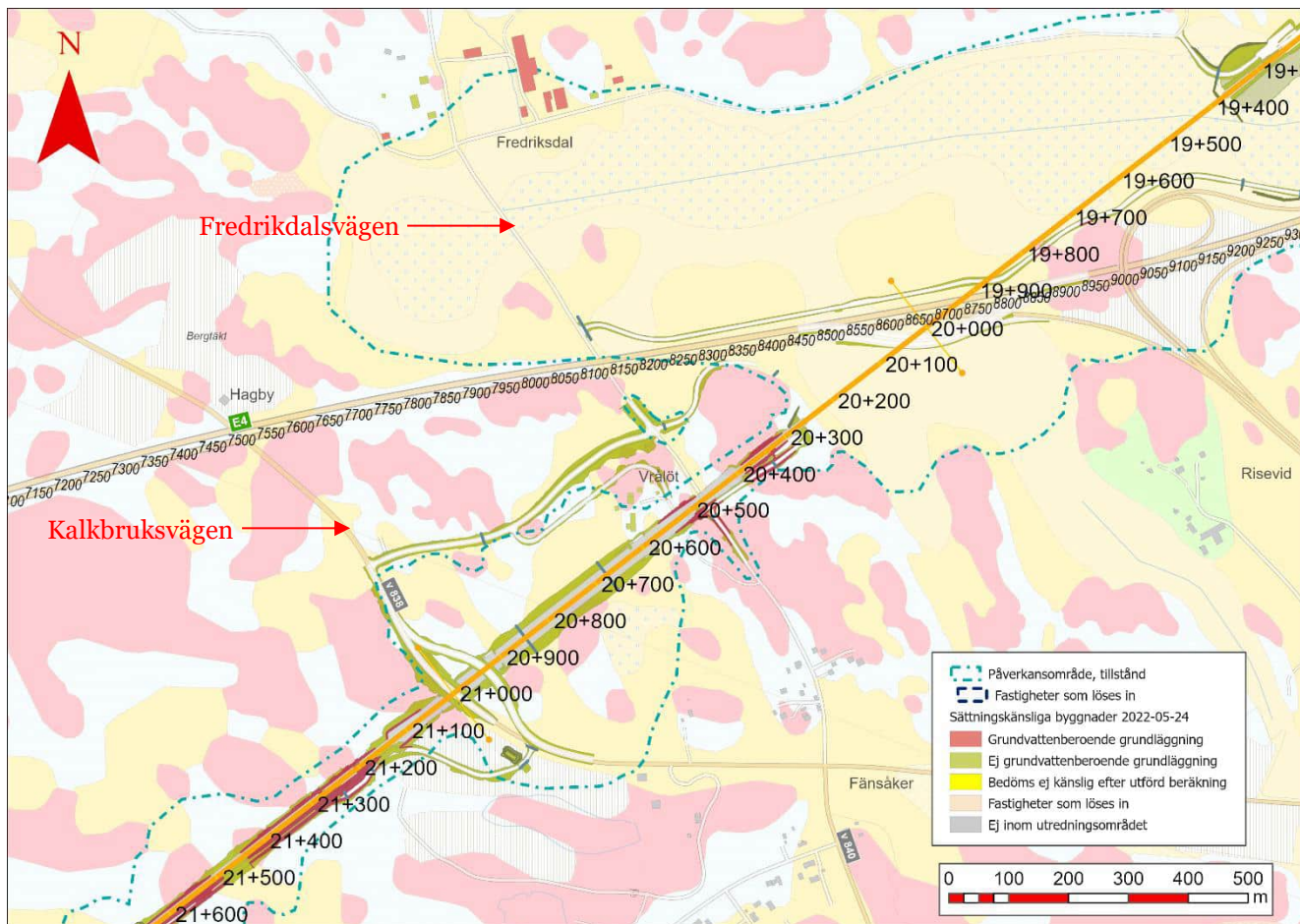
7.4.1 Risevid långhagen, km 18+400–18+900



Figur 21. Risevid långhagen, km 18+400–18+900. © SGU, jordartskarta

Denna väg är asfalterad och kan komma att påverkas av både temporära och permanenta grundvattensänkningar. Den ligger nära E4, vilket gör att planerade skyddsåtgärder för E4 i byggskedet kommer även att skydda denna väg. Bedömd permanent grundvattensänkning är mindre än 0,5 m. Ingen känslighetsanalys har utförts för denna väg.

7.4.2 Fredriksdalsvägen och Kalkbruksvägen

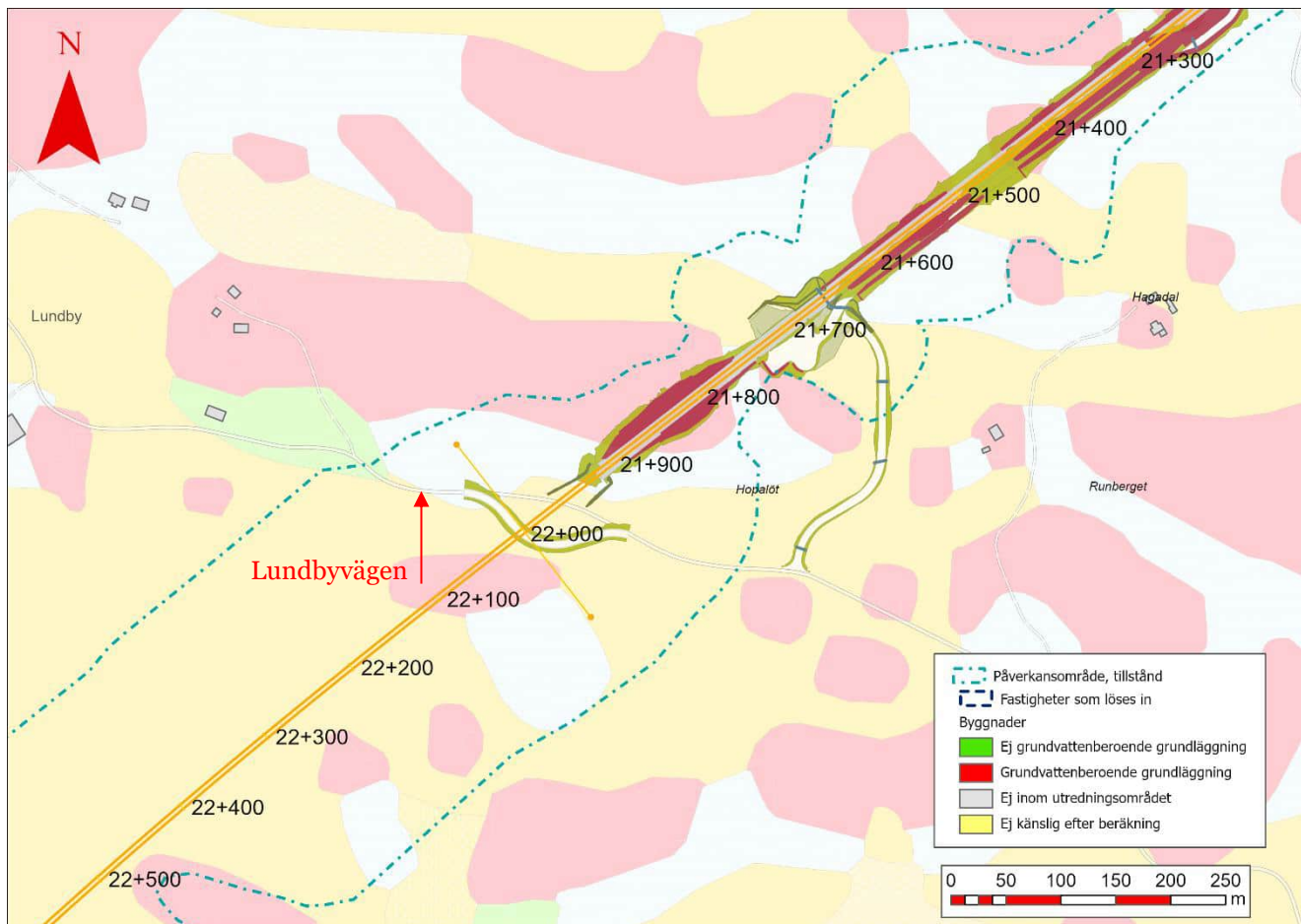


Figur 22. Fredriksdalsvägen och Kalkbruksvägen, km 20+500–21+100. © SGU, jordartskarta

Fredriksdalsvägen och Kalkbruksvägen som kan påverkas av både temporära och permanenta grundvattensänkningar kommer till största delen att läggas om.

En del av Fredriksdalsvägen som ligger på lera enligt SGU:s jordartskarta kommer inte att läggas om. Delen kan påverkas av någon meter grundvattensänkning under anläggning av betongtunnel och tråg vid Tullgarnstunnel södra påslaget. Den är dock ej asfalterad och tål större sättningar än den asfalterade delen. Ingen känslighetsanalys har utförts för denna väg.

7.4.3 Lundbyvägen, km 21+900–22+000

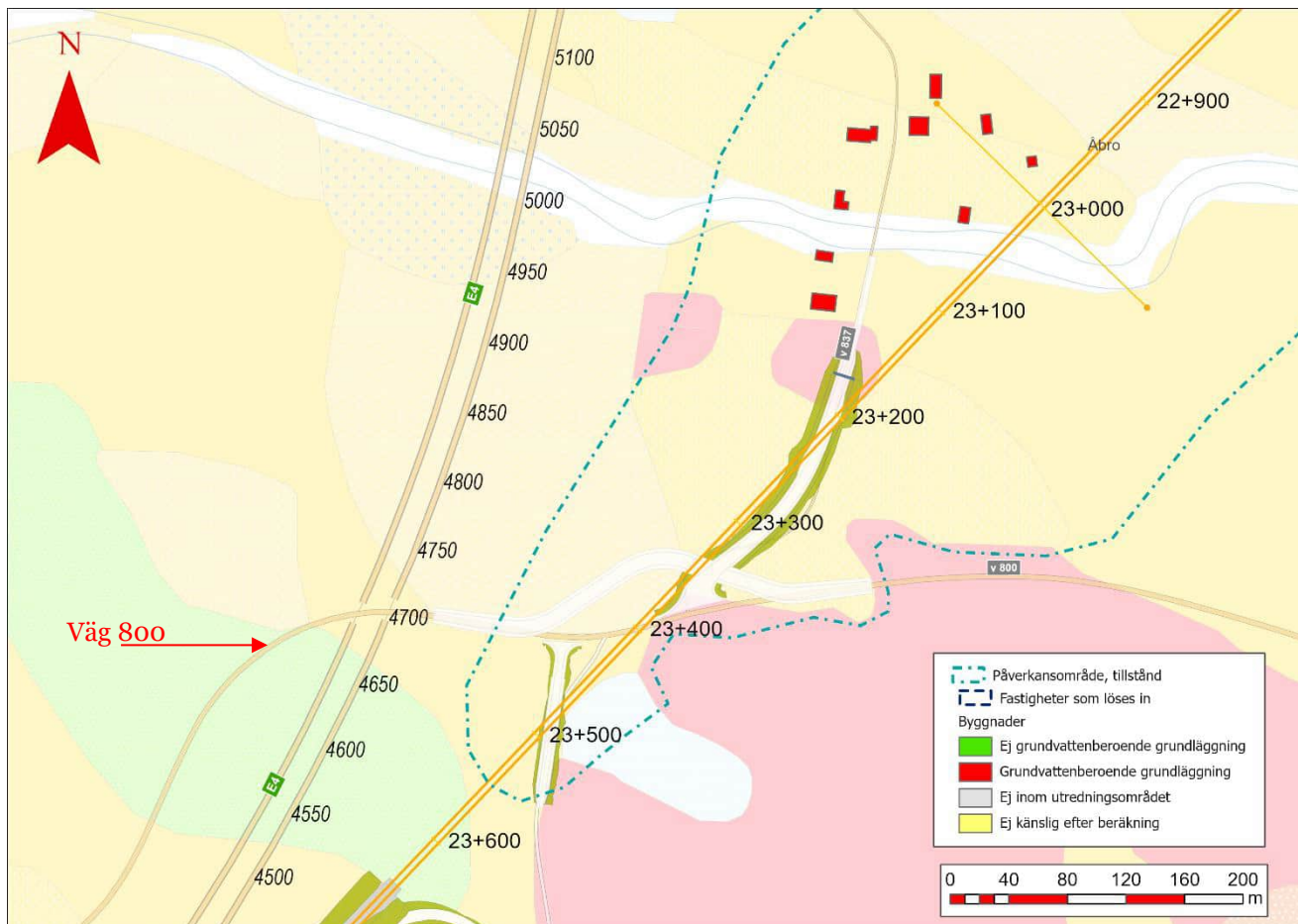


Figur 23. Lundbyvägen, km 21+900–22+000. © SGU, jordartskarta

Lundbyvägen som påverkas av en grundvattensänkning i byggskedet kommer att läggas om tillfälligt på denna sträcka.

Förbifarter behövs för att kunna bygga brostöd nära Lundbyvägen utan att trafiken påverkas under delar av produktionstiden för järnvägsbro över Trosaåns dalgång. En del av vägen ligger innanför påverkansområdet, på lera enligt SGU:s jordartskarta och kommer inte att läggas om på grund av avståndet från spårlinjen. Lundbyvägen är dock en grusväg som tål större sättningar än asfalterade vägar. Ingen känslighetsanalys har utförts för denna väg.

7.4.4 Väg 800, km 23+400



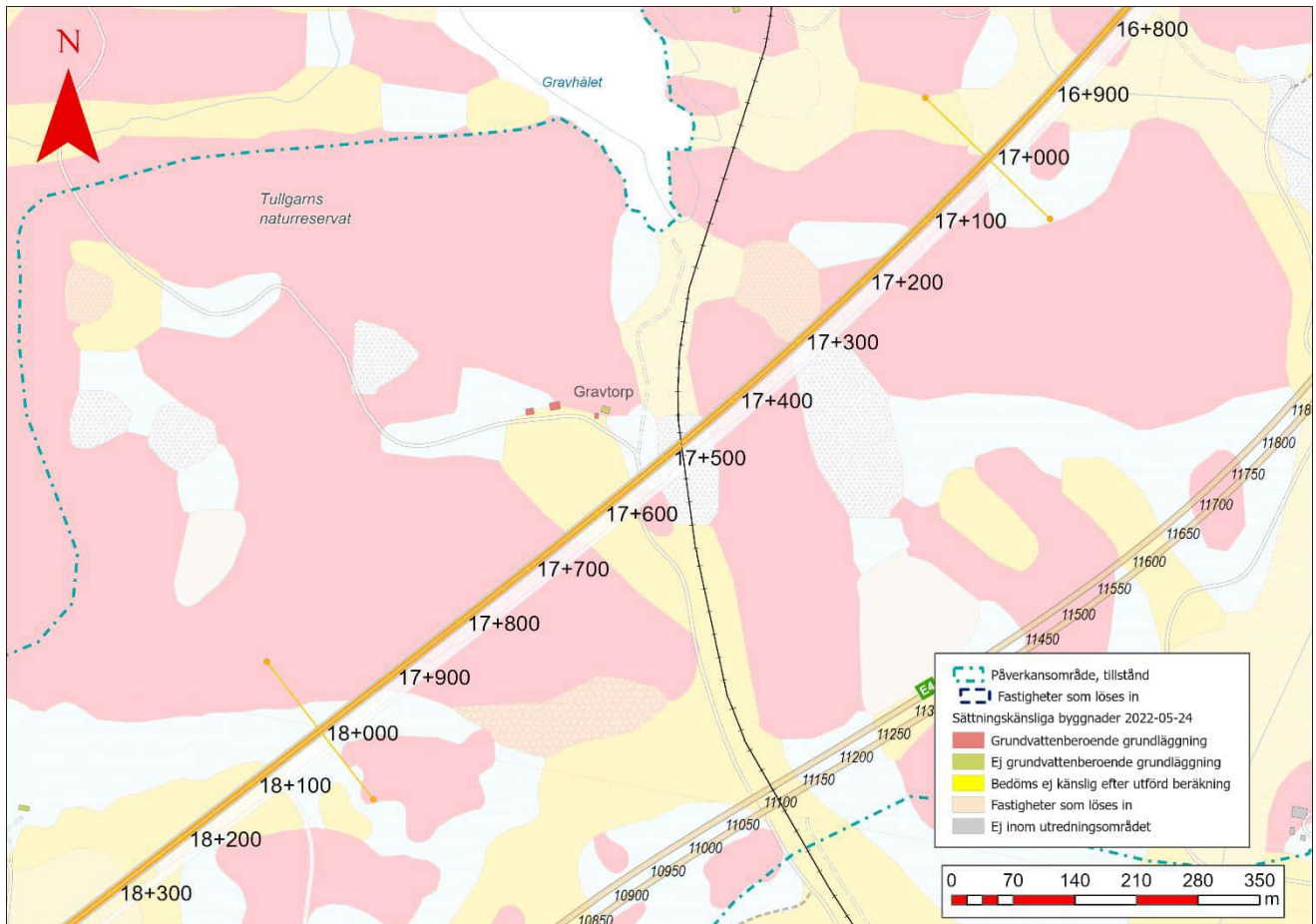
Figur 24. Väg 800, km 23+400. © SGU, jordartskarta

Väg 800 som påverkas av en grundvattensänkning i byggskedet kommer att läggas om tillfälligt på denna sträcka.

Förbifarter behövs för att kunna bygga brostöd nära väg 800 utan att trafiken påverkas under delar av produktionstiden för järnvägsbro över Trosaåns dalgång. Väg 800 kommer att skadas under byggtiden vid arbete med schakt för brostöd och kommer att behöva byggas om.

7.5 Risksträckor befintlig järnväg

Längs med sträckan passerar Ostlänken i tunnel under Tullgarn och under en befintlig järnväg vid km 17+500, Nyköpingsbanan.



Figur 25. Befintlig järnväg korsar Ostlänken i Tullgarn i km 17+500. © SGU, jordartskarta

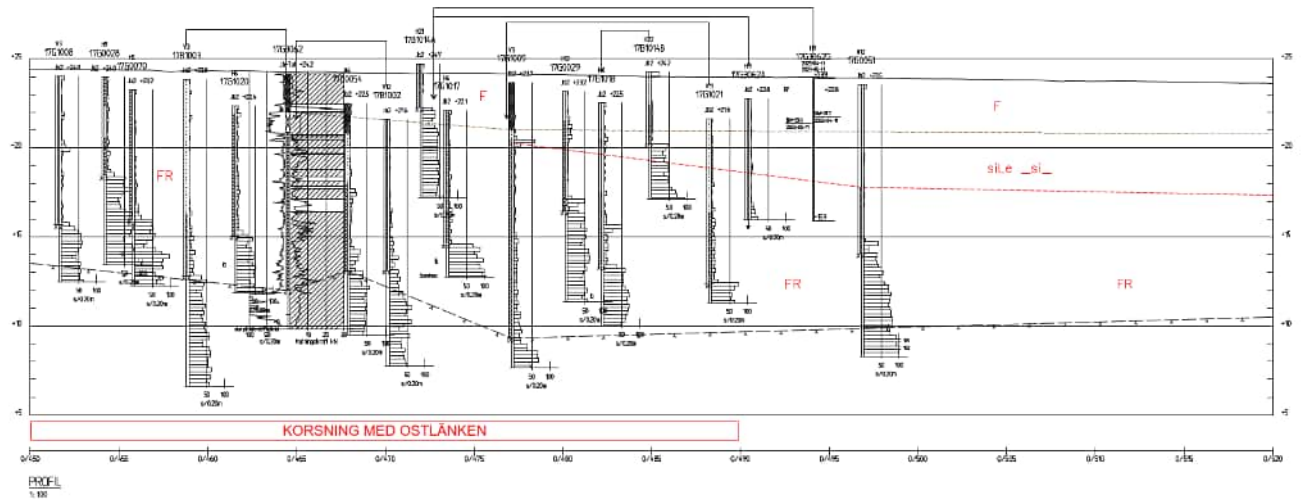
Järnvägen kan komma att påverkas av temporära grundvattensänkningar vid byggnation av Tullgarnstunneln samt permanenta grundvattensänkningar på grund av inläckage till tunneln i driftskedet.

Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar

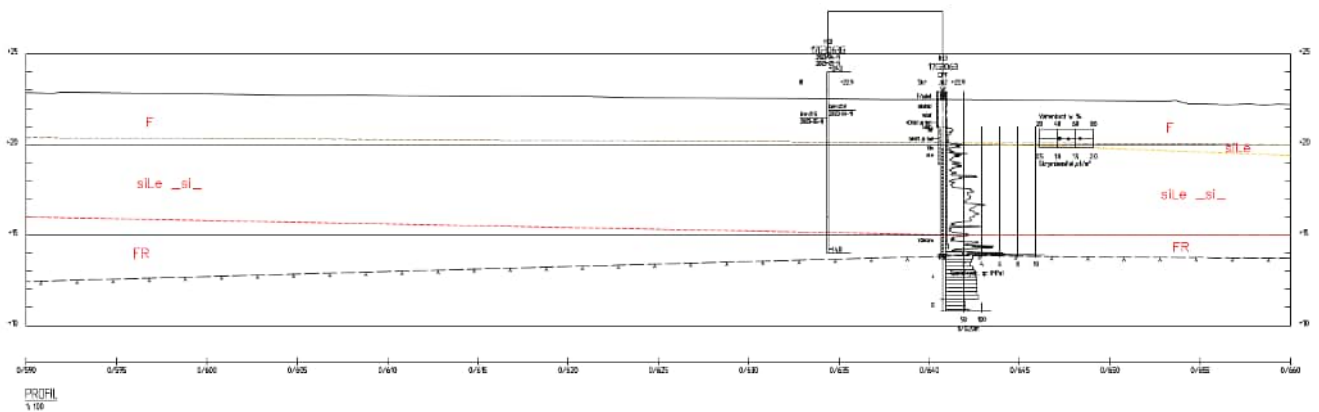
Sträckan längs med Tullgarnstunneln karaktäriseras av ett kuperat skogslandskap med berg i dagen, moränbeklädda bergsområden och lerfyllda svackor. Marknivå vid delen av järnvägen som kan komma att påverkas av grundvattensänkningar varierar mellan +18 och +26 med lutning mot söder. Befintlig järnväg passerar över låg terräng mellan olika höjdparter med berg i dagen. SGU:s jordartskarta stämmer inte överens med utförda undersökningar i dalgången.

Utförda undersökningar visar ca 2 m fyllning ovan friktionsjord eller morän på berg norr om Ostlänken. Området vid Ostlänken består av ca 3 m fyllning ovan friktionsjord på berg enligt de utförda sonderingarna. Berg påträffades mellan 3 och 14 m under markytan, se Figur 26. Redovisad längdmätning på nedanstående profiler har valts för Nyköpingsbanan och går från norr till söder med längdmätning 0/000 vid den norra gränsen av påverkansområdet.

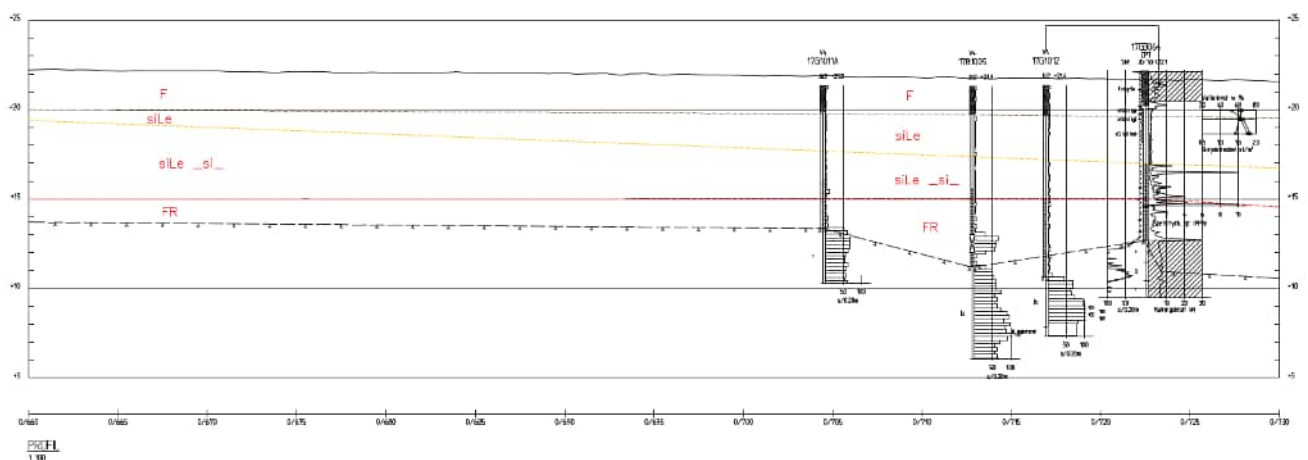
Området söder om Ostlänken består av ca 2 m fyllning som underlagras av upp till 7 m siltig lera ovan ca 3 m siltig jord ovan ett tunt friktionsjordlager på berg, se Figur 27–Figur 30.



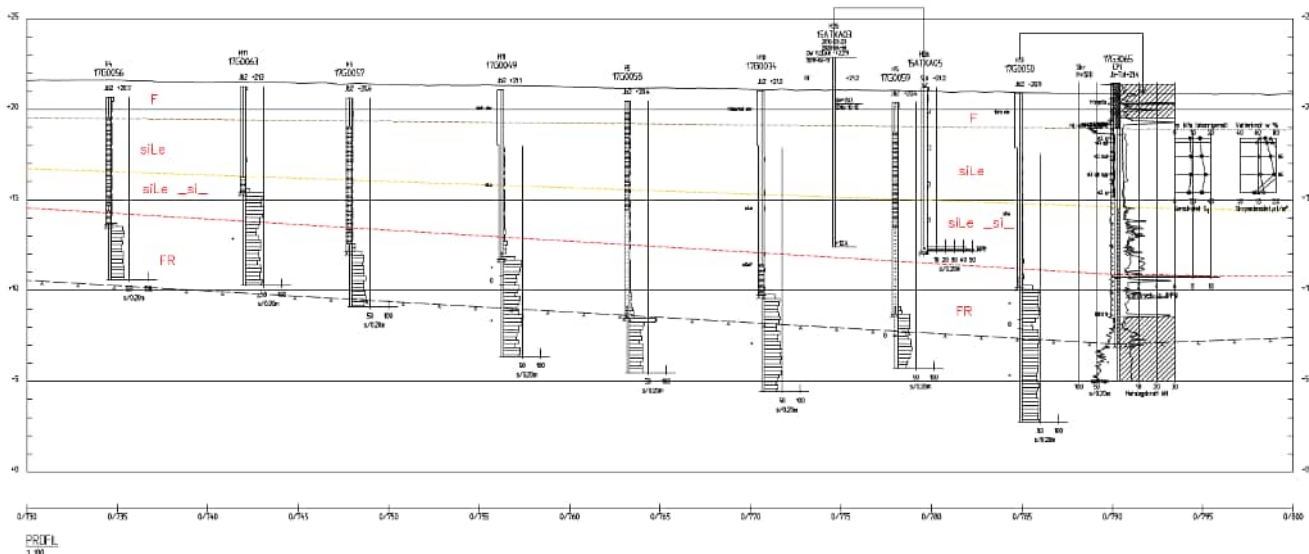
Figur 26. Profil längs befintlig järnväg med utförda undersökningar och tolkade jordlager. Längdmätning 0/450–0/520.



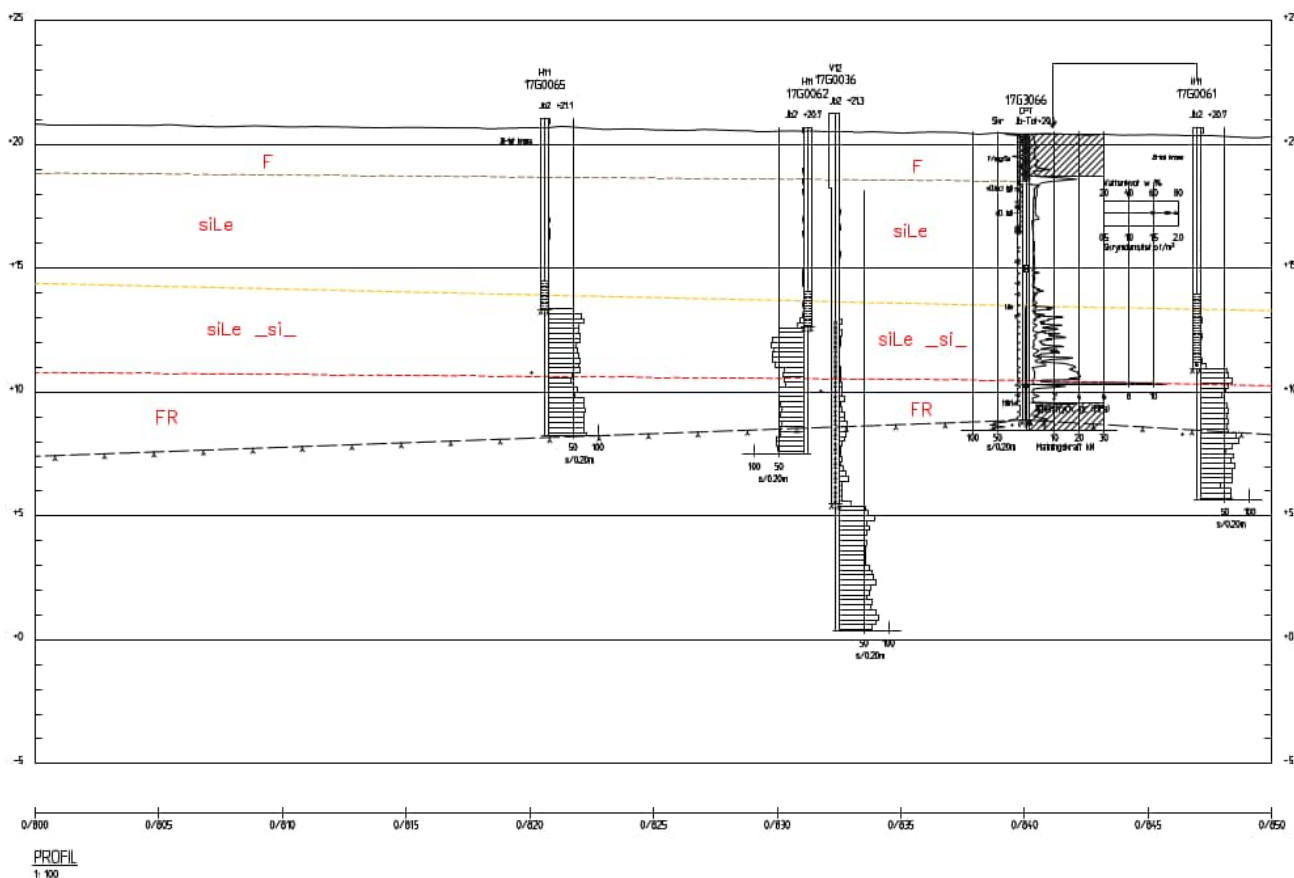
Figur 27. Profil längs befintlig järnväg med utförda undersökningar och tolkade jordlager. Längdmätning 0/590–0/660.



Figur 28. Profil längs befintlig järnväg med utförda undersökningar och tolkade jordlager. Längdmätning 0/660–0/730.



Figur 29. Profil längs befintlig järnväg med utförda undersökningar och tolkade jordlager. Längdmätning 0/730–0/800.



Figur 30. Profil längs befintlig järnväg med utförda undersökningar och tolkade jordlager. Längdmätning 0/800–0/850.

Det finns ett sammanhängande grundvattenmagasin i friktionsjorden mellan Långsjön och E4 längs det dalstråk som befintlig järnväg följer. Slutna och ställvis artesiska magasinförhållanden råder i de delar av magasinet där friktionsjorden täcks av postglacial lera, medan öppna magasinförhållanden råder i övrigt. Förekommande friktionsjordar står troligtvis i hydraulisk kontakt med ytvattnet i Långsjön, vilket i så fall innebär att grundvattennivåerna inom dalstråket i hög utsträckning styrs av ytvattenståndet. Hydraulisk kontakt bedöms även finnas mellan grundvatten i friktionsjord och grundvatten i det uppspruckna ytberget. Enligt utförda mätningar har grundvattennivån under perioden från mars till juli 2023 varierat mellan +20,9 och +21,9. Grundvattenytan inom dalstråket är flack och någon tydlig gradient saknas. Den ytvattendelare som är belägen i korsningen mellan Ostlänken och befintlig järnväg utgör således ingen grundvattendelare.

De artesiska förhållandena i området med postglacial lera tyder på att det finns ett överskott av vatten här som resulterar i utströmning av grundvatten mot markytan, och vidare avrinning i ytliga dräneringssystem ner mot dike till Norasjön. Troligtvis sker utströmningen till följd av en trång sektion längs dalstråket i höjd med E4, vilken begränsar grundvattenströmning vidare söderut. Drygt 100 m söder om E4 ligger grundvattennivån redan avsevärt lägre (4–5 m) jämfört med i dalstråket norr om E4, vilket vidare styrker uppfattningen om att det finns en trång sektion för grundvattenflöde i höjd med E4.

Korttidsprovpumpningar som utförts inom dalstråket mellan Långsjön och E4 har visat på att jordarna har goda vattenförande egenskaper, se *OLP4-50GT-025-42000-0_0-2308, Utvärderings-PM Korttidspumpningar, Tullgarn samt OLP4-50GT-025-42000-0_0-2309, Bilaga 1; Redovisning av utvärderingar i Aqtesolv.*

Grundläggning befintlig järnväg

Ingen relationshandling har hittats för järnvägen. Urgrävning kan ha använts där ingen lera verkar finnas kvar under järnvägen (området med torv och postglacial lera enligt SGU:s jordartskarta). Söder om Ostlänken visar undersökningspunkterna att lera finns kvar under fyllningen, vilket betyder att spåret kan sätta sig på dessa sträckor.

Bedömning av påverkan på befintlig järnväg

Totalsättningskravet för nybyggd järnväg är 0,2 m enligt TK Geo, kapitel 3.3 (160<Sth<200).

Bedömd grundvattensänkning inom dalstråket mellan Långsjön och E4, där Ostlänken korsar under befintlig järnväg, uppgår till mellan 0 och 2 m. Detta under förutsättning att konventionell tätning av bergtunneln utförs som skadeförebyggande åtgärd. Närheten till Långsjön och dess funktion som positiv hydraulisk rand förväntas bidra till att begränsa omfattningen av grundvattenpåverkan längs dalstråket i stort. I området närmst Långsjöns strand, norr om Ostlänken, bedöms avsänkningarna komma att understiga 1 m. I området lokalt ovan Ostlänken bedöms avsänkningarna bli som mest 2 m. Risk finns för avsänkta nivåer av samma storleksordning även inom de södra delarna av dalstråket, i riktning mot E4.

Det finns risk för sättningar till följd av grundvattensänkningar i både bygg- och driftskedet där lera finns kvar under fyllningen. En känslighetsanalys har gjorts för sträckan söder om Ostlänken där störst påträffad lermäktighet har påträffats i sonderingarna (det går inte att utesluta att mäktigare lermäktigheter förekommer i området). Sättningsberäkningar har utförts för 0,5 till 2 m grundvattensänkning. Resultaten redovisas i Bilaga 1. Vid aktuell delsträcka överskrider sättningskravet vid bedömd avsänkning om ingen skyddsåtgärd vidtas.

Beräknade sättningar för bedömd avsänkning medför behov av åtgärder avseende Nyköpingsbanan. Trafikverket kommer att under både byggskedet och driftskedet utföra tillräckliga åtgärder så att påverkan på trafiken på denna anläggning minimeras. Dessa åtgärder kan vara av lastreducerande alternativt förstärkande karaktär så som skyddsinfiltration, lättfyllning alternativt andra förstärkningsåtgärder. Genom kontroller, övervakningar och uppföljningar under och efter byggtiden kan skyddsåtgärder sättas in vid behov och säkerställa anläggningens funktion.

Efter utförande av kompletterande undersökningar under våren 2023 har det bedömts att skyddsinfiltration skulle kunna vara en möjlig åtgärd för att begränsa skadliga avsänkningar av grundvattennivån längs Nyköpingsbanan. Skadliga grundvattenavsänkningar i sättningskänsliga områden bedöms kunna begränsas till

<0,3 m genom utförande av skyddsinfiltration. Enligt utförd känslighetsanalys överskrids sättningskravet inte vid bedömd avsänkning med skyddsinfiltration (<0,3 m), se Bilaga 1.

Vid Nyköpingsbanan behövs täta kontroller och övervakning för att kunna införa lämplig skyddsåtgärd innan anläggningen tar skada. I det fall större förstärkningsåtgärder krävs i driftskedet bidrar det till längre stopp på Nyköpingsbanan.

Andra rörelser i spåret orsakade av annat än en grundvattensänkning kan uppkomma, så ett kontrollprogram behöver innehålla all påverkan på spåren och alla åtgärder. Ett separat kontrollprogram upprättas för arbeten i tunnel under spåren.

8 Osäkerheter

Bedömning av grundvattenberoende grundläggning baseras bland annat på SGU:s jordartskarta (skala 1:25 000). Exempelvis har objekt som ligger på berg enligt jordartskartan inte utretts vidare. Detta kan medföra att några objekt och framför allt några delar av E4 som bedöms ha ej grundvattenberoende grundläggning kan vara känsliga för grundvattensänkningar ändå. De mest känsliga delarna av E4, dvs. de delarna som ligger på störst lermåktigheter uppskattas dock redovisas i föreliggande dokument. Denna osäkerhet bedöms inte påverka bedömning om behov av skyddsåtgärder eller kontrollprogram. Underlaget som har använts vid bedömning av känslighet för varje riskexponerat objekt framgår under respektive kapitel i både föreliggande dokument och i Bilaga 1.

Vissa analyser har utförts med begränsad information, exempelvis om:

- Fastighetsägare saknar information om grundläggning eller innehar felaktig information
- Få undersökningar finns vid riskexponerade objekt (utförda undersökningar vid varje riskexponerat objekt framgår av Bilaga 1)
- Inga laboratorieförsök har utförts i samma geologisk formation (enligt jordartskartan).

Inga relationshandlingar har hittats för grundläggning av E4. Sättningar beräknas med konservativa antagande för att hantera dessa osäkerheter. Osäkerheterna bedöms inte påverka bedömning om behov av skyddsåtgärder eller kontrollprogram.

Nya byggnader som registrerades efter 2016 redovisas inte på figurerna. Det har dock verifierats att dessa byggnader ligger utanför påverkansområdet eller på fast mark och att de inte kommer att påverkas negativt av grundvattensänkningar vid byggnation och drift av Ostlänken, se bilaga 2 och bilaga 3.

Filnamn: OLP4-04-025-42000-0_0-0027 (1)

Projektnamn Skapat av (Leverantör)
Ostlänken Pauline Meneust
Ärendenummer Granskat av (Leverantör)
TRV 2014/48912 Lovisa Hassellund
Godkänt av (Leverantör)
Henrik Tham

Godkänt datum
2023-11-21
Sidor
1(50)

Rev Datum
-
Version
_6



OSTLÄNKEN

OLP4 SÖDERTÄLJE - TROSA

LÅNGSJÖN - SILLEKROG

Bandel 506, KM 14+700 - 27+860

PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning 4.2

Bilaga 1, Sättningsberäkningar

UTREDNING



Innehållsförteckning

1	Påverkan på in situ spänning vid grundvattensänkningar	3
2	Byggnader.....	4
2.1	Km 19+000–21+500 Passage Vagnhärad's trafikplats	4
2.1.1	Fredriksdal 2:2, km 20	4
2.2	Km 21+500–23+500 Trosaåns dalgång	13
2.2.1	Indata för sättningsberäkningar	15
2.2.2	Resultat	16
3	Risksträckor E4	18
3.1	Tullgarnstunneln, km 15+000–15+100 (E4 lm 13/850–13/950)	18
3.2	Tullgarnstunneln, km 15+200–15+400 (E4 lm 13/660–13/760).....	22
3.3	Tullgarnstunneln, km 16+000 och km 16+100 (E4 lm 12/950–13/020 och lm 12/820–12/920).....	25
3.4	Noradikets dalgång, km 18+800–19+400.....	30
3.5	Trafikplats Vagnhärad, km 19+400–20+230.....	38
4	Risksträckor befintlig järnväg	46
4.1	Nyköpingsbanan, km 17+500	46

Längs järnvägslinjen finns det anläggningar och byggnader som riskerar att skadas vid grundvattensänkningar och dessa objekt har utretts med avseende på påverkan.

1 Påverkan på in situ spänning vid grundvattensänkningar

Grundvattensänkningar leder till en minskning av portrycket i jorden där grundvattensänkningen sker, dvs. en ökning i effektivspänningen. Den nya effektivspänningen kan överskrida spänningen jorden är konsoliderad för, vilket betyder att jorden kommer att sätta sig under en viss tid.

Sättningsberäkningar har utförts med beräkningsprogrammet Geosuite Settlement som tillhandahålls av Trimble. Beräkningsprogrammet Geosuite Settlement har sitt ursprung från norsk praxis och har implementerats med Chalmersmodellen. Den jordmodell som har använts i programmet kallas för Chalmers with creep och Chalmers without creep. Permeabilitetsmodellen kallas för Log based strain.

Hänsyn tas till krypsättningar i undergrunden i enlighet med TK Geo TDOK 2013:0667.

Sättningar i underliggande friktionsjord har inte beaktats.

Beräkningar har utförts för att kunna bedöma sättningskänsligheten i området. Enligt TK Geo TDOK 2013:0667 beräknas dimensionerande sättningar för en dimensioneringsperiod av 40 år.

De redovisade resultaten är beräknade sättningar med analyserade parametrar i enstaka punkter och nivåer och visar därmed endast storleken av den sättning som kan förväntas med respektive antagna grundvattennivåsänkningar. Lokala variationer inom respektive område kan förekomma med avseende på lerans mäktighet och egenskaper.

Grundvattensänkningen modelleras med 0,1 m sänkning om dagen (0,0027 år).

En bedömning finns för varje anläggning och byggnad om vilket tidsspänn som påverkan är aktuell för 2 år, 10 år och 40 år, vilket motsvarar tid för byggskede, driftskede och ett mellansteg mellan dessa.

Totalsättningskravet för E4 är 30 cm enligt TK Geo 13, kapitel 3.2.1. Inventerade sättningar i E4 ska beaktas.

Kravet på differentialsättning varierar med övergångszonens längd mellan olika grundförstärkningar och geotekniska förhållanden och redovisas under respektive kapitel. Generellt för E4 ska differenssättningar (cm) inte överskrida 0,43*avstånd (m) mellan olika förhållandena enligt TK Geo 13, kapitel 3.2.3.

Parametrar från CRS-försök

σ'_c = förkonsolideringstryck (kPa)

σ'_L = gränstryck (kPa)

M_o = kompressionsmodul under förkonsolideringstrycket.

M_L = kompressionsmodul över förkonsolideringstrycket.

M' = kompressionsmodul för spänningar över gränstrycket.

k_i = initial permeabilitet.

β_k = ändring av permeabilitet med kompression

Indata för Geosuite Settlement utöver resultat från CRS-försök

n = porositet

a_o och a_1 = faktorer som beskriver övergången mellan M_o och M_L

b_o och b_1 = faktorer som beskriver övergången mellan r_o och r_1

t_{ref} = referenstiden

K_{init} = jordens in-situ permeabilitet

r_o = tidsmotståndstalet för spänningar upp till b_o x förkonsolideringstrycket

r_1 = tidsmotståndstalet för spänningar som överstiger b_1 x förkonsolideringstrycket

PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning 4.2, Bilaga 1, Sättningsberäkningar

Kryppparametrar

I de jordlager där krypning beaktas har även följande värden antagits.

$r_0 = r_0$ bestäms enligt klassning av belastningsfall mot förkonsolideringstrycket. Två fall finns, belastningsfall under förkonsolideringstrycket och över förkonsolideringstrycket.

$$r_1 = 75/w_L^{1,5}$$

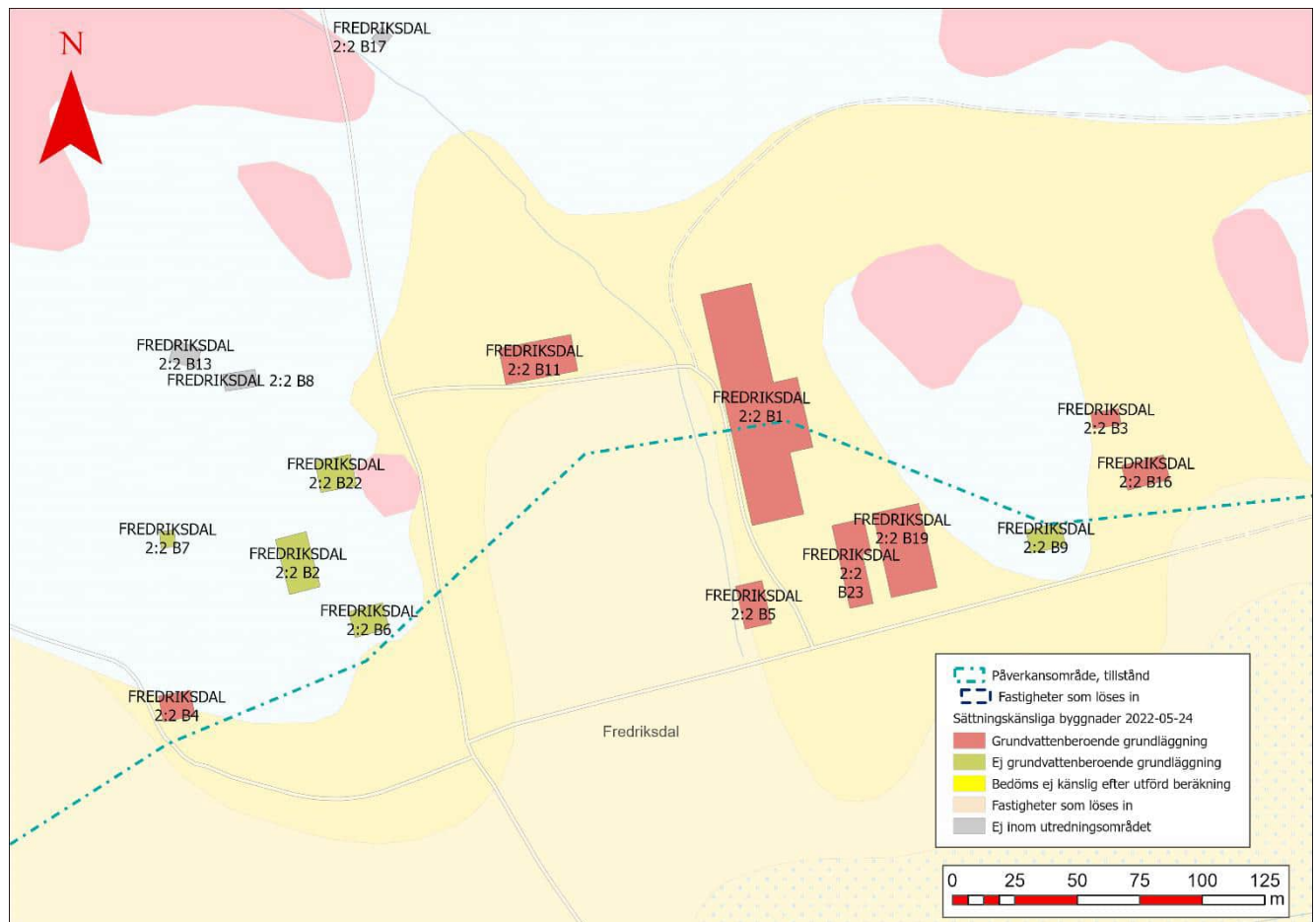
$$b_0 = 1/OCR$$

$$b_1 = 1,1$$

2 Byggnader

2.1 Km 19+000–21+500 Passage Vagnhärads trafikplats

2.1.1 Fredriksdal 2:2, km 20



Figur 1. Fredriksdal 2:2. © SGU, jordartskarta

Byggnaderna kan komma att påverkas av temporära grundvattensänkningar under byggnation av det södra påslaget för Tullgarnstunnel och vid anläggning av bron över Noradikets dalgång och E4.

Sättningar har beräknats för oförstärkt jord, som funktion av den effektiva vertikala spänningsökningen i jorden. En bedömning av befintliga laster har utförts för varje byggnad baserad på arean och ca 10 kPa per våning. Vid höga grundsulor eller höga väggliv har 15 kPa används. Denna last har antagits att fördelas på en kantförstyvning vars bredd är 1 meter om inget annat anges i Tabell 1. Beräkningarna har utförts för 30 kPa och

PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning 4.2, Bilaga 1, Sättningsberäkningar



90 kPa, vilket dels motsvarar de laster som påverkar flertalet byggnader respektive den största lasten, se Tabell 1. Vid utförda beräkningar har den kantförstyvningen antagits ha oändlig längd.

Byggnad B11 är grundlagd delvis på plintar på platta på mark och delvis på plintar på jordgolv eller makadambädd. För den byggnaden har två beräkningsfall studerats. Sättningar har beräknats med en fördelad last på 20 kPa på en area som motsvarar hälften av byggnaden samt med en last på en enstaka plint på 75 kPa, se Tabell 1.

Nedan redovisas sättningsberäkningar för fastighet Fredriksdal 2:2 och med indata enligt Tabell 2–Tabell 4.

Tabell 1. Bedömda laster för varje byggnad vid Fredriksdal 2:2>1.

Byggnadsnummer	Längd	Bredd	Total Last	Last på oändlig lång kantförstyvning	Byggår	Hur mycket tål byggnaden? (Differenssättningskrav 1/500)
B16	17 m	10 m	10 kPa	30 kPa	Före 1960	2 cm
B19	34 m	18 m	10 kPa	60 kPa	Mellan 1975 och 2010	4 cm
B23	33 m	8 m	10 kPa	30 kPa	Före 1960	2 cm
B1	94 m	20 m	15 kPa	90 kPa	Före 1960	4 cm
B5	17 m	10 m	10 kPa	30 kPa	Mellan 1975 och 2010	2 cm
B11	27 m	15 m	20 kPa	20 kPa på 180 m ²	Före 1960	3 cm
				$20 \cdot 5 \cdot 3 / 4 = 75 \text{ kPa}^*$ på 0,16 m ²		
B4	12 m	10 m	10 kPa	40 kPa	Före 1960	2 cm

*10 plintar i längden och 4 plintar i bredden.



Figur 2. Utförda (gröna/gula cirklar, lila trianglar och orangea punkter) undersökningar vid fastighet Fredriksdal 2:2>1. Orangea cirklar har ej utförts enligt plan.

CRS-försök har utförts på prover som tagits i punkt 19G3023 som redovisar ca 10 m lera under fyllning med begränsad mäktighet. Punkt 19G3024 visar 1,5 m torrskorpelera ovan 5 m lera ovan friktionsjord. I punkt 19G3022 påträffas 6 m lera under fyllning med begränsad mäktighet. Under den norra delen av byggnad B1 har ca 3 m jord grävts bort för att få en plan terrassyta för byggnaden.

Tabell 2. Indata till sättningsberäkningar vid fastighet Fredriksdal 2:2>1.

Last	CRS-försök	Lermäktighet (inkl. torrskorpa)	Torrskorpa	GV	MY	Hur mycket tål byggnaden?
30 kPa, på oändlig lång kantförstyvning, 1 m bredd	19G3023	5 m	1,5 m	Grundvatten vid markytan eller max +18*		2 cm
		10 m	0 m			
90 kPa, på oändlig lång kantförstyvning, 1 m bredd		3 m	0 m			4 cm
		10 m	0 m			
20 kPa på 180 m ²		10 m	0 m			3 cm
75 kPa på 0,16 m ²		10 m	0 m			

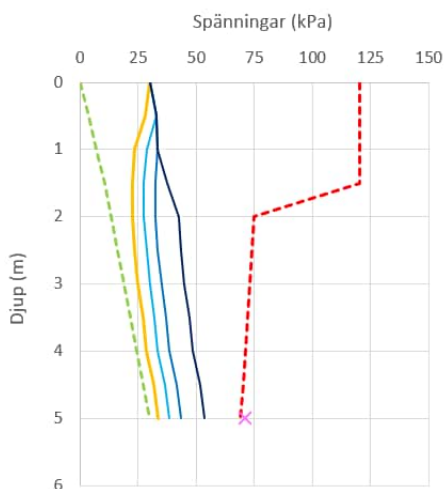
* Portrycksutjämning som utfördes i CPT-sondering 19G3023 visar artesiskt vatten med upp till ca 2 m ovan markytan. Det hydrogeologiska underlaget är begränsat vid byggnaderna varför sättningsberäkningar utförs konservativt med en medelgrundvattennivå vid markytan.

Tabell 3. Indata till sättningsberäkningar vid fastighet Fredriksdal 2:2>1 – lerparametrar.

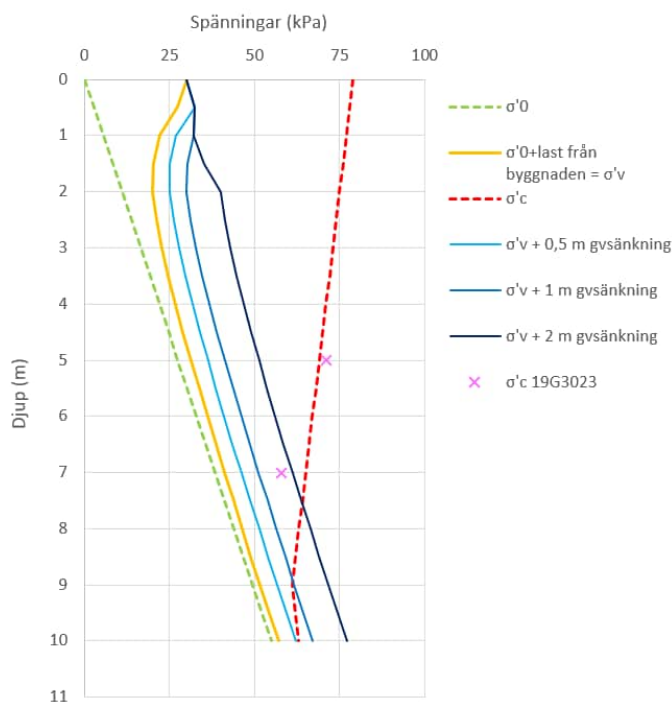
	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kN/m ²]	M_L [kN/m ²]	M' [-]	σ'_c [kN/m ²]	σ'_L [kN/m ²]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Torrskorpa	0	17	30	7500	7500	12	120	300	1,0E-08	0,315	4
	0-1,5	17	30	7500	7500	12	120	300	1,0E-08	0,315	4
Lera 1	0-1,5	15,5	15	3750	135	18	79-76	80	7,9E-10	0,025	4
	6	15,5	13	3250	135	18	67	80	7,9E-10	0,025	4
Lera 2	6	15,5	13	3250	135	18	67	80	7,9E-10	0,025	4
	10	15,5	15	3750	210	20	61	80	7,9E-10	0,025	4

* Har beräknats enligt $250c_u$

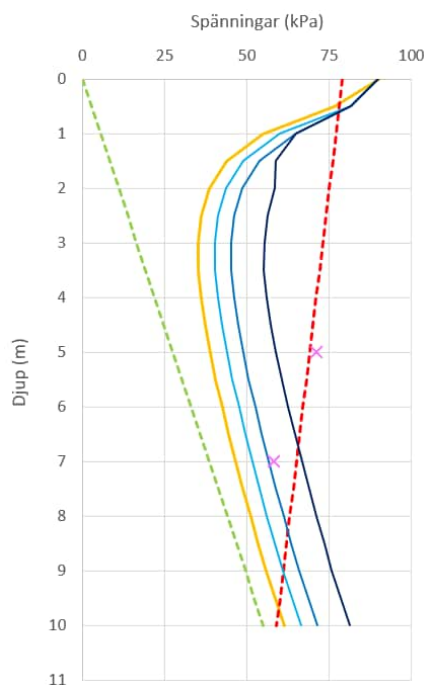
Med en last på 30 kPa är effektivspänningen i jorden efter mellan 0,5 och 2 meter grundvattensänkning fortfarande lägre än σ_{ref} , ner till 6 m djup vilket betyder att inga krypdeformationer kommer att ske i det översta lerlagret vid dessa avsänkningar, se Figur 3 och Figur 4. Sättningar beräknas med krypning där effektivspänningen överstiger σ_{ref} . Spänningsdiagram för varje beräkningsfall framgår av Figur 3–Figur 8. Sättningar beräknas först för spänningsökningen i jorden från byggnaden.



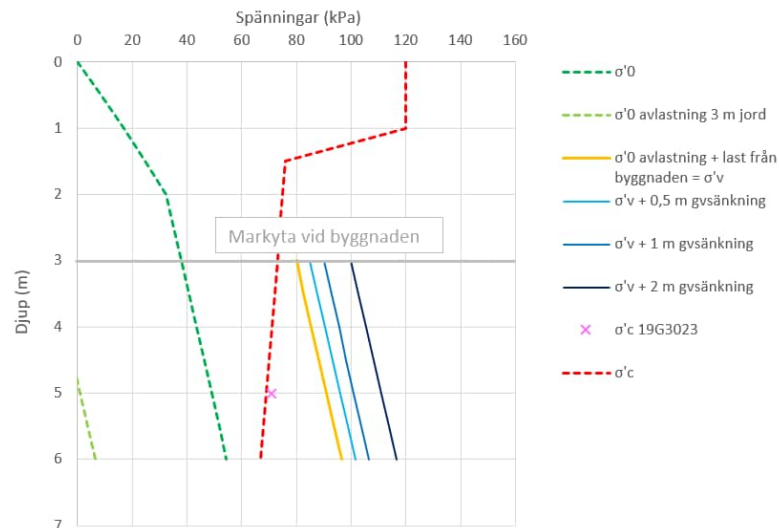
Figur 3. Spänningar med en last från byggnaden på 30 kPa. 5 m lera.



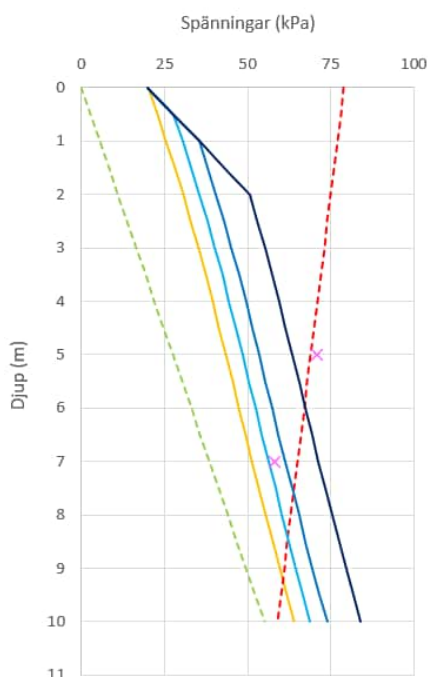
Figur 4. Spänningar med en last från byggnaden på 30 kPa. 10 m lera och ingen torrskorpelera.



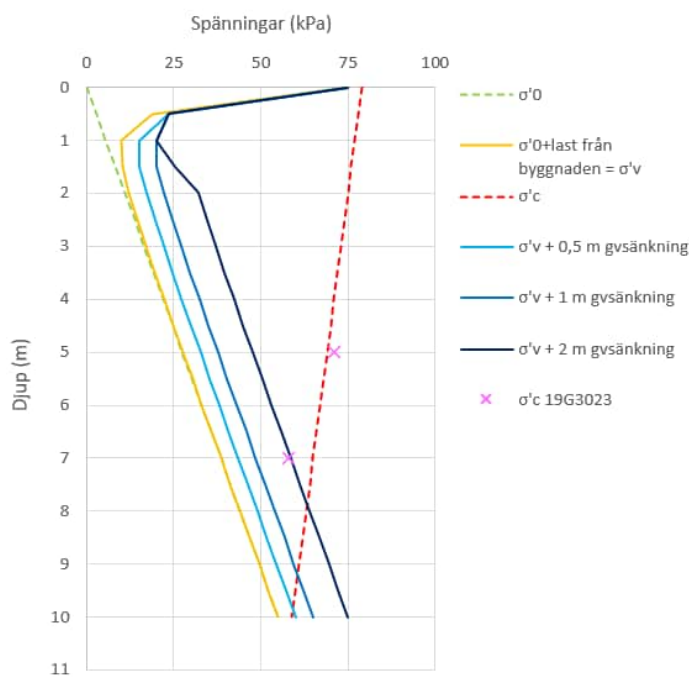
Figur 5. Spänningar med en last från byggnaden på 90 kPa. 10 m lera.



Figur 6. Spänningar med en last från byggnaden på 90 kPa. 6 m lera. Urgrävning vid den norra delen av byggnad B1.



Figur 7. Spänningar med en fördelad last från byggnaden på 20 kPa. 10 m lera.

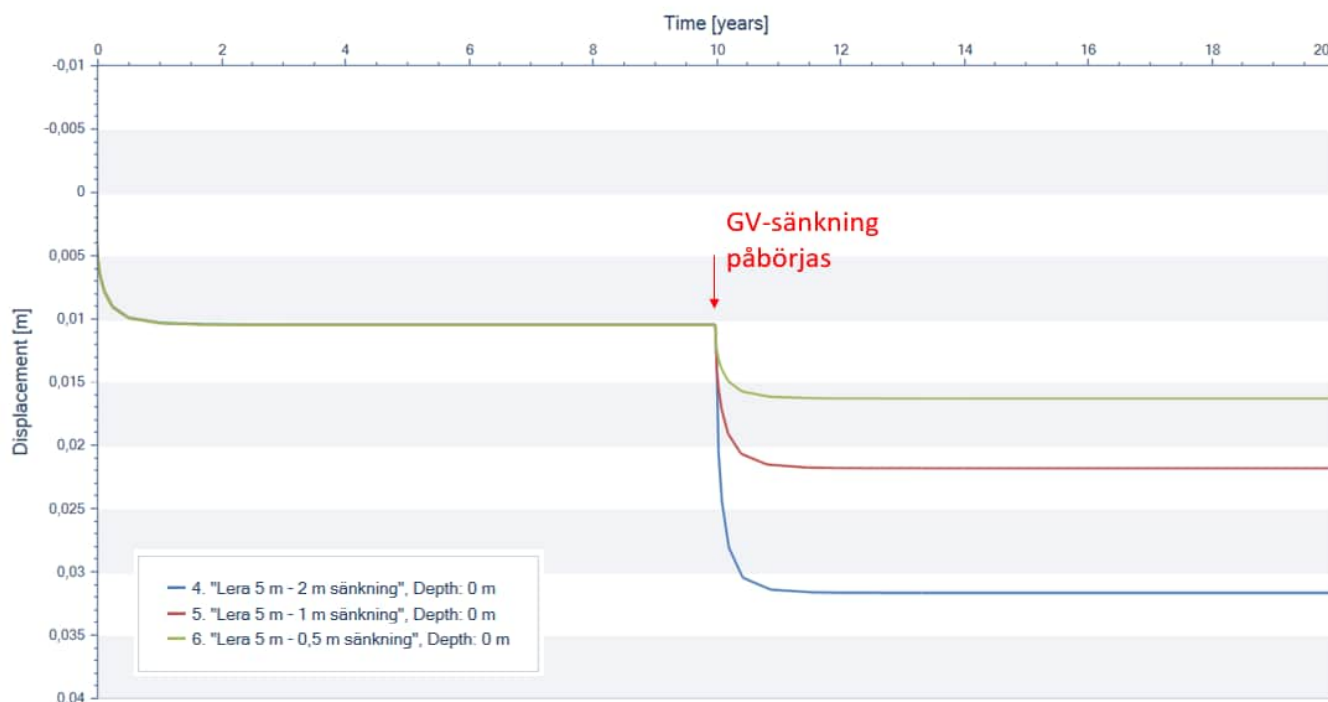


Figur 8. Spänningar med en last från byggnaden på 75 kPa. 10 m lera.

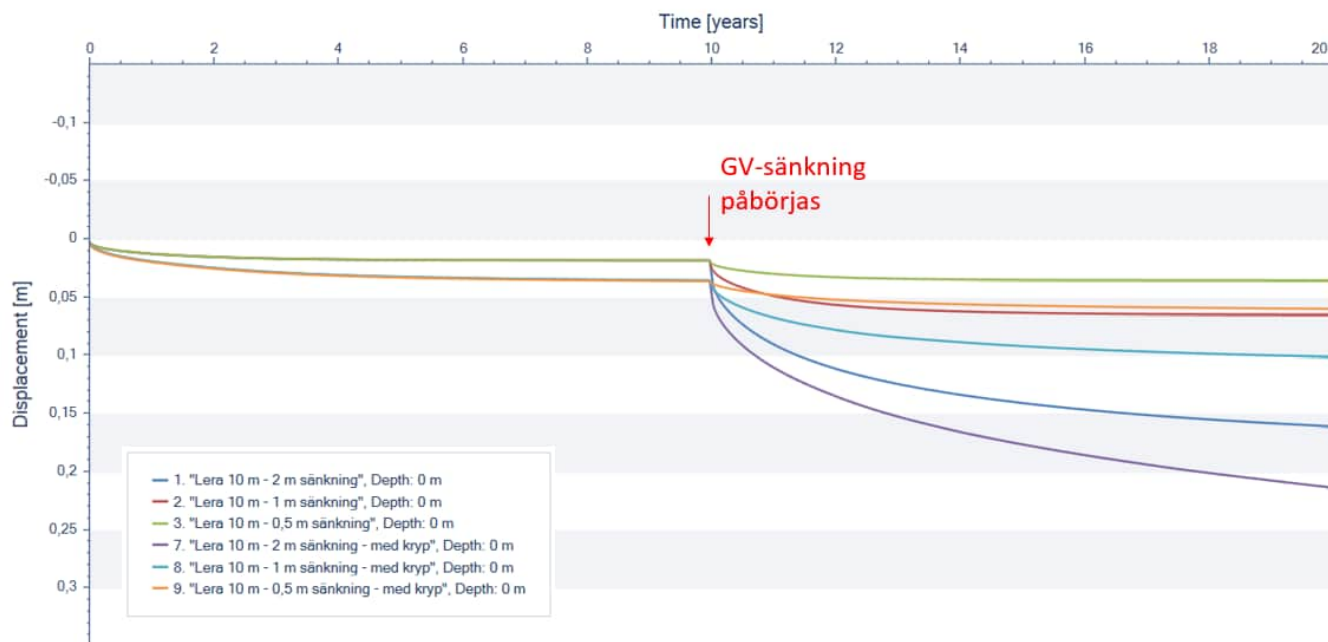
Tabell 4. Indata till sättningsberäkningar med krypning vid fastighet Fredriksdal 2:2>1 – lerparametrar för 10 m lera och 90 kPa, 2 m grundvattensänkning.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_0 [-]	b_1 [-]	r_0 [-]	r_1 [-]
Lera 1	0	15,5	80	1	1	1,1	360	110
	1	15,5	80	1	1	1,1	360	110
Lera 1b	1	15,5	80	1,8	0,55	1,1	7650	110
	6	15,5	80	1,8	0,55	1,1	7650	110
Lera 2	6	15,5	80	1,6	0,6	1,1	2250	110
	10	15,5	80	1	1	1,1	360	110

Beräkning av sättningar utförs med syftet att uppskatta om det kan uppkomma skadliga sättningar under de identifierade objekten. Beräknade sättningar redovisas i Figur 9–Figur 14 och i Tabell 5. Det har observerats pågående eller avstannade sättningar för byggnad B1 och B11 vid fältinventering 2020, vilket stämmer med resultaten av sättningsberäkningarna nedan.



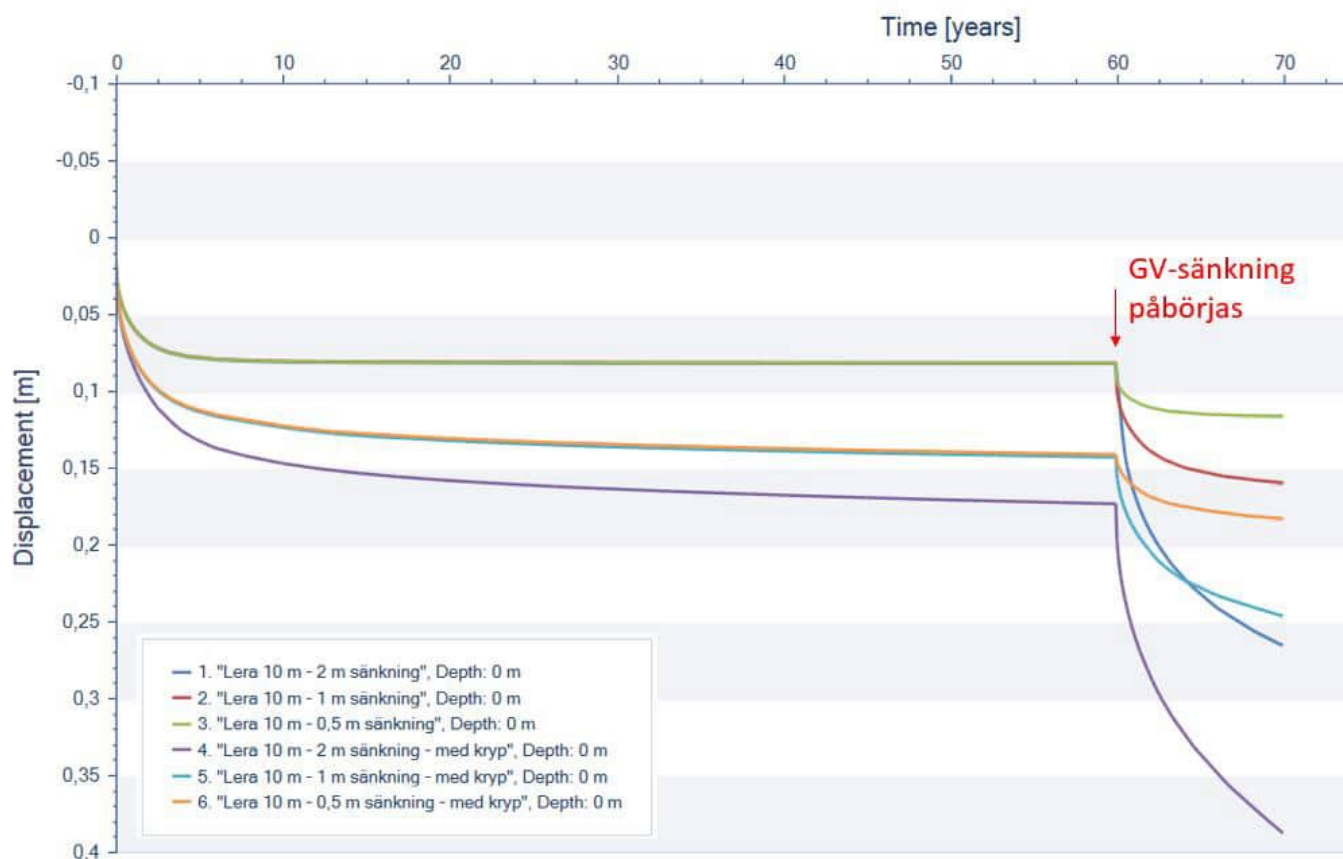
Figur 9. Beräknade sättningar vid fastighet Fredriksdal 2:2>1 för 0,5 till 2 m grundvattensänkning och 5 m lera. Last från befintlig byggnad 30 kPa – Utan kryppning.



Figur 10. Beräknade sättningar vid fastighet Fredriksdal 2:2>1 för 0,5 till 2 m grundvattensänkning och 10 m lera. Last från befintlig byggnad 30 kPa – Med och utan kryppning.



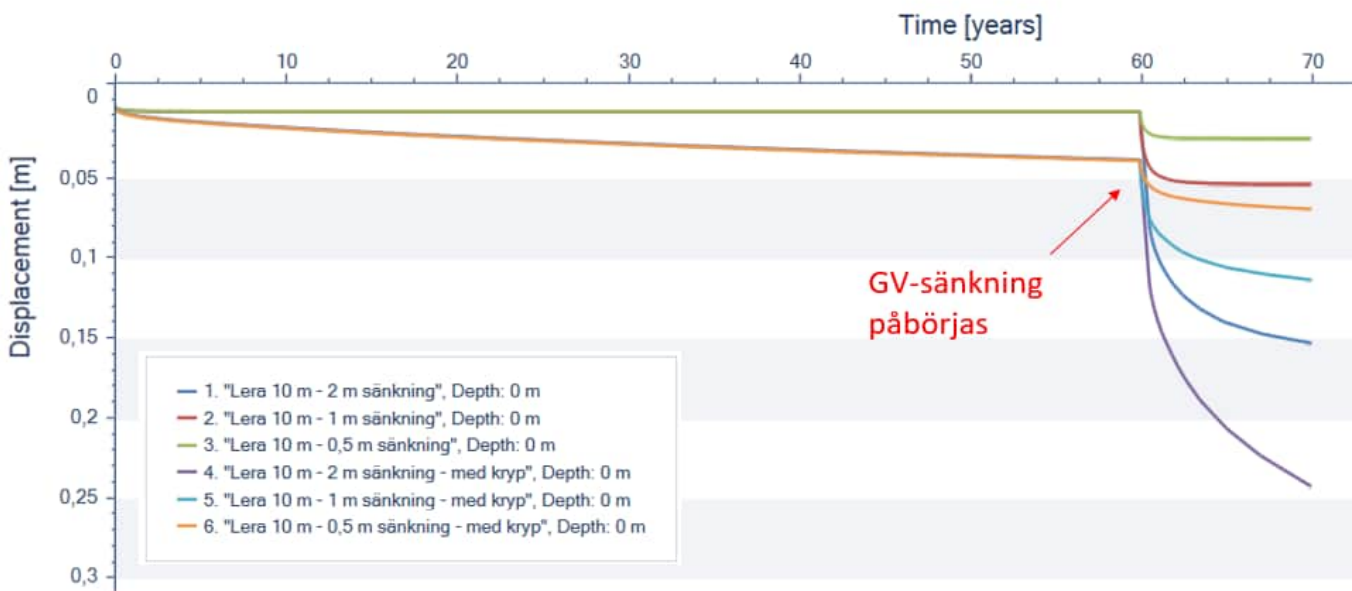
Figur 11. Beräknade sättningar vid fastighet Fredriksdal 2:2>1 för 0,5 till 2 m grundvattenssänkning och 3 m lera. Last från befintlig byggnad 90 kPa – Med och utan krypning.



Figur 12. Beräknade sättningar vid fastighet Fredriksdal 2:2>1 för 0,5 till 2 m grundvattenssänkning och 10 m lera. Last från befintlig byggnad 90 kPa – Med och utan krypning.



Figur 13. Beräknade sättningar vid fastighet Fredriksdal 2:2>1 för 0,5 till 2 m grundvattensänkning och 6 m lera. Fördelad last från befintlig byggnad 20 kPa – Med och utan kryppning.



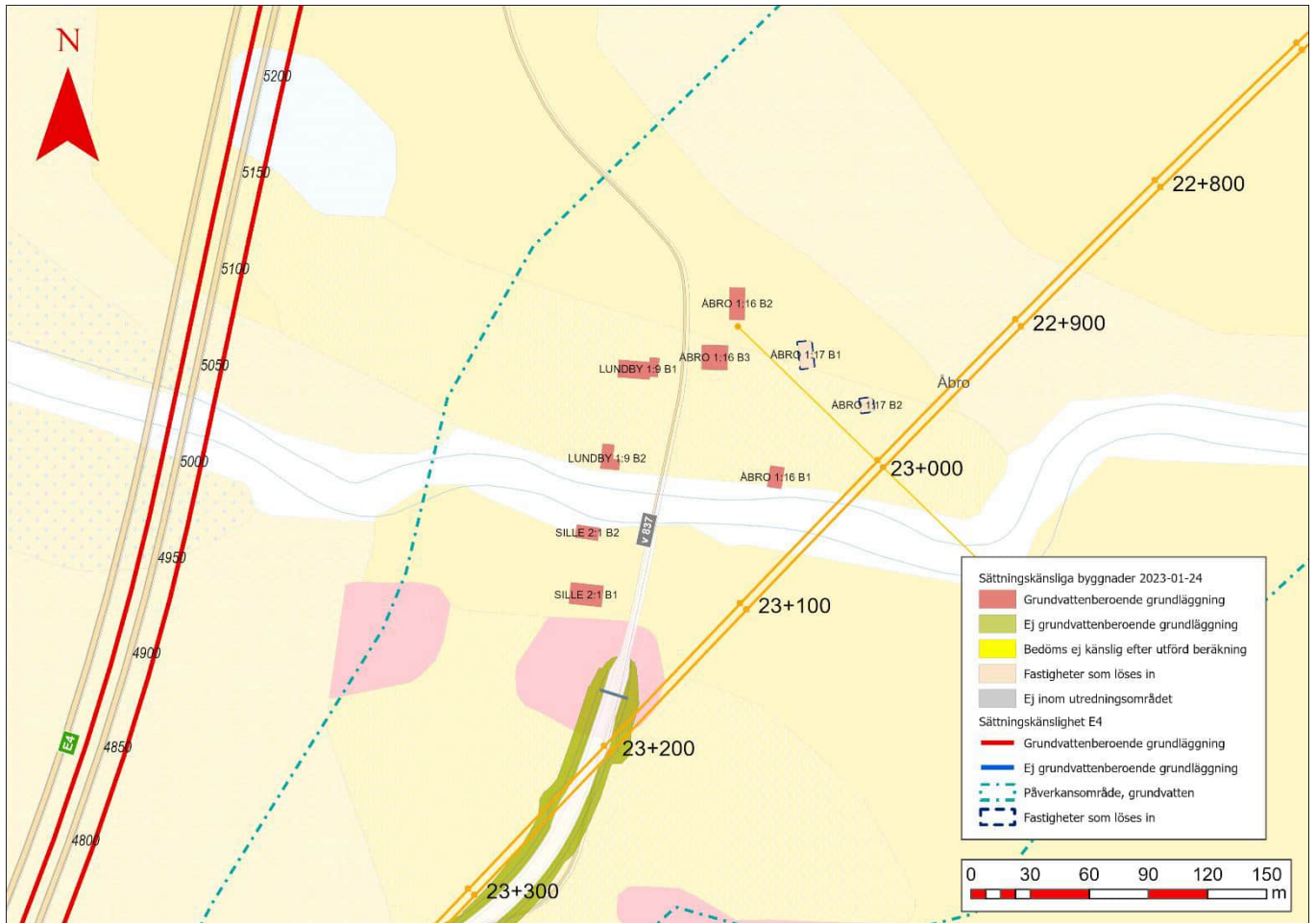
Figur 14. Beräknade sättningar vid fastighet Fredriksdal 2:2>1 för 0,5 till 2 m grundvattensänkning och 6 m lera. Last från befintlig byggnad 75 kPa – Med och utan kryppning.

Tabell 5. Resultat av sättningsberäkningar vid fastighet Fredriksdal 2:2>1.

Last	Ler- mäktighet (m)	Beräknad sättning med last från byggnad	Grundvatten- avsänkning (m)	Beräknad sättning (cm)				Sättningskrav (cm)
				Utan kryp		Med kryp		
				2 år	10 år	2 år	10 år	
30	5	1 cm	Bedömd < 0,5 m	1	1	-	-	2
			1	2	2	-	-	
			2	2	2	-	-	
	10	Utan krypning: 2 cm Med krypning: 4 cm	Bedömd 0,5 m	1	2	2	2	
			1	4	5	4	7	
			2	9	14	10	18	
90	3	Utan krypning: 8 cm Med krypning: 19 cm	Bedömd < 0,5 m	<1	<1	<1	1	4 (sättningar har observerats för B1)
			1	1	1	1	1	
			2	3	3	3	4	
	10	Utan krypning: 8 cm Med krypning: 17 cm	Bedömd 0,5 m	3	3	3	4	
			1	6	8	6	10	
			2	11	18	11	22	
20	10	Utan krypning: 6 cm Med krypning: 14 cm	Bedömd 0,5 m	3	5	2	5	3 (sättningar har observerats för B11)
			1	6	10	5	11	
			2	11	21	10	21	
75	10	Utan krypning: 1 cm Med krypning: 4 cm	Bedömd < 0,5 m	3	3	2	3	
			1	4	4	5	7	
			2	11	15	12	20	

Bedömd avsänkning är mindre än 0,5 m i området, vilket skapar risk för skador på byggnader där sättningar redan har uppkommit. Skyddsåtgärder som planeras för E4 i form av skyddsinfiltration kommer även att skydda dessa byggnader.

2.2 Km 21+500–23+500 Trosaåns dalgång



Figur 15. Byggnaderna vid Trosaåns dalgång. © SGU, jordartskarta

På delsträckan kan temporär grundvattensänkning i byggskedet uppkomma i samband med grundläggning av brostöd. Detta kommer ge upphov till ett påverkansområde i byggskedet som innefattar flera byggnader med grundvattenberoende grundläggning i Trosaåns dalgång.

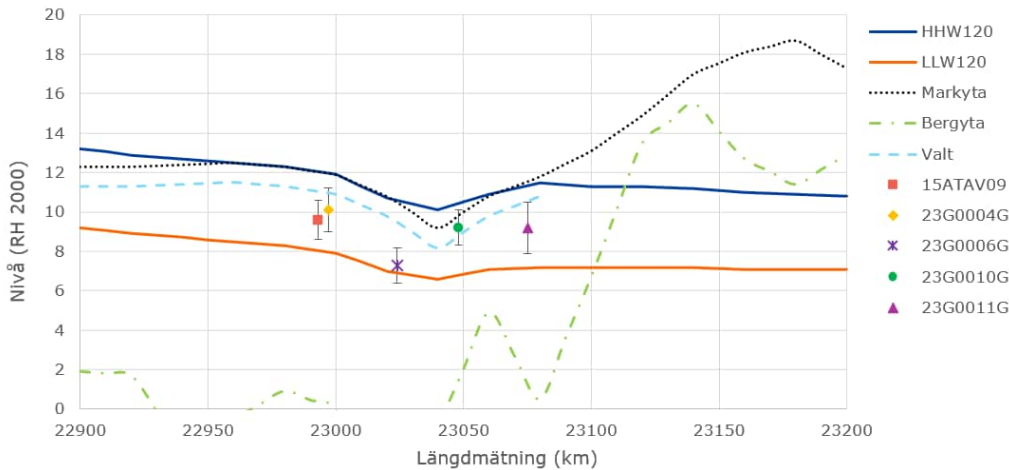
Byggnaderna bedöms ligga på siltig jord enligt utförda undersökningar vid ån. Överslagsberäkning som beskrivs under föreliggande kapitel utfördes med en ökande modul mot djupet. Modulen bestämdes utifrån Janbus relation. Jämförelse med elasticitets moduler utvärderade i Conrad utifrån utförda CPT-sonderingar framgår av Figur 17.

Janbus relation:

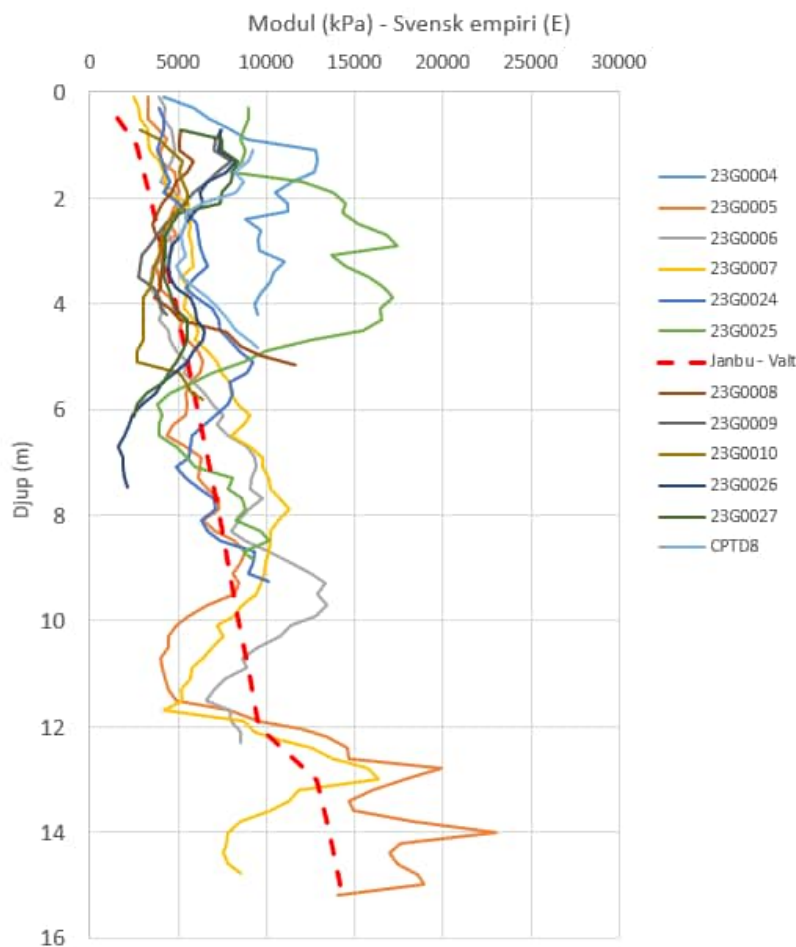
$$M = m\sigma_j' \left(\frac{\sigma'}{\sigma_j'}\right)^{1-\beta}$$

Där m = kompressionsmodultalet som sätts till 100 i siltig jord
 β = spänningsexponent som sätts till 0,25 i siltig jord
 σ' = effektivt vertikalltryck
 σ_j' = jämförelsetryck, som regel 100 kPa

Grundvattennivån antas konservativt ligga en meter under markytan vid alla byggnader. Diagrammet i Figur 16 visar dimensionerande grundvattennivåer vid planerad järnvägslinje för en återkomsttid om 120 år och grundvattennivåer i grundvattenrör i området.



Figur 16. Profil som redovisar markyta, bergyta, lägsta lågvatten (LLW) och högsta högvatten (HHW) vid järnvägslinjen för en återkomsttid om 120 år.



Figur 17. Redovisning av vald modul (Janbus relation) och jämförelse med elasticitetsmoduler utvärderade i Conrad från utförda CPT-sonderingar i området.

CPT sonderingar samt grundvattenrör som har använts vid utvärdering av deformationsmoduler redovisas i Figur 18..



Figur 18. Utförda undersökningar (gröna trianglar och vita cirklar) vid Trosaån. De orangea cirklarna är planerade undersökningar som kräver dispens från Länsstyrelsen.

En känslighetsanalys av påverkan från sättningar vid olika jorddjup och olika grundvattensänkningar har utförts. Siltmäktigheten nedan avser variation av mäktighet under en enda byggnad. Resultaten redovisas generellt i Tabell 6.

Tabell 6. Resultat av sättningsberäkningar vid Trosaån.

Silte	Grundvattensänkning (m)					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
4 m	< 1 cm	1 cm	1 cm	2 cm	2 cm	2 cm
8 m	1 cm	1 cm	2 cm	3 cm	3 cm	4 cm

Under kapitlet nedan redovisas indata och resultaten mer specifikt för varje fastighet och med beräknade sättningar i förhållande till kravet som gäller för varje byggnad.

2.2.1 Indata för sättningsberäkningar

I Tabell 7 nedan redovisas indata för sättningsberäkningar för fastigheter Åbro 1:16, Åbro 1:17, Lundby 1:19 samt Sille 2:1. Beräkningar har utförts för olika siltmäktigheter och olika grundvattensänkningar baserat på utförda undersökningar och bedömd grundvattenavsänkning under varje objekt.

Tabell 7. Indata för sättningsberäkningar för fastigheter vid Trosaån.

Fastighet	Byggnadsnummer	Siltmäktighet	GV	MY	Hur mycket tål byggnaden? (Krav 1/500)	CPT-sonderingar
Åbro 1:16	B1	Beräknat sättning för 4–8 m	+9	+10	11 m lång – 2 cm	23G0004-10 23G0024-28 CPTD8
	B2	Beräknat sättning för 4–8 m	+14	+15	16 m lång – 3 cm	
	B3	Beräknat sättning för 4–8 m	+14	+15	13 m lång – 2 cm	
Åbro 1:17	B1	Beräknat sättning för 4–8 m	+14	+15	13 m lång – 2 cm	
	B2	Beräknat sättning för 4–8 m	+13	+14	6 m lång – 1 cm	
Lundby 1:9	B1	Beräknat sättning för 4–8 m	+14	+15	15 m lång – 9 m bredd – 2 cm	
	B2	Beräknat sättning för 4–8 m	+10	+11	12 m lång – 10 m bredd – 2 cm	
Sille 2:1	B1	Beräknat sättning för 4 m	+12	+13	16 m lång – 10 m bredd – 2 cm	
	B2	Beräknat sättning för 4 m	+10	+11	11 m lång – 6 m bredd – 1 cm	

2.2.2 Resultat

Resultat av känslighetsanalysen redovisas i Tabell 8 nedan.

Tabell 8. Resultat av känslighetsanalyser för fastigheter vid Trosaån.

Fastighet	Byggnadsnummer	Sättningskrav	Bedömd avsänkning	Siltmäktighet och grundvattensänkning
Åbro 1:16	B1	2 cm	Ca 2 m	Sättningskravet överskrids ej vid 4 m variation i siltmäktigheten och upp till 3,0 m grundvattensänkning. Sättningskravet överskrids från 2,0 m grundvattensänkning vid 8 m variation i siltmäktigheten under byggnaden.
	B2	3 cm	Ca 1 m	Sättningskravet överskrids ej vid 4 m variation i siltmäktigheten och upp till 3,0 m grundvattensänkning. Sättningskravet överskrids från 3,0 m grundvattensänkning vid 8 m variation i siltmäktigheten under byggnaden.
	B3	2 cm	Ca 1 m	Sättningskravet överskrids ej vid 4 m variation i siltmäktigheten och upp till 3,0 m grundvattensänkning. Sättningskravet överskrids från 2,0 m grundvattensänkning vid 8 m variation i siltmäktigheten under byggnaden.
Åbro 1:17	B1	2 cm	Ca 1,5 m	Sättningskravet överskrids ej vid 4 m variation i siltmäktigheten och upp till 3,0 m grundvattensänkning. Sättningskravet överskrids från 2,0 m grundvattensänkning vid 8 m variation i siltmäktigheten under byggnaden.
	B2	1 cm	Ca 2 m	Sättningskravet överskrids från 2,0 m grundvattensänkning vid 4 m variation i siltmäktigheten och från 1,5 m grundvattensänkning vid 8 m variation i siltmäktigheten under byggnaden.

Fastighet	Byggnadsnummer	Sättningskrav	Bedömd avsänkning	Siltmäktighet och grundvattensänkning
Lundby 1:9	B1	1 cm	Ca 0,5 m	Sättningskravet överskrids från 2,0 m grundvattensänkning vid 4 m variation i siltmäktigheten och från 1,5 m grundvattensänkning vid 8 m variation i siltmäktigheten under byggnaden.
	B2	1 cm	Ca 0,5 m	Sättningskravet överskrids från 2,0 m grundvattensänkning vid 4 m variation i siltmäktigheten och från 1,5 m grundvattensänkning vid 8 m variation i siltmäktigheten under byggnaden.
Sille 2:1	B1	2 cm	Ca 0,5 m	Sättningskravet överskrids ej vid 4 m variation i siltmäktigheten och upp till 3,0 m grundvattensänkning.
	B2	1 cm	Ca 0,5 m	Sättningskravet överskrids från 2,0 m grundvattensänkning vid 4 m variation i siltmäktigheten under byggnaden.

3 Risksträckor E4

3.1 Tullgarnstunneln, km 15+000–15+100 (E4 lm 13/850–13/950)



Figur 19. E4 vid Tullgarnstunneln, lm 13/850–13/950. © SGU, jordartskarta

På delsträckan kan temporära grundvattensänkningar i byggskedet uppkomma mellan km 15+000 och 15+100 (13/850–13/950 för E4) i samband med uttag av processvatten för drivning av Tullgarnstunneln.

Sättningar har beräknats under E4 för olika grundvattensänkningar, som funktion av den effektiva vertikala spänningsökningen i jorden. Nedan redovisas sättningsberäkningar med indata enligt Tabell 9 och Tabell 10–Tabell 11.

Tabell 9. Indata till sättningsberäkningar under befintlig E4 – ca lm 13/900.

KM järnväg	CRS-försök	Lermäktighet (inkl. torrskorpa)	Torrskorpa (m)	Fyllning (m)	GV	MY	Hur mycket tål vägen? Sättningskrav för nybyggd väg
15+000–15+100	15G1003	Beräknat sättning för 4 m lera under 5 och 8 m fyllning	0,5	5–8	0,5 m u my (+26,5–+29,5)	+35	Avstånd till fast mark: 10 m Sättningskrav i längdled: 5 cm Totalsättningskrav: 30 cm



Figur 20. Utförda undersökningar (gröna cirklar och orangea punkter) vid km 15+000–15+100. Röda/orangea cirklar har inte utförts enligt plan.

Tabell 10. Indata till sättningsberäkningar vid km 15+000–15+100 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kN/m ²]	M_L [kN/m ²]	M' [-]	σ'_c [kN/m ²]	σ'_L [kN/m ²]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Torrsorpelera	0	17	30	7500	7500	12	120	300	1,0E-8	0,315	2
	0,5	17	30	7500	7500	12	120	300	1,0E-8	0,315	2
Lera	0,5	16	20	5000	1000	12	120	200	4,0E-10	0,0126	2
	4	16	14	3500	300	15	60	90	4,0E-10	0,0126	2

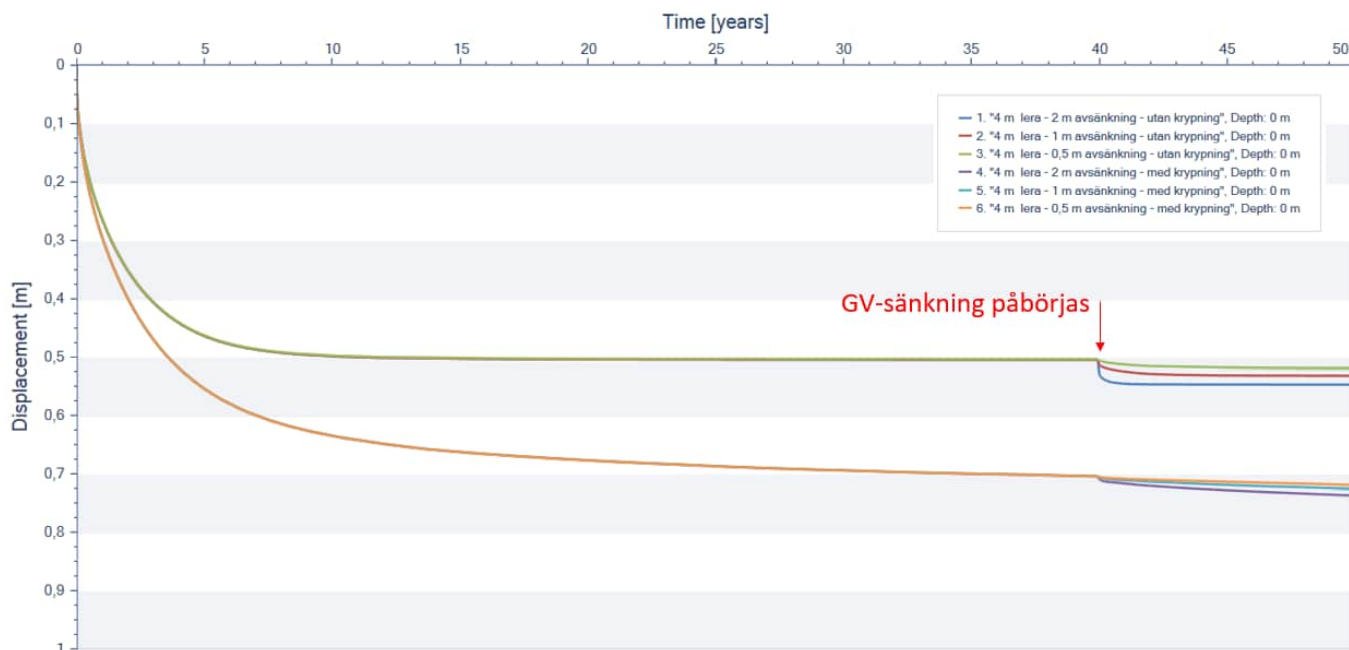
* Har beräknats enligt $250c_u$

Tabell 11. Indata till sättningsberäkningar med krypning vid km 15+000–15+100 – lerparametrar.

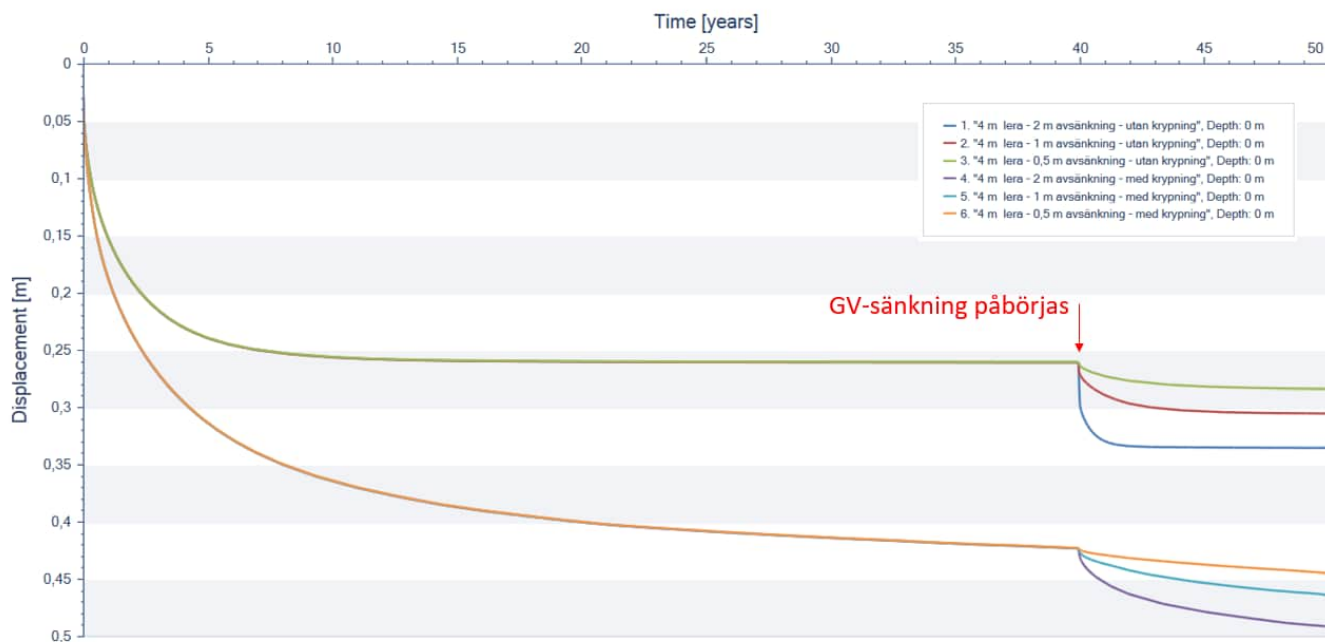
	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N^* [%]	OCR [-]	b_o [-]	b_1 [-]	r_o [-]	r_1 [-]
Lera	0,5	16	60	1	1	1,1	415	165
	4	16	60	1	1	1,1	415	165

*Vattenkvoten har reducerats från 70 % till 60 % på grund av rådande belastning från 5 till 8 m fyllnadsmaterial.

Beräkning av sättningar utförs med syftet att uppskatta om det kan uppkomma skadliga sättningar under befintlig E4 vid olika avsänkningar. Beräkningar utförs för 4 m lera och för 0,5 till 2 meter grundvattensänkning. Beräknade sättningar redovisas i Figur 25 och Tabell 16.



Figur 21. Beräknade sättningar under E4 vid ca lm 13/850 för 4 m lera under 8 m fyllning och 0,5 till 2 m avsänkning – Med och utan krypning.



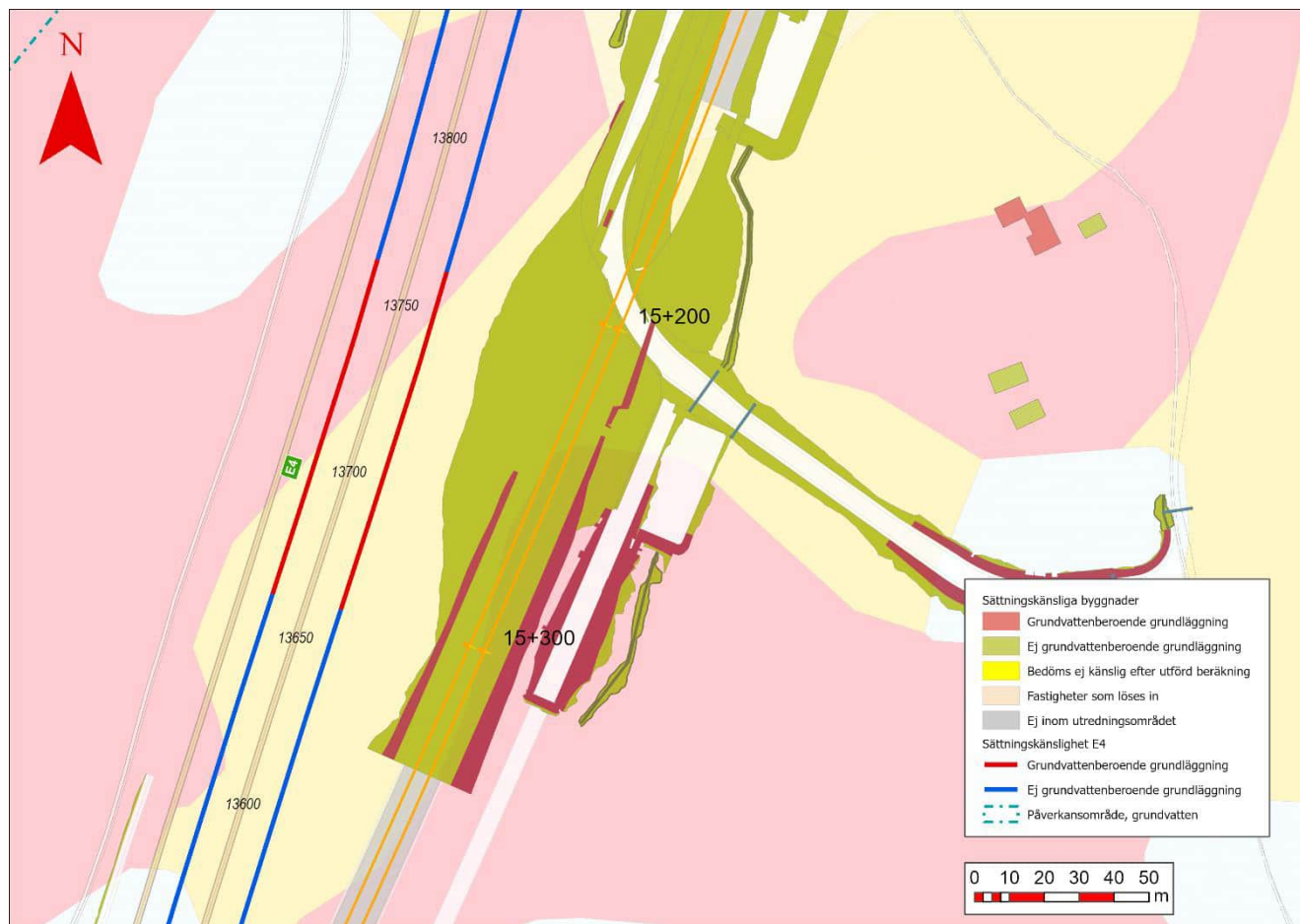
Figur 22. Beräknade sättningar under E4 vid ca lm 13/950 för 4 m lera under 5 m fyllning och 0,5 till 2 m avsänkning – Med och utan krypning.

Tabell 12. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan.

Km E4	Km Järnväg	Grundläggning	Avsänkning storlek	Lermäktighet	Sättning storlek (cm)				Sättningskrav
					Utan kryp		Med kryp		
					2 år	10 år	2 år	10 år	
13/850	15+100	Ingen info	0,5 m	4 m under 8 m fyllning	1	2	1	1	5 cm
			Bedömt 1 m		2	3	1	1	
			2 m		4	4	1	3	
13/950	15+000		Bedömt 0,5 m	4 m under 5 m fyllning	2	2	1	1	
			1 m		4	5	1	3	
			2 m		7	8	3	6	

Det har inte observerats sättningar på denna delsträcka vid fältinventering år 2018 trots att diagrammen i Figur 21 och i Figur 22 visar upp till 0,7 m sättning med last från den befintliga banken. Detta betyder att urgrävning eller andra förstärkningsmetoder kan ha utförts för vägbanken alternativt att leran har betydligt bättre egenskaper än antagit i beräkningarna.

3.2 Tullgarnstunneln, km 15+200–15+400 (E4 lm 13/660–13/760)



Figur 23. E4 vid Tullgarnstunneln, lm 13/660–13/760. © SGU, jordartskarta

På delsträckan kan temporära grundvattensänkningar i byggskedet uppkomma i samband med schakt för norra tunnelportalen mellan km 15+200 och 15+400 (13/660–13/760 för E4) samt byggväg som ansluter till Tullgarnstunneln. Permanent grundvattensänkning på delsträckan antas uppkomma längs med Tullgarnstunneln och där en ersättningsväg går i skärning öster om järnvägen norr om Tullgarnstunneln.

Sättningar har beräknats under E4 vid den norra skärningen mot tunnel under Tullgarn för olika grundvattensänkningar, som funktion av den effektiva vertikala spänningsökningen i jorden. Det finns iakttagelser som tyder på undanträngda massor till följd av utförd nedpressning mellan lm 13/660 och 13/760. Sättningar har även inventerats vid lm 13/700 där lera finns kvar under vägen enligt utförda sonderingarna i systemhandlingsskedet. Nedan redovisas sättningsberäkningar under befintlig E4 vid km 15+200–15+400 med indata enligt Tabell 13 och Tabell 14–Tabell 15.

Tabell 13. Indata till sättningsberäkningar under befintlig E4 – ca lm 13/700.

KM järnväg	CRS-försök	Lermäktighet (inkl. torrskorpa)	Torrskorpa (m)	Fyllning (m)	GV	MY	Hur mycket tål vägen? Sättningskrav för nybyggd väg
15+200–15+400	15G1003-1008-1015	Beräknat sättning för 2 m lera under 7 m fyllning	0	7	+31,5	+38,5	Avstånd till fast mark: 20 m Sättningskrav i längdled: 8 cm Totalsättningskrav: 30 cm



Figur 24. Utförda undersökningar (gröna cirklar, orangea punkter och lila trianglar) vid km 15+200–15+400. Röda cirklar har ej kunnat utföras enligt plan.

Tabell 14. Indata till sättningsberäkningar vid km 15+200–15+400 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kN/m ²]	M_L [kN/m ²]	M' [-]	σ'_c [kN/m ²]	σ'_L [kN/m ²]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Lera	0	16	15	3750	400	12	97	120	2,0E-10	0,0063	3,5
	2	16	15	3750	400	15	85	120	1,0E-9	0,0315	3,5

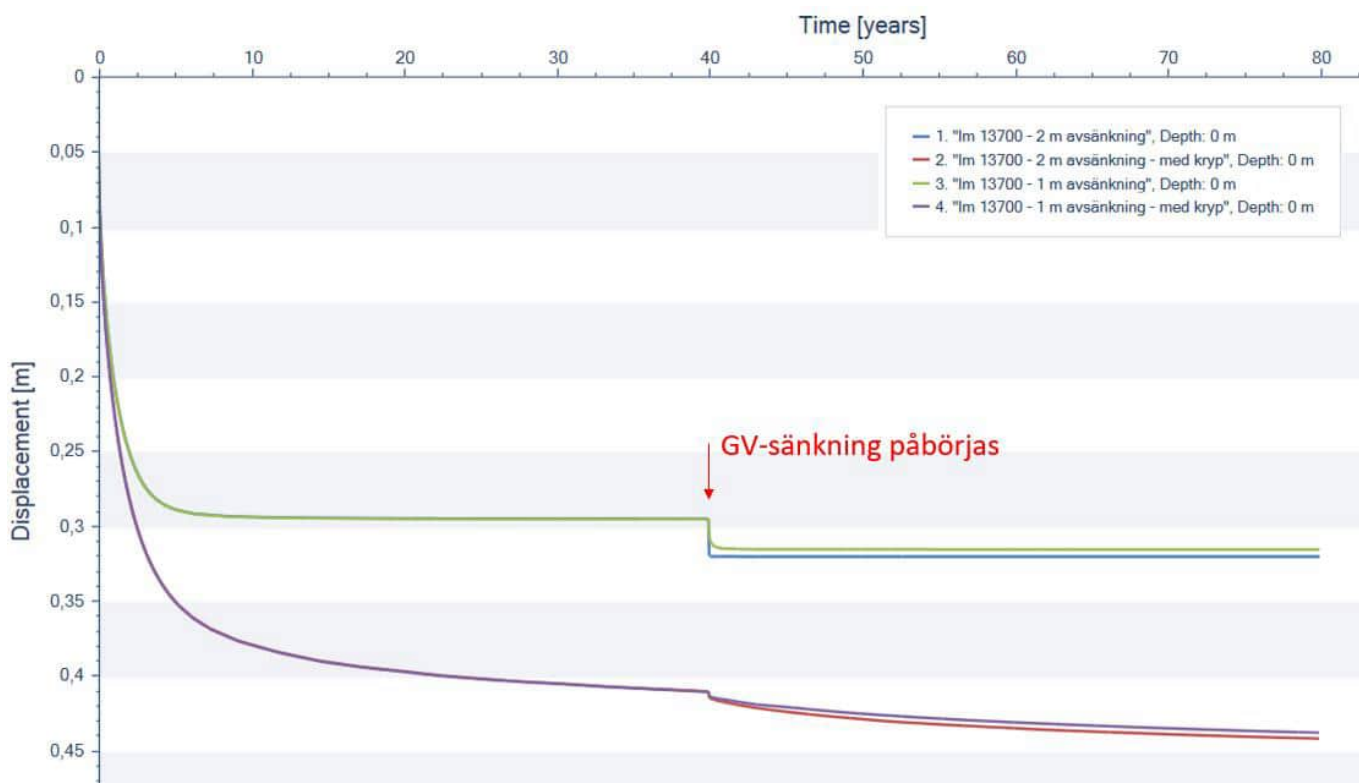
* Har beräknats enligt $250c_u$

Tabell 15. Indata till sättningsberäkningar med krypning vid km 15+200–15+400 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N^* [%]	OCR [-]	b_0 [-]	b_1 [-]	r_0 [-]	r_1 [-]
Lera	0	16	60	1	1	1,1	415	165
	2	16	60	1	1	1,1	415	165

*Vattenkvoten har reducerats från 70 % till 60 % på grund av rådande belastning från 7 m fyllnadsmaterial.

Beräkning av sättningar utförs med syftet att uppskatta om det kan uppkomma skadliga sättningar under befintlig E4 vid olika avsänkningar. Beräkningar utförs för 2 m lera och för 1 till 2 meter grundvattensänkning. Beräknade sättningar redovisas i Figur 25 och Tabell 16.

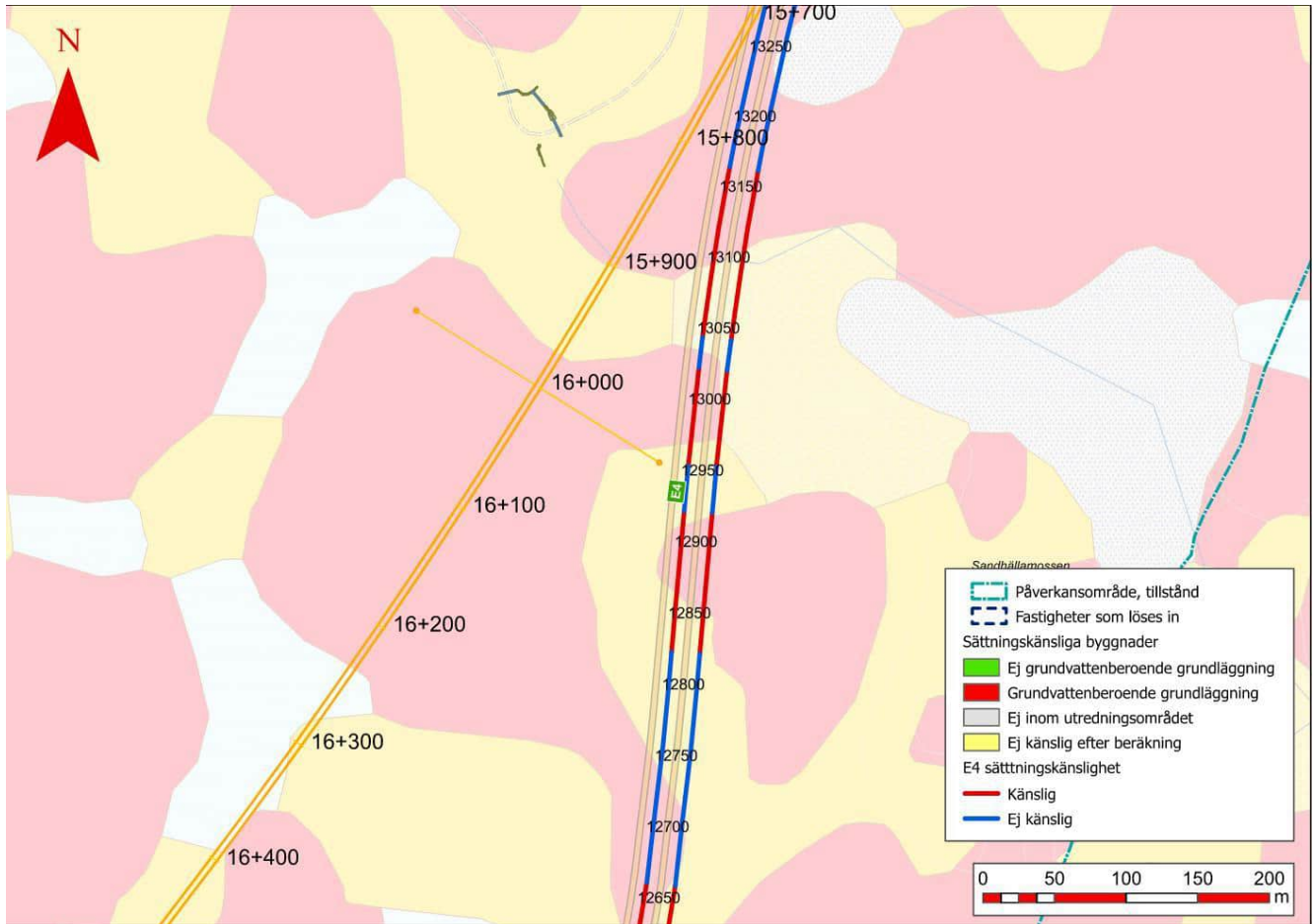


Figur 25. Beräknade sättningar under E4 vid ca 1m 13/700 för 2 m lera och 1 till 2 m avsänkning – Med och utan krypning.

Tabell 16. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan.

Km E4	Km Järnväg	Grundläggning	Avsänkning storlek	Ler-mäktighet	Sättning storlek (cm)				Sättningskrav
					Utan kryp		Med kryp		
					2 år	10 år	2 år	10 år	
13/660–13/760	15+200–15+400	Fyllning ovan berg. Nedpressning? Lera finns kvar under vägbanken	1 m	2 m	2	2	1	1	8 cm
			Bedömd 2 m		2	2	1	2	

3.3 Tullgarnstunneln, km 16+000 och km 16+100 (E4 lm 12/950–13/020 och lm 12/820–12/920)



Figur 26. E4 vid Tullgarnstunneln, lm 12/950–13/020 och lm 12/820–12/920. © SGU, jordartskarta

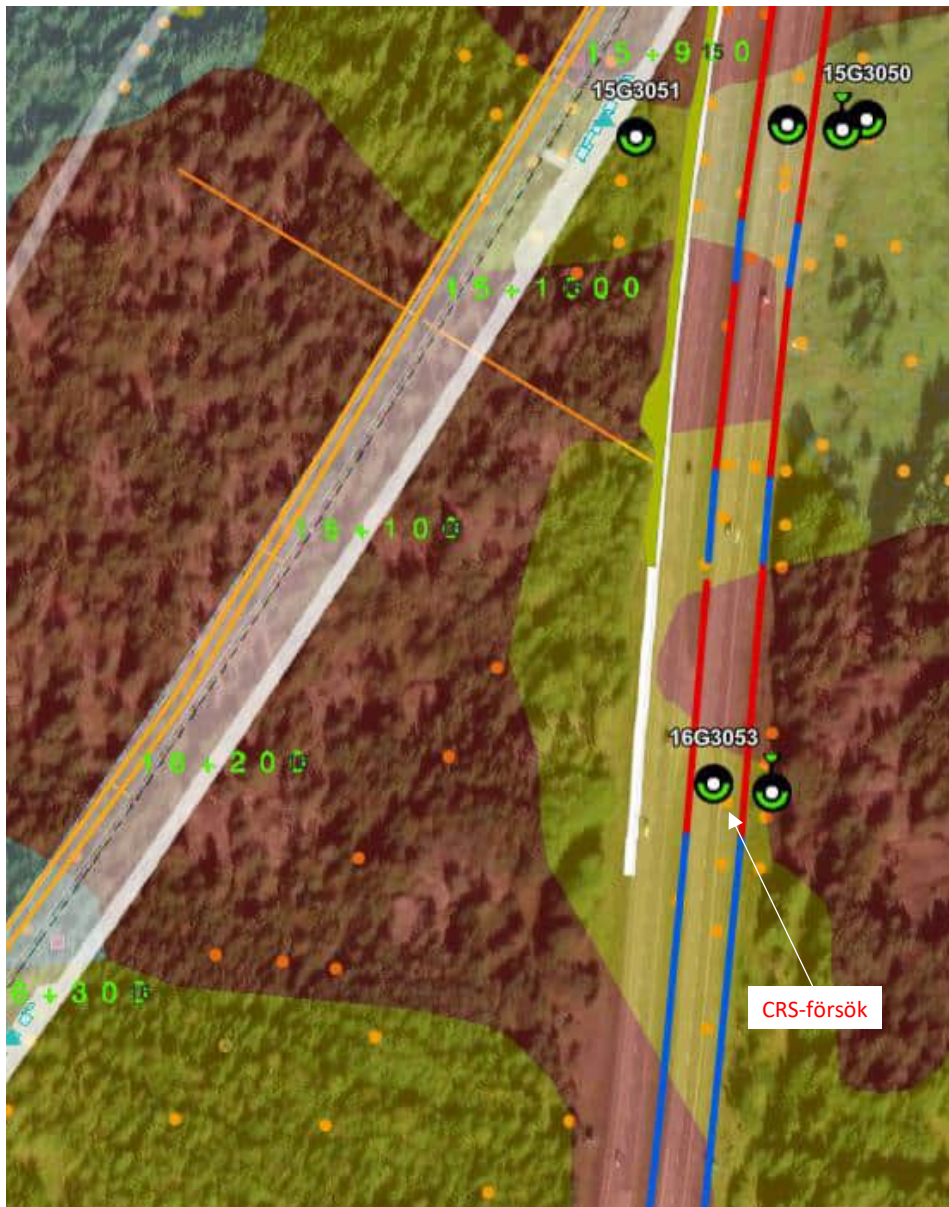
E4 ligger ca 80 m respektive ca 130 m öster om spårlinjen i området. E4 kan påverkas av både temporära och permanenta grundvattensänkningar. Där E4 ligger ca 80 m från spårlinjen bedöms grundvattennivåerna kunna sänkas av ner till bergöverytan både under bygg- och driftskedet. Och där E4 ligger ca 130 meter ifrån spårlinjen bedöms grundvattennivån avsänkas mellan 0 och 2 m.

Sättningar har beräknats under E4 för olika grundvattensänkningar, som funktion av den effektiva vertikala spänningsökningen i jorden. Det har inte observerats några sättningar längs med E4 på denna sträcka. Inga rekommendationer eller underlag om hur befintlig E4 är grundlagd har erhållits. Nedan redovisas sättningsberäkningar under befintlig E4 vid km 16+000–16+100 med indata enligt Tabell 17–Tabell 19

Tabell 17. Indata till sättningsberäkningar under befintlig E4 - km 16+000 och 16+100.

LM E4	CRS-försök	Ler-mäktighet (inkl. torrskorpa)	Torrskorpa	Fyllning	GV (medel)	MY (medel)	Hur mycket tål vägen? Totalsättningskrav för nybyggd väg: 30 cm*
12/950-13/020	16G3053	6 m	2 m	2 m	+36,6	ca +37,5	Avstånd till fast mark: ca 30 m Sättningskrav i längdled: 13 cm
12/820-12/920		6 m	2 m	2 m	+36,6	ca +37,5	Avstånd till fast mark: ca 45 m Sättningskrav i längdled: 19 cm

*sättningskrav i fetstil avser högsta kravet mellan totalsättningar och differentialsättningar. Vid fast mark och torrskorper på fast mark antas att inga sättningar uppkommer.



Figur 27. Utförda (orangea punkter och gröna cirklar) undersökningar vid km 16+000–16+100.

Tabell 18. Indata till sättningsberäkningar vid lm 12/950–13/020 och lm 12/820–12/920 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kN/m ²]	M_L [kN/m ²]	M' [-]	σ'_c [kN/m ²]	σ'_L [kN/m ²]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Torrskorpa	0	17	20	5000	2000	12	300	400	3,2E-8	1,0	1,0
	2	17	20	5000	2000	12	300	400	3,2E-8	1,0	1,0
Lera 1	2	17	16	3900	1050	12	128	185	4,4E-10	0,01	4,4
	6	17	16	3900	1050	12	128	185	4,4E-10	0,01	4,4

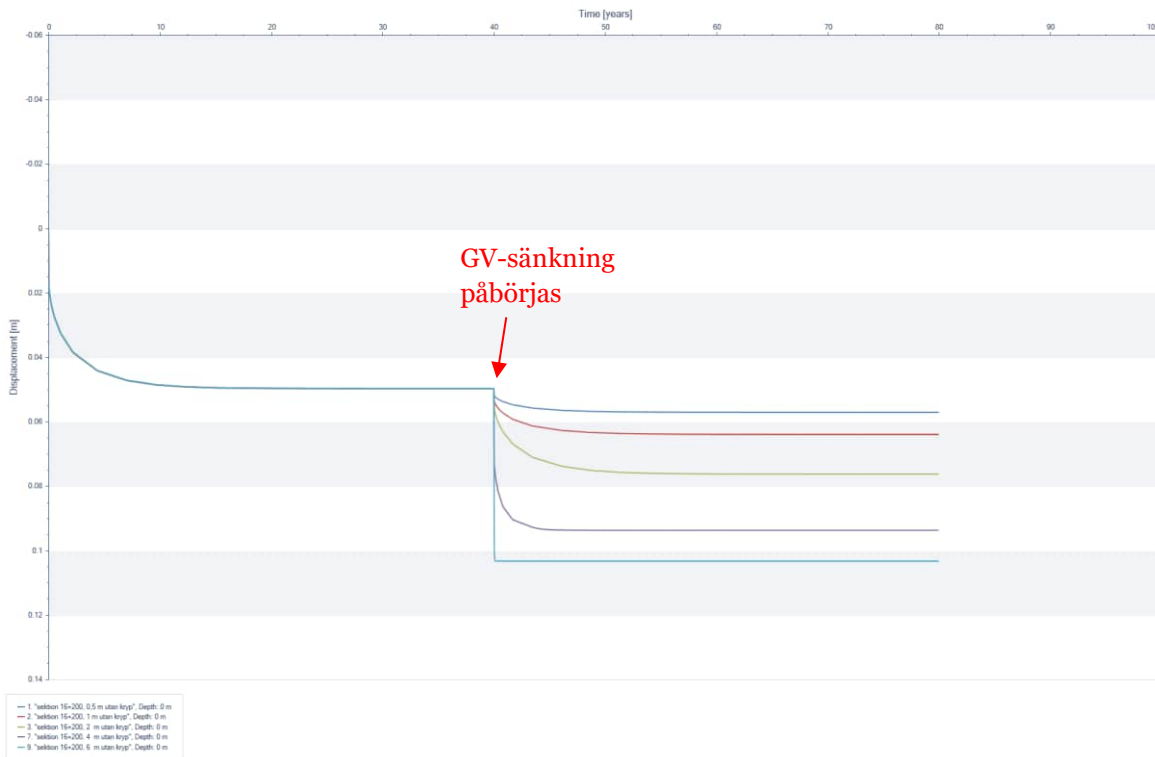
* Har beräknats enligt $250c_u$

Tabell 19. Indata till sättningsberäkningar med krypning vid lm 12/950–13/020 och lm 12/820–12/920 – lerparametrar.

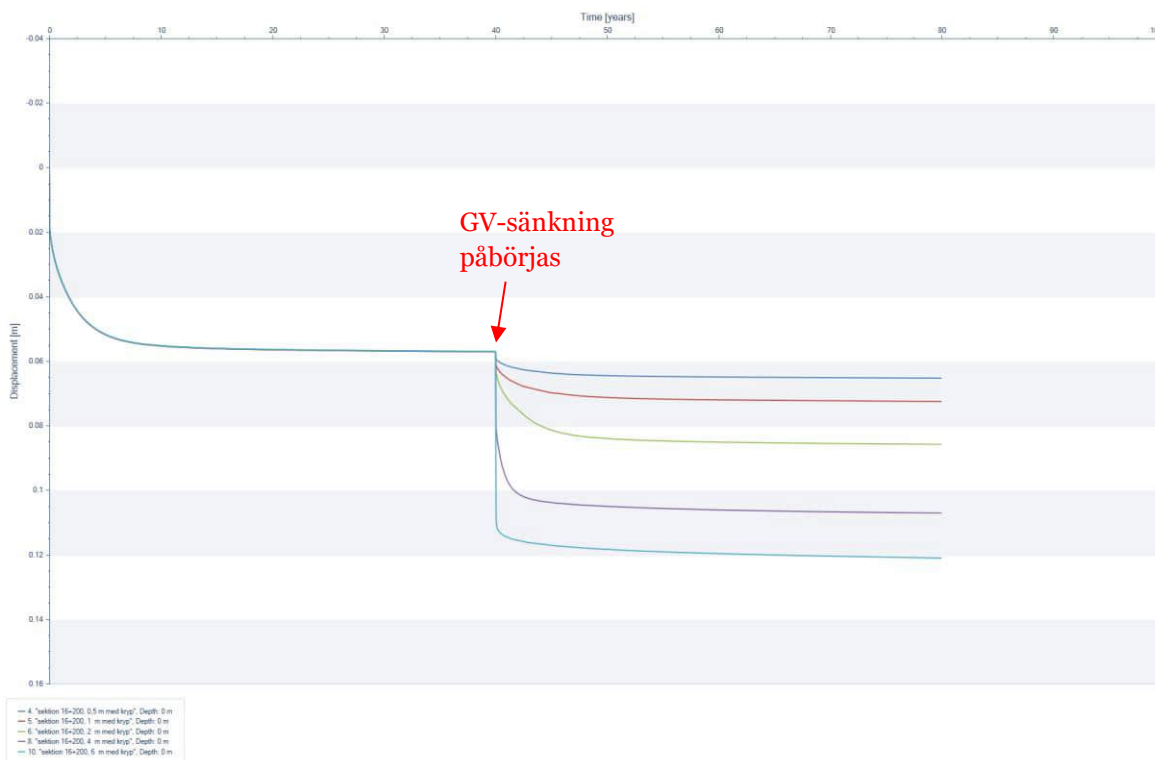
	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_o [-]	b_1 [-]	r_o [-]	r_1 [-]
Lera 1	2	17	53	1	0,45	1,1	5051	165
	6	17	53	1	0,45	1,1	5051	165

CRS-försök som har använts för utvärdering av beräkningsparametrar kommer från prover som tagits under E4. Leran är normalkonsoliderad i området.

E4 går på upp till 1,5 m bank vid aktuell delsträcka. Beräkning av sättningar utförs med syftet att uppskatta om det kan uppkomma skadliga sättningar under befintlig E4 vid olika avsänkningar av grundvattennivån. Beräkningar utförs för 2 m torrskorpelera och 4 m lera och för 0,5 till 6 meter grundvattensänkning. Sättningar beräknas först för spänningsökningen i jorden från banken under 40 år innan grundvattensänkningen appliceras i beräkningen. Vattenkvoten antas konservativt vara densamma som före bankens anläggning. Beräknade sättningar redovisas i Figur 28, Figur 29 och Tabell 20.



Figur 28. Beräknade sättningar vid lm 12/950–13/020 och lm 12/820–12/920 för 0,5 till 6 m grundvattensänkning och 4 m lera – Utan krypning.



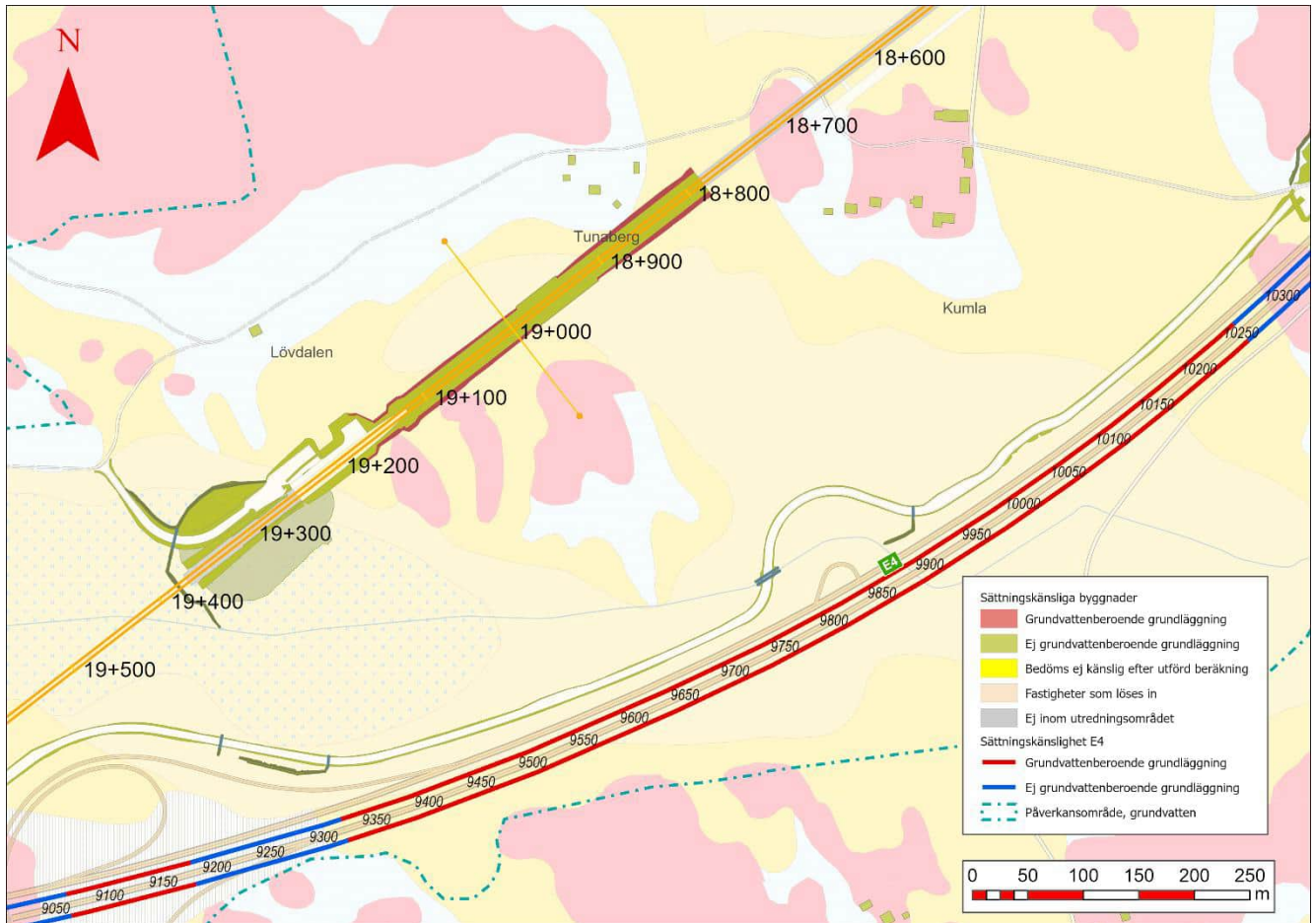
Figur 29. Beräknade sättningar vid lm 12/950–13/020 och lm 12/820–12/920 för 0,5 till 6 m grundvattensänkning och 4 m lera – Med krypning.

Tabell 20. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan.

Km E4	Km Järnväg	Grundläggning	Avsänkning storlek	Ler-mäktighet	Sättning storlek (cm)				Sättningskrav
					Utan kryp		Med kryp		
					2 år	10 år	2 år	10 år	
12/950– 13/020	16+000	Lera finns kvar under vägbanken	0,5 m	6 m	1	1	1	1	13 cm
			1 m		1	1	1	1	
			2 m		2	3	2	3	
			4 m		4	4	4	5	
			Bedömt 6 m		5	5	6	6	
12/820– 12/920	16+100	Lera finns kvar under vägbanken	0,5 m	6 m	1	1	1	1	19 cm
			1 m		1	1	1	1	
			Bedömt 2 m		2	3	2	3	

Enligt utförda beräkningar klarar E4 sättningskraven med bedömd avsänkning.

3.4 Noradikets dalgång, km 18+800–19+400



Figur 30. E4 vid Noradiket. © SGU, jordartskarta

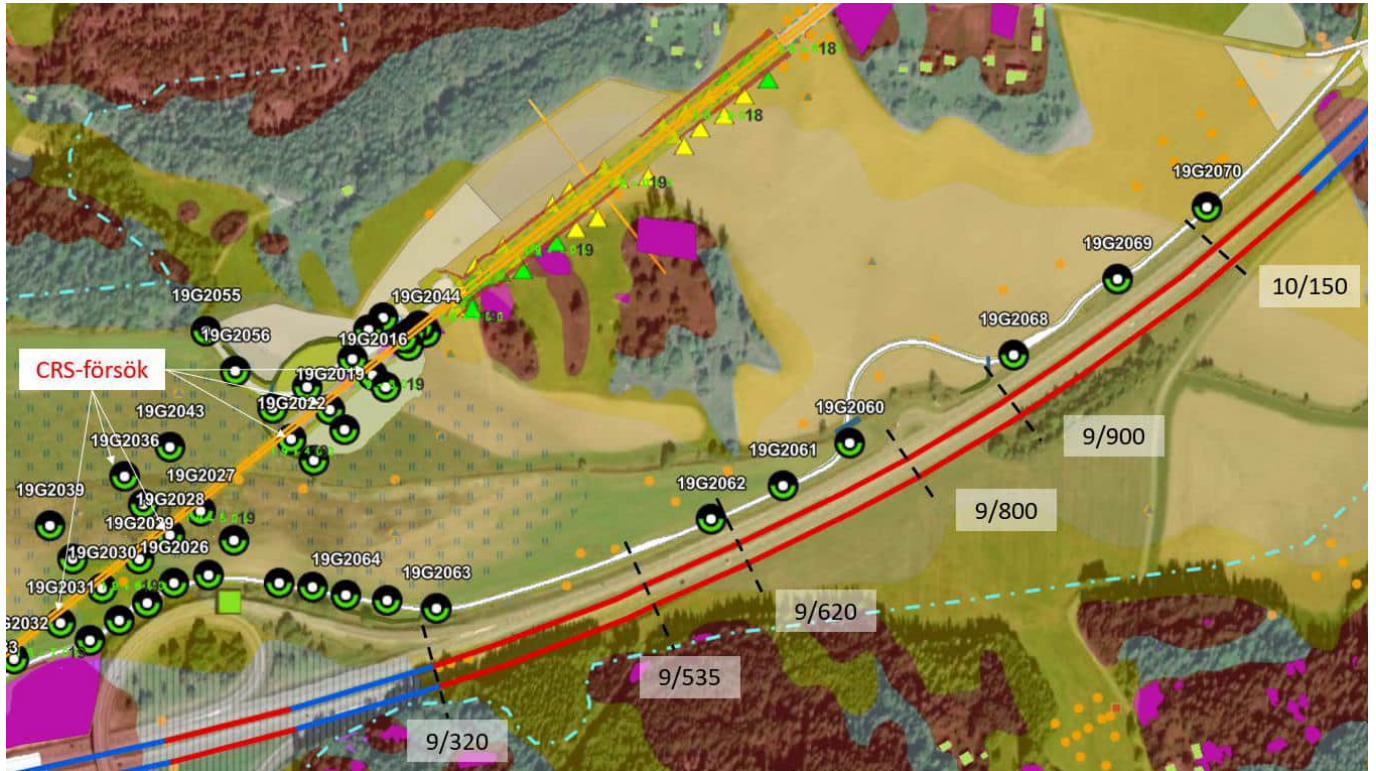
E4 ligger 200 till 350 m söder om järnvägslinjen i området och kan påverkas av både temporära och permanenta grundvattensänkningar. Temporära grundvattensänkningar kan uppkomma under byggtiden om inga skyddsåtgärder vidtas för det södra påslaget till Tullgarnstunnel och arbetstunneln med mynningen vid E4 lm 10/400 samt för bron över Noradikets dalgång och E4. Permanenta avsänkningar kan uppkomma vid inläckage i bergtunneln. E4 är troligtvis oförstärkt på stora delar av sträckan. Det finns inventerade sättningar vid lm 10/150 vid gränsen mellan postglacial lera och glacial lera enligt SGU:s jordartskarta, mellan ca lm 9/850 och lm 9/900 där Noradiket passerar under E4, mellan ca lm 9/620 och lm 9/720 och mellan ca lm 9/480 och lm 9/520 vid det gamla diket som sannolikt har återfyllts med lera.

Sättningar har beräknats för olika grundvattensänkningar, som funktion av den effektiva vertikala spänningsökningen i jorden. Nedan redovisas sättningsberäkningar under befintlig E4 mellan lm 9/620 och 10/200 enligt E4 längdmätning och med indata enligt Tabell 21 och Tabell 22–Tabell 23.

Tabell 21. Indata till sättningsberäkningar under befintlig E4 - km 18+600 och 19+400.

LM E4	CRS-försök	Ler-mäktighet (inkl. torrskorpa)	Torrskorpa	Fyllning	GV (medel)	MY (medel)	Hur mycket tål vägen? Totalsättningskrav för nybyggd väg: 30 cm*
10/250–10/150	19G2016 19G2019 19G2022 19G2028 19G2031 19G2036	5 m	2,5 m	1,5 m	+15,5	ca +16	Avstånd till fast mark: ca 25 m Sättningskrav i längdled: 10 cm
10/150–9/900		15 m	2 m	1,5 m	+13	ca +13	Avstånd till intilliggande beräkningspunkter: ca 50 m Sättningskrav i längdled: +/- 20 cm
9/900–9/800		11 m	0 m	0 m	+13	ca +13,5	Avstånd till intilliggande beräkningspunkter: ca 150 m Sättningskrav i längdled: +/- 65 cm
9/800–9/620		15 m	1 m	1,5 m	+12,5	ca +13	Avstånd till torrskorperera på fast mark: ca 80 m Sättningskrav i längdled: 35 cm

*sättningskrav i fetstil avser högsta kravet mellan totalsättningar och differentialsättningar. Vid fast mark och torrskorperera på fast mark antas att inga sättningar uppkommer.



Figur 31. Utförda (gröna cirklar, gula/grönatrianglar och orangea prickar) undersökningar vid km 18+600–19+400.

Tabell 22. Indata till sättningsberäkningar vid lm 9/620–10/250 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kN/m ²]	M_L [kN/m ²]	M' [-]	σ'_c [kN/m ²]	σ'_L [kN/m ²]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Torrskorpa	0	17	30	7500	7500	12	120	300	1,0E-08	0,315	1
	0-2,5	17	30	7500	7500	12	120	300	1,0E-08	0,315	1
Lera 1	0-2,5	15	6	1500	140	15	6-25	40	1,2E-9	0,038	3
	4	15	6	1500	140	15	26	40	0,8E-9	0,025	3
Lera 2	4	15	6	1500	140	15	26	40	0,8E-9	0,025	3
	15	15	19	4750	380	15	112	145	0,1E-9	0,003	3

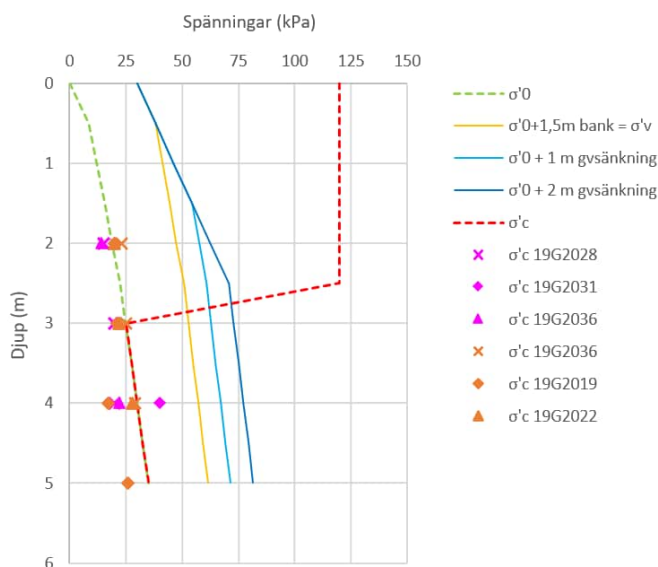
* Har beräknats enligt $250c_u$

Tabell 23. Indata till sättningsberäkningar med krypning vid lm 9/620–10/250 – lerparametrar.

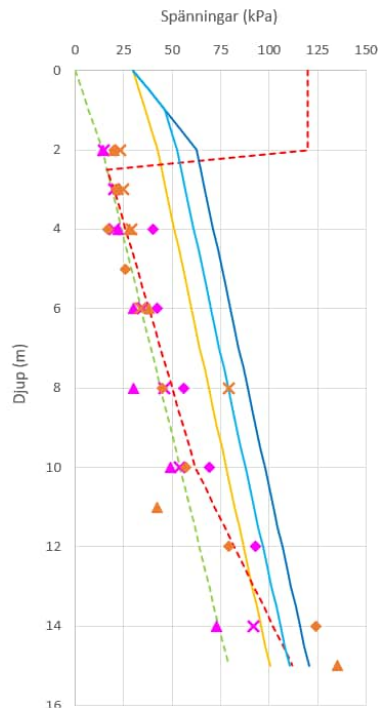
	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_o [-]	b_1 [-]	r_o [-]	r_1 [-]
Lera 1	0-2,5	15	80	1	1	1,1	360	110
	4	15	80	1	1	1,1	360	110
Lera 2	4	15	80	1	1	1,1	360	110
	15,5	15	80	1	1	1,1	360	110

CRS-försök som har använts för utvärdering av beräkningsparametrar kommer från prover som tagits vid spårinjen väster om E4 i åkermarken. Leran är normalkonsoliderad i området. Enligt utförda CPT-sonderingar vid spårinjen och utförda CPT-sonderingar vid aktuell delsträcka av E4 har leran bättre egenskaper vid E4. Detta betyder att sättningar som kan uppkomma vid grundvattensänkningar under E4 är troligtvis mindre än de redovisade sättningarna i Figur 36–Figur 39 och i Tabell 24–Tabell 25. Detta behöver beaktas vid tolkningarna av resultaten.

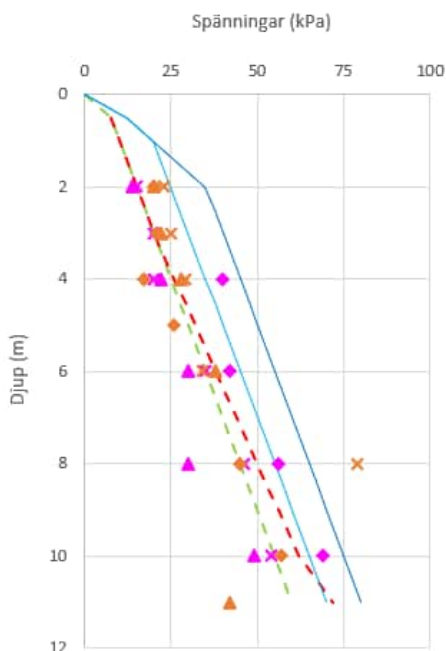
E4 går på upp till 1,5 m bank vid aktuell delsträcka. Sättningar beräknas först för spänningsökningen i jorden från banken med och utan krypning, se Figur 36–Figur 39. Beräkningarna visar att det troligtvis pågår sättningar under E4. Storleksordningen på sättningarna för de kommande åren redovisas i Tabell 24. Sättningar beräknas sedan för 0,5 till 3 m grundvattensänkning med och utan krypning. Vattenkvoten antas konservativt vara densamma som före bankens anläggning. Spänningsdiagram framgår av Figur 32–Figur 35.



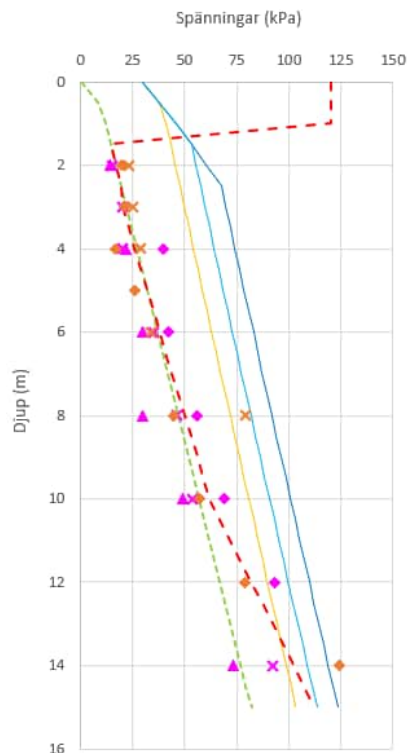
Figur 32. Spänningar under olika faser vid lm 10/160.



Figur 33. Spänningar under olika faser vid lm 10/110.

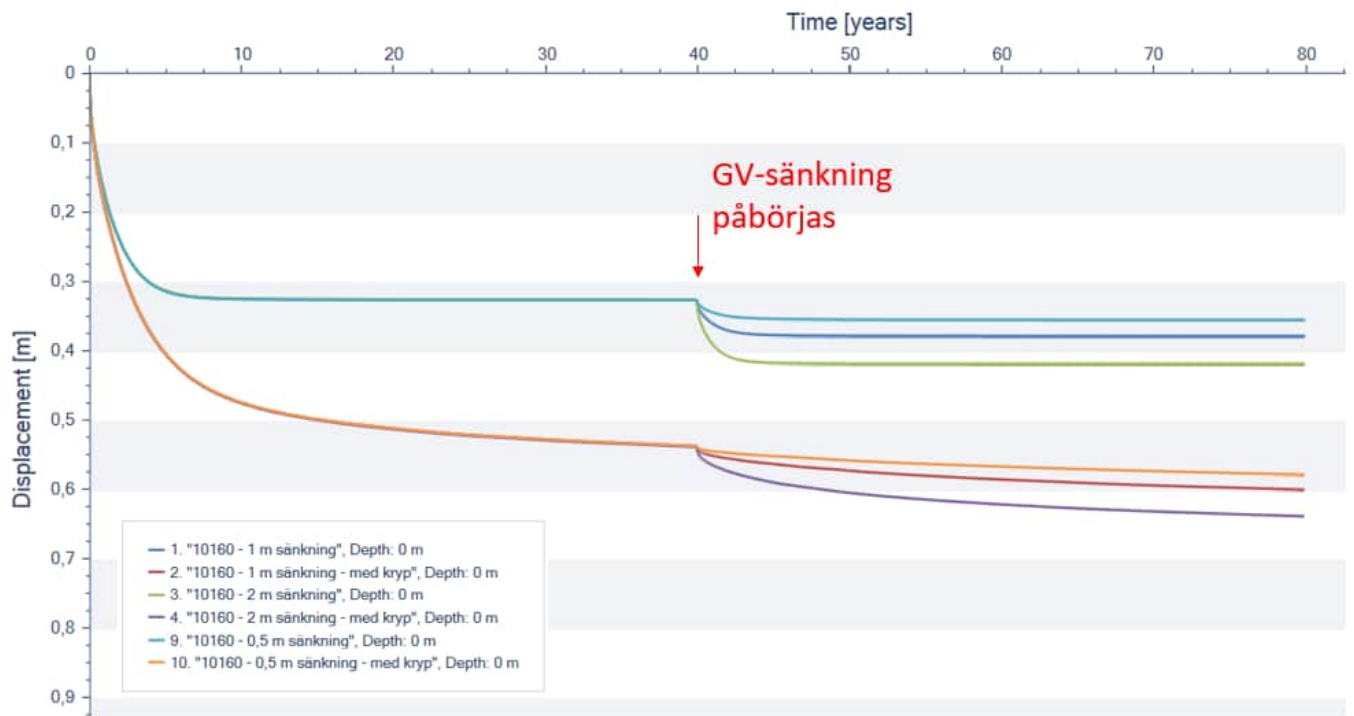


Figur 34. Spänningar under olika faser vid lm 9/850.

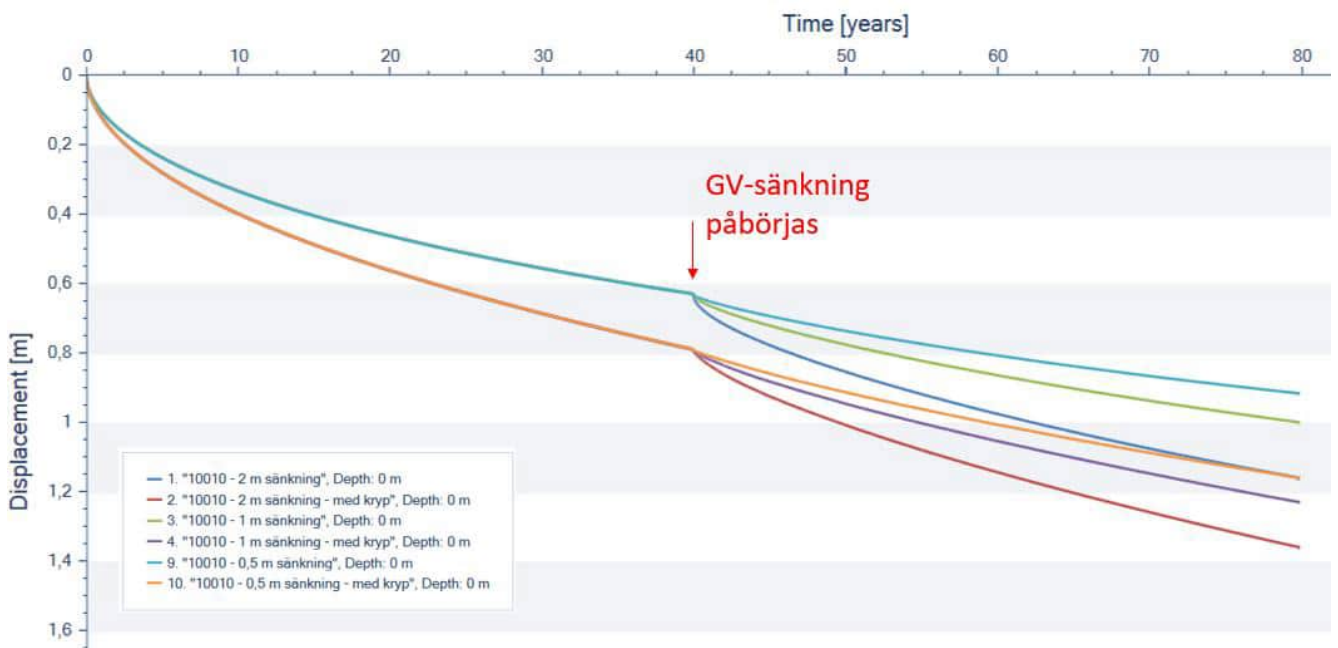


Figur 35. Spänningar under olika faser vid lm 9/700.

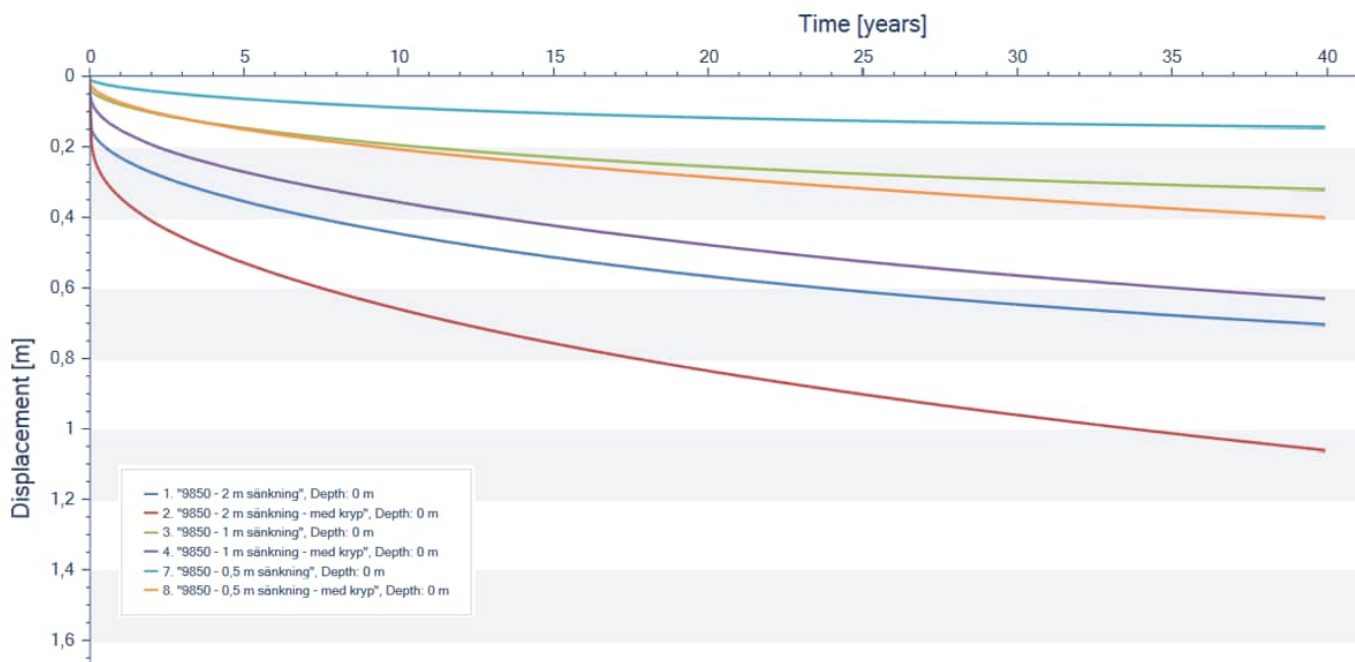
Beräkning av sättningar utförs med syftet att uppskatta om det kan uppkomma skadliga sättningar under befintlig E4 vid 0,5 till 3 m grundvattensänkning. Beräkningar utförs för de fyra olika identifierade delsträckorna i Tabell 21. Beräknade sättningar redovisas i Figur 36–Figur 39 och i Tabell 25.



Figur 36. Beräknade sättningar vid 10/200–10/150 för 0,5 till 2 m grundvattensänkning och 5 m lera – Med och utan krypning.



Figur 37. Beräknade sättningar vid 10/150–9/900 för 0,5 till 2 m grundvattensänkning och 15 m lera. Med och utan krypning.



Figur 38. Beräknade sättningar vid 9/900–9/800 för 0,5 till 2 m grundvattensänkning och 11 m lera. Med och utan krypning.



Figur 39. Beräknade sättningar vid 9/800–9/620 för 1 till 3 m grundvattensänkning och 15 m lera. Med och utan krypning.

Tabell 24. Grundläggning och pågående sättningar under befintlig E4 vid lm 9/620–10/250.

Km E4	Grundläggning	Ler- mäktighet	Sättning storlek (cm)						Sättningskrav
			Utan kryp			Med kryp			
			40 år (idag)	42 år	50 år	40 år (idag)	42 år	50 år	
10/250– 10/150 1,5 m bank	Ingen förstärkning, beräknade sättningar 50 cm. Sättningar finns i vägen vid 10/150.	5 m	33	33	33	54	54	55	10 cm
10/150– 9/900 1,5 m bank	Ingen förstärkning, beräknade sättningar 50 cm. Sättningar finns i vägen vid 10/150.	15 m	63	65	69	79	81	88	30 cm eller +/- 20 cm till intilliggande beräkningpunkter
9/900– 9/800 Bank vid my	Ingen förstärkning Sättningar finns i vägen mellan 9/850 och 9/900.	11 m	-	-	-	-	-	-	30 cm
9/800– 9/620 1,5 m bank	Tidig utläggning, beräknade sättningar 50–55 cm resp. 70–80 cm om profilen tillåts sjunka resp. justeras succesivt Sättningar finns i vägen mellan 9/620 och 9/720.	15 m	70	71	77	83	85	93	30 cm (exklusive sättningar som uppkommit vid tidig utläggning)

Tabell 25. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan på E4 utan åtgärd vid lm 9/620–10/250 (exklusive tidigare och pågående sättningar).

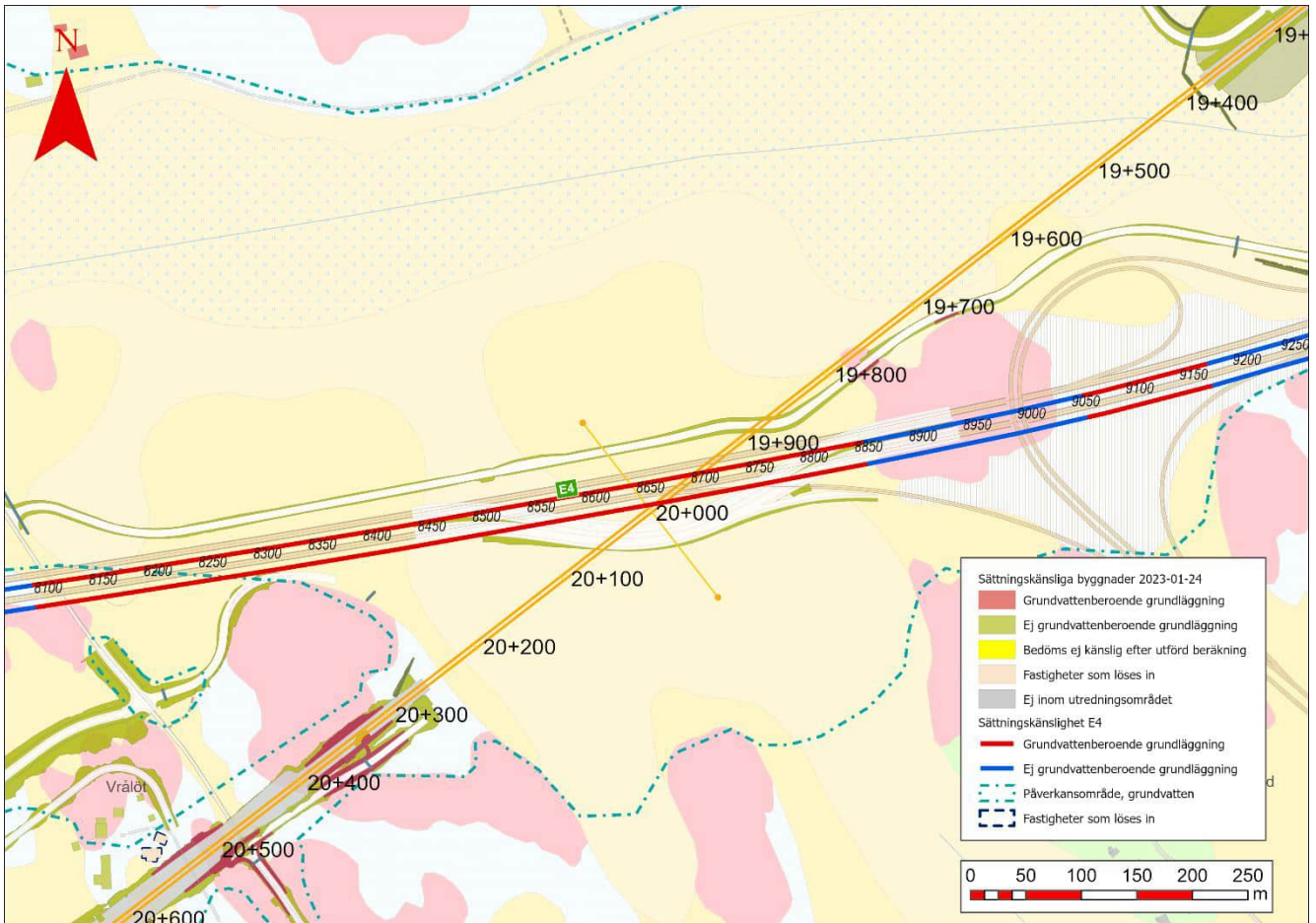
Ca km E4	Grundläggning	Avsänk. storlek	Ler- mäktighet	Sättning storlek (cm)						Sättningskrav
				Utan kryp			Med kryp			
				2 år	10 år	40 år	2 år	10 år	40 år	
10/250– 10/150	Ingen förstärkning, beräknade sättningar 50 cm. Sättningar finns i vägen vid 10/150.	0,5 m	5 m	2	3	3	1	2	4	10 cm (Troligtvis överskrids sättningskravet med tidigare och pågående sättningar redan)
		1 m		4	5	5	2	3	6	
		2 m		8	9	9	4	6	10	
		3 m		12	12	12	6	9	12	
10/150– 9/900	Ingen förstärkning, beräknade sättningar 50 cm. Sättningar finns i vägen vid 10/150.	0,5 m	15 m	3	11	29	3	12	37	30 cm eller +/- 20 cm till intilliggande beräkningpunkter (Troligtvis redan överskridits)
		1 m		3	9	37	3	7	44	
		2 m		7	17	53	5	12	57	
		3 m		21	39	77	21	42	86	

Ca km E4	Grundläggning	Avsänk. storlek	Ler-mäktighet	Sättning storlek (cm)						Sättningskrav
				Utan kryp			Med kryp			
				2 år	10 år	40 år	2 år	10 år	40 år	
9/900–9/800	Ingen förstärkning Sättningar finns i vägen mellan 9/850 och 9/900.	0,5 m	11 m	4	9	15	10	21	40	30 cm
		1 m		11	20	32	19	36	63	
		2 m		27	45	71	41	66	106	
		3 m		49	72	104	68	100	149	
9/800–9/620	Tidig utläggning Sättningar finns i vägen mellan 9/620 och 9/720.	1 m	15 m	7	13	46	2	6	48	30 cm
		2 m		20	30	71	20	33	86	
		3 m		34	55	96	40	68	118	

Delsträcka lm 10/250–9/800 kan påverkas av både temporära och permanenta grundvattensänkningar. Bedömd temporär avsänkning om inga skyddsåtgärder vidtas är ca 2 meter. Leran under E4 kan ha bättre egenskaper än antagit i beräkningarna men risken att sättningar överskrider sättningskravet ändå för delsträcka 9/900–9/800 är stor. Sättningar har dessutom observerats för denna sträcka vid fältinventering 2018. Skyddsåtgärder erfordras i byggskedet på denna sträcka. Bedömd permanent avsänkning är ca 0,5–1 meter. Skadeavhjälpande åtgärder såsom nivåjusteringar kan komma att krävas för E4 för delsträcka lm 10/150–9/800.

Delsträcka lm 9/800–9/620 kan påverkas av temporära grundvattensänkningar. Bedömd avsänkning om inga skyddsåtgärder vidtas är mellan 1 och 2 meter. Skyddsåtgärder planeras i byggskedet på denna sträcka för att skydda delsträckan där sättningar redan har observerats.

3.5 Trafikplats Vagnhärad, km 19+400–20+230



Figur 40. E4 vid trafikplats Vagnhärad. © SGU, jordartskarta

E4 kan påverkas av temporära grundvattensänkningar under byggtiden om inga skyddsåtgärder vidtas för det södra påslaget till Tullgarnstunnel eller för schakt för brostöd för järnvägsbron över Noradiket och E4. E4 är troligtvis förstärkt med både urgrävning, nedpressning, pålning och vertikaldränering på denna sträcka.

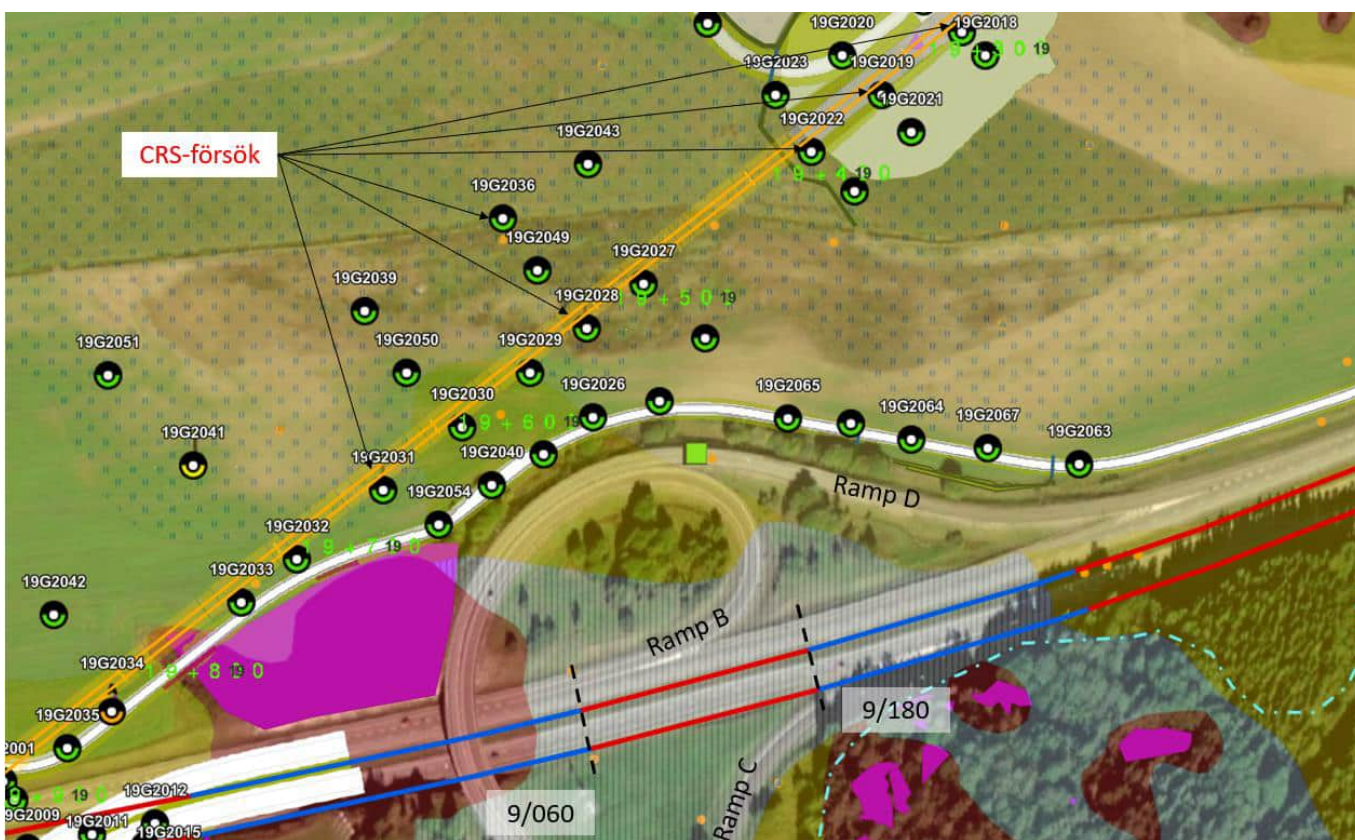
Som funktion av den effektiva vertikala spänningsökningen i marken har sättningar beräknats för olika grundvattensänkningar för de delar med grundvattenberoende grundläggning, som inte kommer att byggas om i samband med anläggandet av bron. Nedan redovisas sättningsberäkningar under befintlig E4 mellan lm 8/320 och 9/180 enligt E4:s längdmätning och med indata enligt Tabell 26 och Tabell 27–Tabell 28.

Tabell 26. Indata till sättningsberäkningar under befintlig E4 – km 19+400 och 20+230.

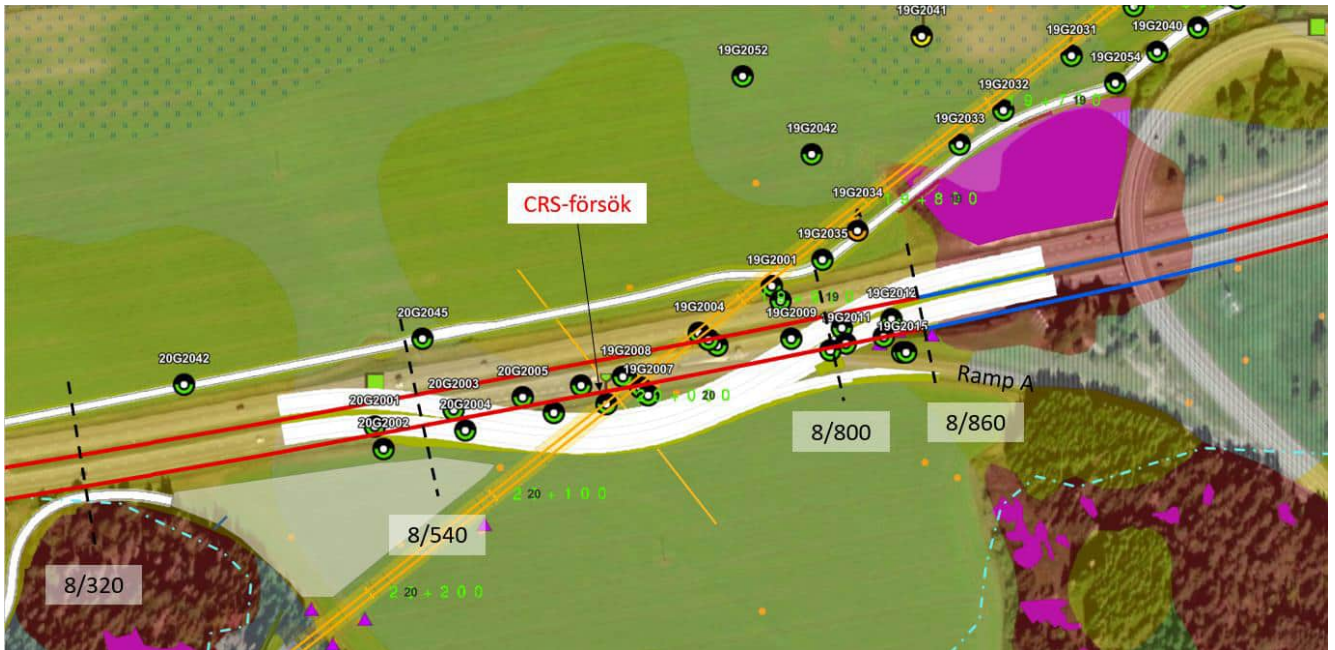
LM E4	CRS-försök	Lermäktighet (inkl. torrskorpa)	Torrskorpa	Fyllning	GV	MY	Hur mycket tål vägen? Totalsättningskrav för nybyggd väg: 30 cm
9/180– 9/060 Ramp C	19G2016 19G2019 19G2022 19G2028 19G2031 19G2036	9 m	2 m	1 m	+18	+19	Avstånd till fast mark: ca 50 m Sättningskrav i längdled: 20 cm

LM E4	CRS-försök	Lermäktighet (inkl. torrskorpa)	Torrskorpa	Fyllning	GV	MY	Hur mycket tål vägen? Totalsättningskrav för nybyggd väg: 30 cm
8/860– 8/800 Ramp A	20G2008	5 m	1 m	1,5 m	+18	+19	Avstånd till fast mark: ca 30 m Sättningskrav i längdled: 12 cm
8/540– 8/320	20G2008	8 m	2 m	3 m	+17	+17	Avstånd till urgrävning: ca 50 m Sättningskrav i längdled: 20 cm

*sättningskrav i fetstil avser högsta kravet mellan totalsättningar och differentialsättningar.



Figur 41. Utförda undersökningar (gröna/gula cirklar samt orange prickar) vid lm 9/060–9/180. Orangea cirklar har ej utförts enligt plan.



Figur 42. Utförda undersökningar (gröna/gula cirklar, lila trianglar samt orange prickar) vid lm 8/320–8/860. Orangea cirklar har ej utförts enligt plan.

Lerparametrarna vid lm 9/620–10/250 i föregående kapitel (Noradikets dalgång) användes även vid lm 9/060–9/180 och ramp C, se Tabell 22–Tabell 23 och Figur 41. Enligt arkivpunkter vid E4 har leran en densitet som är över 20 kN/m³ vid aktuell delsträcka (mot 15 kN/m³ i åkermarken där CRS-försök har utförts), vilket betyder att leran antagligen har bättre egenskaper än vad som antagits i sättningsberäkningarna. Detta betyder att sättningar som kan uppkomma vid grundvattensänkningar under berörd sträcka av E4 är troligtvis mindre än de redovisade sättningarna i Figur 46 och i Tabell 29–Tabell 30. Detta behöver beaktas vid tolkningarna av resultaten.

CRS-försök som har använts för utvärdering av beräkningsparametrar vid lm 8/320–8/860 och ramp A kommer från prover som tagits vid E4 i ca lm 8/650, se Figur 42 och Tabell 27–Tabell 28.

Tabell 27. Indata till sättningsberäkningar vid lm 8/320–8/860 – lerparametrar.

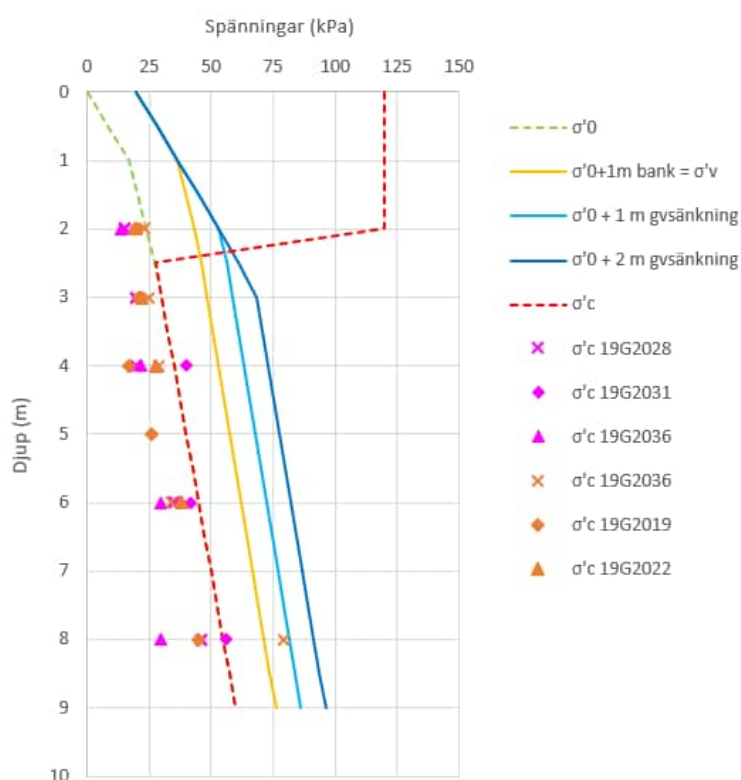
	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kN/m ²]	M_L [kN/m ²]	M' [-]	σ'_c [kN/m ²]	σ'_L [kN/m ²]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Torrskorpa	0	17	30	7500	7500	12	120	300	1,0E-08	0,315	1
	1-2	17	30	7500	7500	12	120	300	1,0E-08	0,315	1
Lera 1	1-2	15,5	9	2250	300	12	40	70	1,0E-9	0,031	3,5
	4	15,5	9	2250	300	12	40	70	1,0E-9	0,031	3,5
Lera 2	4	15,5	9	2250	300	12	40	70	0,7E-9	0,022	3,5
	8	17	9	2250	580	13	40	70	0,8E-9	0,025	3,5

* Har beräknats enligt $250c_u$

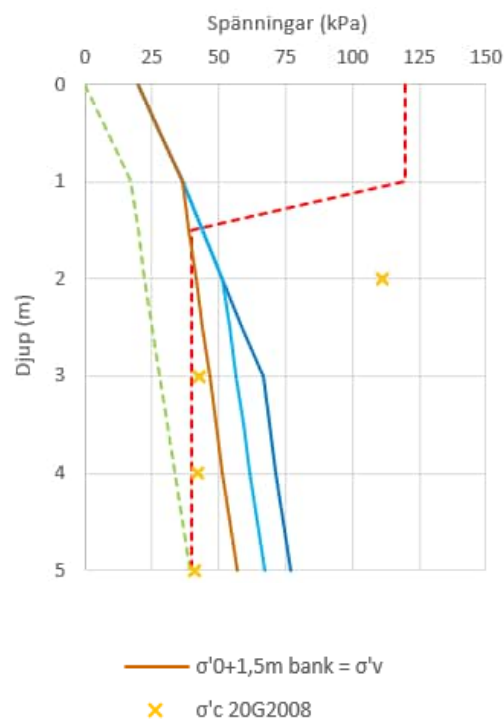
Tabell 28. Indata till sättningsberäkningar med krypning vid lm 8/320–8/860 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_0 [-]	b_1 [-]	r_0 [-]	r_1 [-]
Lera 1	1-2	15,5	80	1	1	1,1	360	110
	4	15,5	80	1	1	1,1	360	110
Lera 2	4	15,5	80	1	1	1,1	360	110
	8	17	80	1	1	1,1	360	110

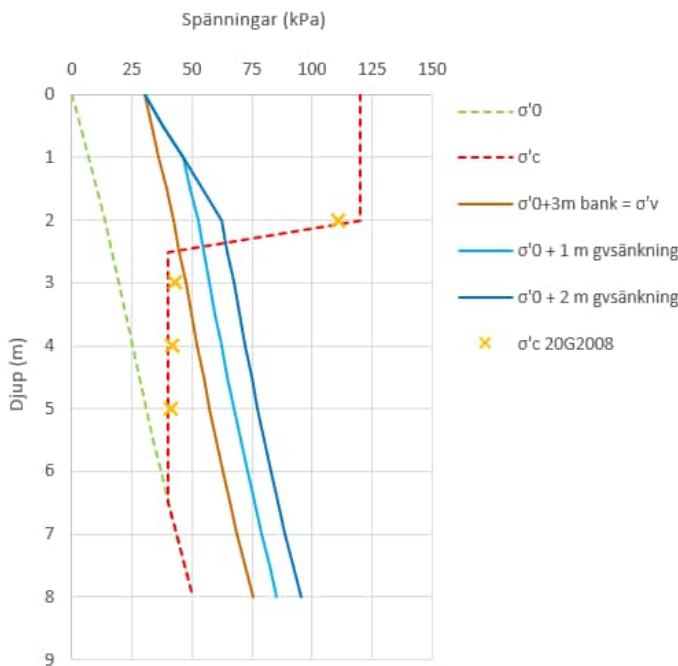
E4 går på upp till 3,5 m bank vid aktuell delsträcka. Sättningsberäkningar beräknas först för spänningsökningen i jorden från banken med och utan krypning, se Figur 46–Figur 48. Vid delsträcka 8/800–8/860 och 8/320–8/540 beaktas att lättklinker sannolikt har använts där bankhöjden överskrider 0,9 m. Vid delsträcka 8/320–8/540 rekommenderades lättklinker i kombination med vertikaldränering och överlast. Beräkningarna görs konservativt utan överlast. Storleksordningen av sättningsberäkningarna för de kommande åren redovisas i Tabell 29. Sättningsberäkningar beräknas sedan för 1 till 4 m grundvattensänkning med och utan krypning. Vattenkvoten antas konservativt vara densamma som före bankens anläggning. I beräkningarna antas att grundvattensänkning sker efter 100 år för lm 8/320–8/540 med hänsyn till att vertikaldränerna påskyndar sättningsförloppet. Spänningsdiagram framgår av Figur 32–Figur 35.



Figur 43. Spänningar under olika faser vid lm 9/140.

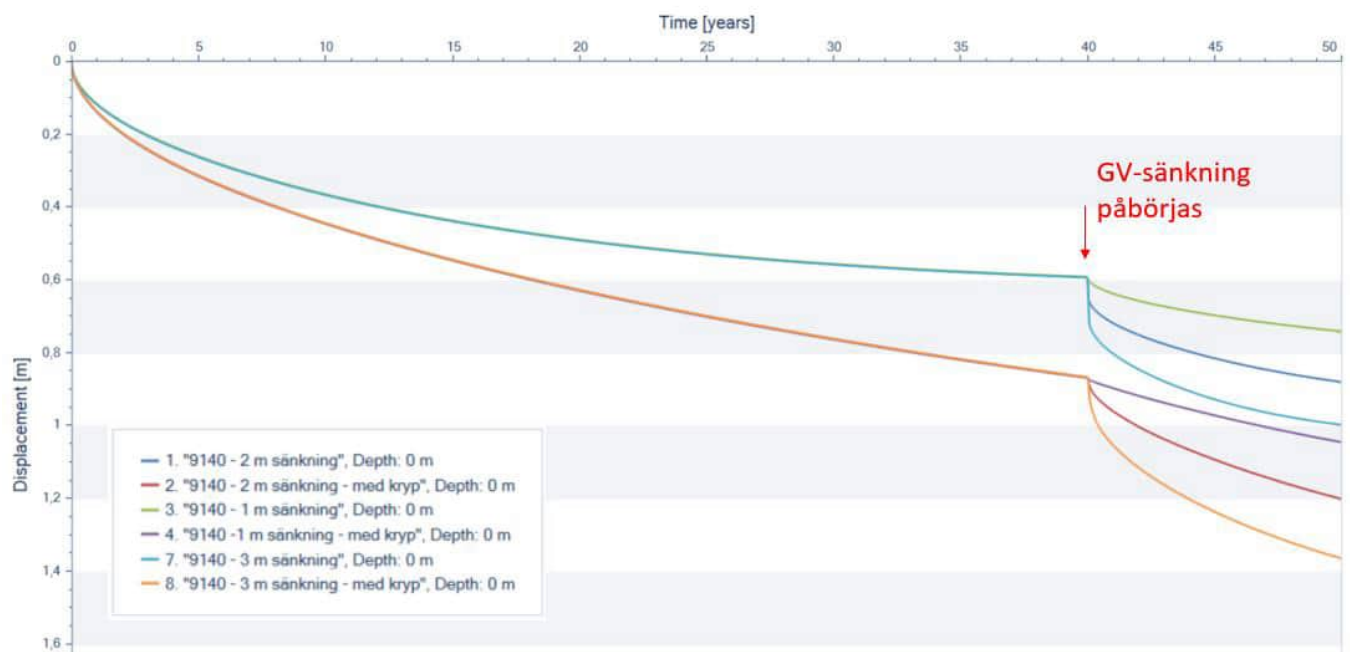


Figur 44. Spänningar under olika faser vid lm 8/820.

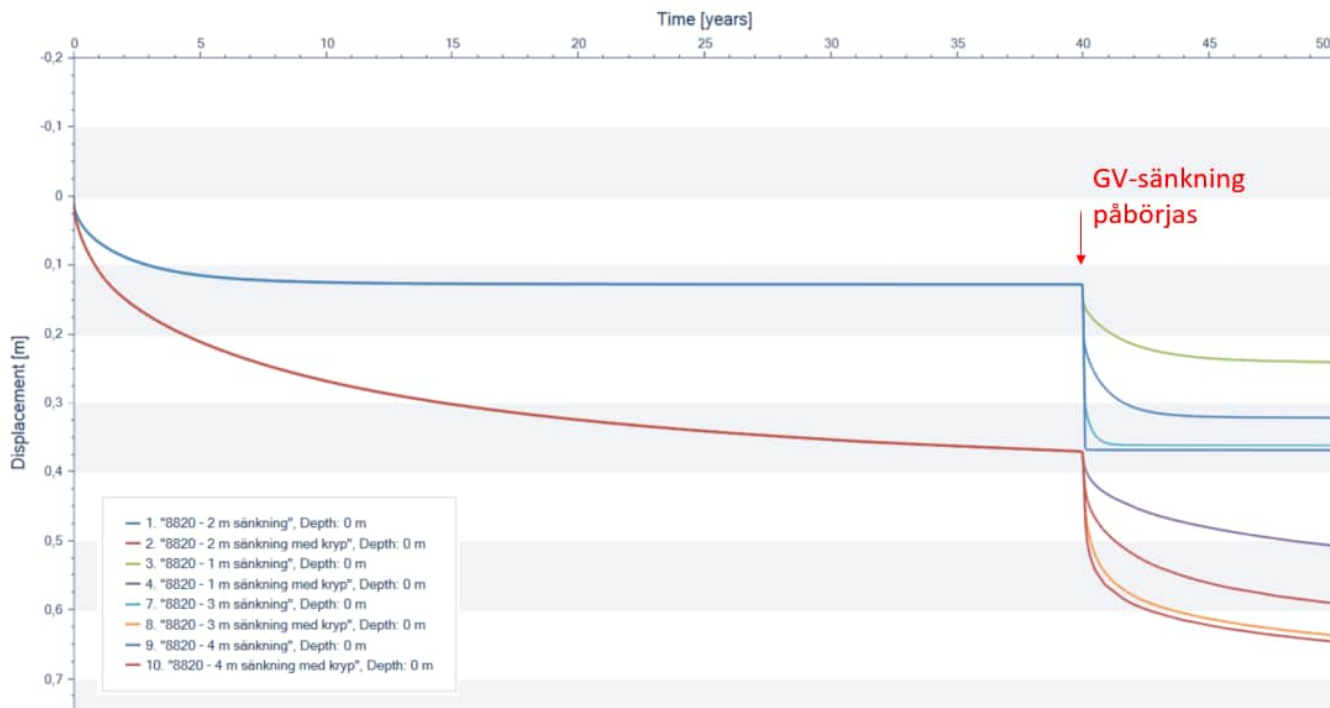


Figur 45. Spänningar under olika faser vid lm 8/500.

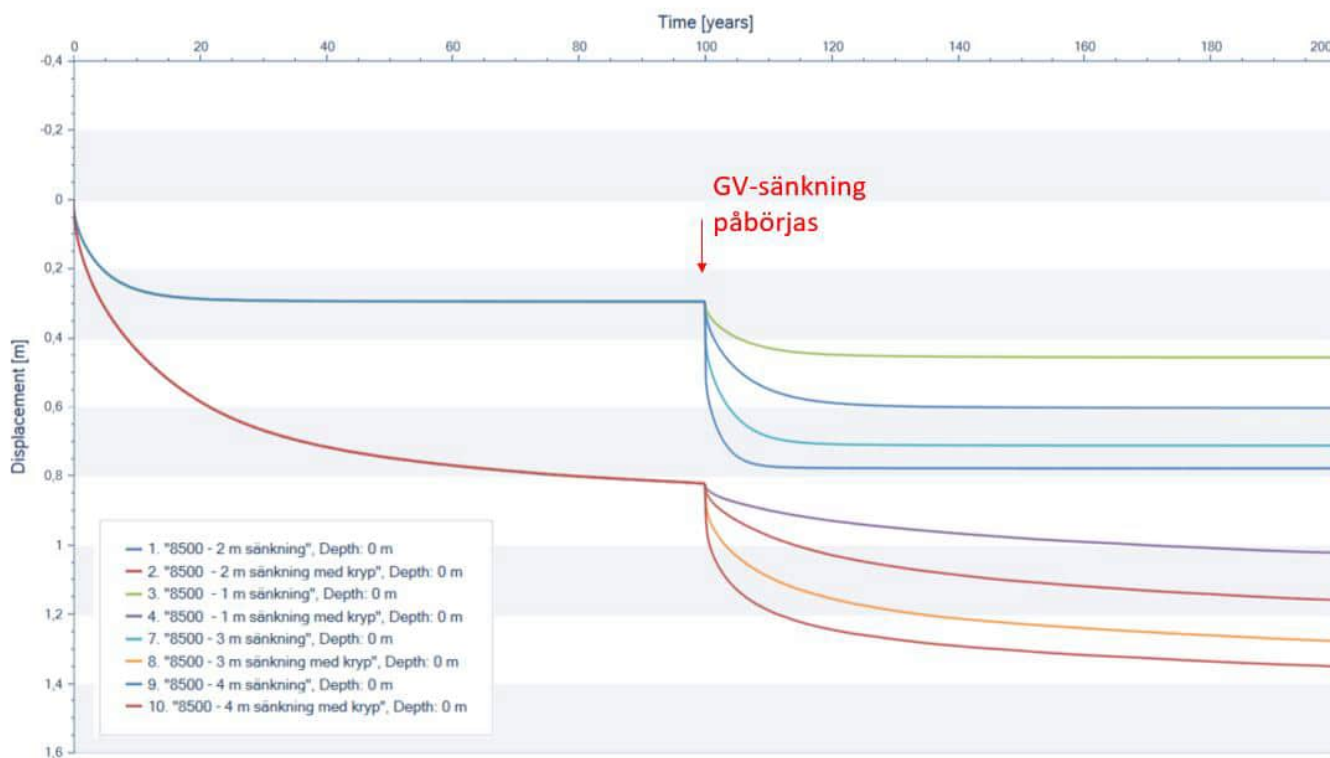
Beräkning av sättningar utförs med syftet att uppskatta om det kan uppkomma skadliga sättningar under befintlig E4 till följd av grundvattensänkningar. En del av befintlig E4 planeras byggas om efter att anläggning av de brostöd som kommer att ligga i anslutning till och mellan de södergående och norrgående spåren har utförts. Beräkningar utfördes för 1 till upp till 4 m grundvattensänkning endast för delsträckorna som inte planeras byggas om. Beräknade sättningar redovisas i Figur 46–Figur 48 och i Tabell 30.



Figur 46. Beräknade sättningar vid 9/060–9/180 och ramp C för 1 till 3 m grundvattensänkning och 9 m lera. Med och utan krypning.



Figur 47. Beräknade sättningar vid 8/800–8/860 och ramp A för 1 till 4 m grundvattensänkning och 5 m lera. Med och utan krypning.



Figur 48. Beräknade sättningar vid 8/320–8/540 för 1 till 4 m grundvattensänkning och 8 m lera. Med och utan krypning.

Tabell 29. Grundläggning och pågående sättningar under befintlig E4 vid lm 8/320–9/180. Beräknade sättningar avser sättningarna som bedöms ha uppkommit från anläggning av E4 (inklusive tidigare sättningar inom delsträcka med tidig utläggning och delsträcka med vertikaldränering).

Km E4	Grundläggning	Ler- mäktighet	Sättning storlek (cm)						Sättningskrav*
			Utan kryp			Med kryp			
			40 år (idag)	42 år	50 år	40 år (idag)	42 år	50 år	
9/180– 9/060 Ramp C	Ej angiven	9 m	59	60	61	87	89	96	20 cm
8/860– 8/800 Ramp A	Tidig utläggning / lättfyllning	5 m	13	13	13	37	37	38	12 cm
8/540– 8/320	Vertikaldränering / överlast / lättfyllning	8 m	100 år 30	102 år 30	110 år 30	100 år 82	102 år 83	110 år 83	20 cm

*exklusive tidigare sättningar som kan ha uppkommit vid tidig anläggning eller vertikaldränering.

Tabell 30. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan för olika temporära grundvattensänkningar (exklusive tidigare och pågående sättningar).

Ca km E4	Grundläggning	Avsänk. storlek	Ler- mäktighet (m)	Sättning storlek (cm)						Sättningskrav
				Utan kryp			Med kryp			
				2 år	10 år	100 år	2 år	10 år	100 år	
9/180– 9/060 Ramp C	Ej angiven	1 m	9 m	6	13	-	3	9	-	20 cm
		2 m		15	27	-	11	24	-	
		3 m		25	40	-	25	50	-	
8/860– 8/800 Ramp A	Tidig utläggning / lättfyllning	1 m	5 m	8	11	-	8	13	-	12 cm
		2 m		18	19	-	15	21	-	
		3 m		23	23	-	21	27	-	
		4 m		24	24	-	22	28	-	
8/540– 8/320*	Vertikaldränering / överlast / lättfyllning	1 m	8 m	6	13	16	3	7	20	20 cm
		2 m		12	25	31	6	14	34	
		3 m		25	39	42	15	27	46	
		4 m		36	47	48	24	37	53	

* Vertikaldräner mellan lm 8/540 och 8/320 kan påverka sättningsförloppet. Sättningar beräknades även för 100 år för aktuell delsträcka.

Det finns inga inventerade sättningar vid lm 9/180–9/060 enligt fältinventering 2018, vilket inte stämmer med resultaten i Tabell 29. Någon form av förstärkning måste ha utförts på denna delsträcka alternativt att leran har betydligt bättre parametrar än vad som har antagits i beräkningarna. Sättningar som kan uppstå vid grundvattensänkningar på denna sträcka bedöms därmed vara mindre än i ovanstående tabellen. Bedömd

Filnamn: OLP4-04-025-42000-0_0-0027 (1)

Projektnamn Skapat av (Leverantör)
Ostlänken Pauline Meneust
Ärendenummer Granskat av (Leverantör)
TRV 2014/48912 Lovisa Hassellund
Godkänt av (Leverantör)
Henrik Tham

Godkänt datum
2023-11-21
Sidor
45(50)

Rev Datum
-
Version
_6

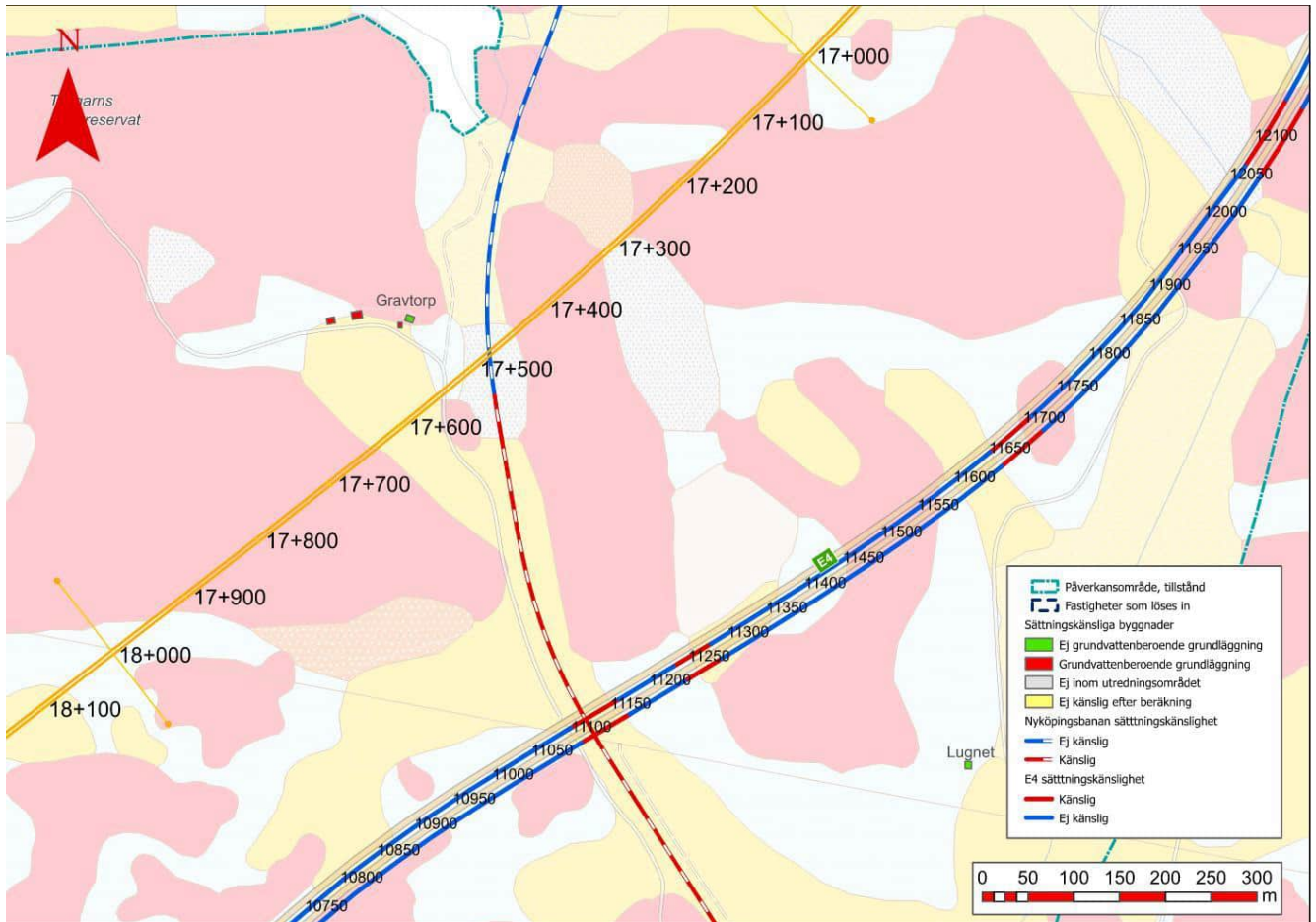


avsänkning om inga skyddsåtgärder vidtas ligger mellan 1 och 2 meter på denna sträcka. Skyddsåtgärder planeras för säkerhetsskull.

Bedömd avsänkning om inga skyddsåtgärder vidtas ligger mellan 2 och 3 m för delsträcka lm 8/860–8/800, lm 8/540–8/320 och ramp A. Skyddsåtgärder erfordras på dessa sträckor.

4 Risksträckor befintlig järnväg

4.1 Nyköpingsbanan, km 17+500



Figur 49. Nyköpingsbanan och E4 vid km 17+500. © SGU, jordartskarta

Nyköpingsbanan korsar spårlinjen i ca km 17+500. Söder om spårlinjen ligger Nyköpingsbanan på kohesionsjord och kan påverkas av både temporära och permanenta grundvattensänkningar.

Grundvattennivåerna under Nyköpingsbanan bedöms behöva avsänkas ca 2 m söder om E4 både under bygg- och driftskedet.

Sättningar har beräknats under Nyköpingsbanan för olika grundvattensänkningar, som funktion av den effektiva vertikala spänningsökningen i jorden. Ingen inventering av eventuella sättningar har utförts. Inga rekommendationer eller underlag om hur befintlig Nyköpingsbana är grundlagd har erhållits. Nedan redovisas sättningsberäkningar under befintlig Nyköpingsbana vid km 17+500 med indata enligt Tabell 17–Tabell 19.

Tabell 31. Indata till sättningsberäkningar under befintlig Nyköpingsbana - km 17+500.

LM järnväg	CRS-försök	Ler-mäktighet (inkl. torrskorpa)	Torrskorpa	Fyllning	GV (medel)	MY (medel)	Hur mycket tål vägen? Totalsättningskrav för nybyggd järnväg: 20 cm*
17+500	17G065	7,4 m	0 m	2 m	+21,7- +17,2	ca +21,4- 17,2	Vald sättningsgräns i längdled: 10 cm

*sättningskrav i fetstil avser högsta kravet mellan totalsättningar och differentialsättningar. Vid fast mark och torrskorpelera på fast mark antas att inga sättningar uppkommer.



Figur 50. Utförda (orangea prickar och gröna cirklar) undersökningar vid km 17+500. Orangea cirklar har ej utförts enligt plan.

Tabell 32. Indata till sättningsberäkningar vid Nyköpingsbanan km 17+500 – ler- och siltparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kN/m ²]	M_L [kN/m ²]	M' [-]	σ'_c [kN/m ²]	σ'_L [kN/m ²]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Lera 1	0	16	6	1400	300	13	46	65	4,4E-10	0,012	3,2
	2	16	6	1400	300	13	46	65	4,4E-05	0,012	3,2
Lera 2	2	16	8	1900	280	12,5	68	85	3,5E-10	0,09	3,2
	4	16	8	1900	280	12,5	68	85	3,5E-10	0,09	3,2
Lera 3	4	17	12	2900	180	13,5	95	96	2,0E-10	0,05	3,2
	7,4	17	12	2900	180	13,5	95	96	2,0E-10	0,05	3,2
Silt	7,4	18	26	6500	1000	13,5	199	250	3,2E-8	1	3,2
	10	19	26	6500	1000	13,5	199	250	3,2E-8	1	3,2

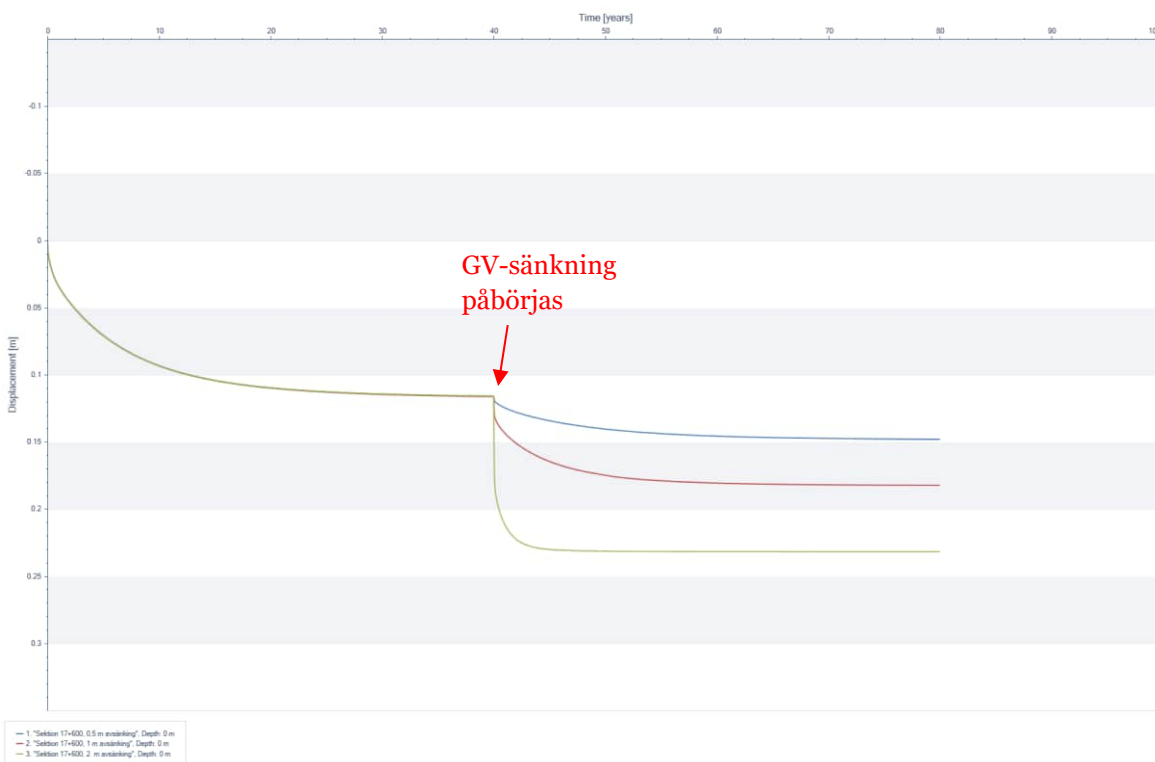
* Har beräknats enligt $250c_u$

Tabell 33. Indata till sättningsberäkningar med krypning vid Nyköpingsbanan km 17+500 – lerparametrar.

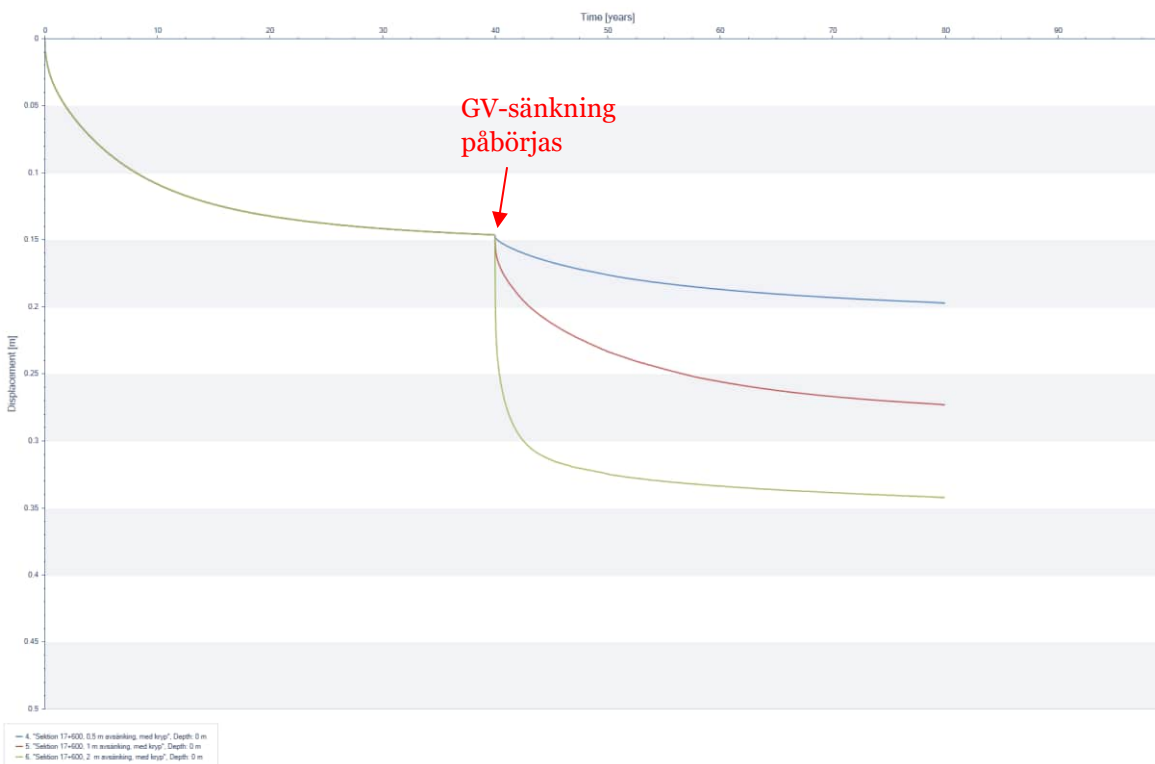
	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_o [-]	b_1 [-]	r_o [-]	r_1 [-]
Lera 1	0	16	67	1	0,45	1,1	1767,1	153,5
	2	16	67	1	0,45	1,1	1767,1	153,5
Lera 2	2	16	86	1	0,83	1,1	3622	105
	4	16	86	1	0,83	1,1	3622	105
Lera 3	4	17	90	1	0,83	1,1	61 341	92
	7,4	17	90	1	0,83	1,1	61 341	92

CRS-försök som har använts för utvärdering av beräkningsparametrar kommer från prover som tagits under Nyköpingsbanan. Leran är normalkonsoliderad i området.

Nyköpingsbanan går på upp till ca 2,0 m bank vid aktuell delsträcka. Beräkning av sättningar utförs med syftet att uppskatta om det kan uppkomma skadliga sättningar under befintlig Nyköpingsbana vid olika avsänkningar. Beräkningar har utförts för 7,4 m lera och för 0,5 till 2 meter grundvattensänkning. Sättningar beräknas först för spänningsökningen i jorden från banken under 40 år innan grundvattensänkningen appliceras i beräkningen. Vattenkvoten antas konservativt vara densamma som före bankens anläggning. Beräknade sättningar redovisas i Figur 51, Figur 52 och Tabell 34.



Figur 51. Beräknade sättningar vid Nyköpingsbanan km17+500 för 0,5 till 2 m grundvattensänkning och 7,4 m lera – Utan krypning.



Figur 52. Beräknade sättningar vid Nyköpingsbanan km 17+500 för 0,5 till 2 m grundvattensänkning och 7,4 m lera – Med krypning.

Tabell 34. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan.

Km Järnväg	Grundläggning	Avsänkning storlek	Ler- mäktighet	Sättning storlek (cm)				Sättningskrav
				Utan kryp		Med kryp		
				2 år	10 år	2 år	10 år	
17+500	Lera finns kvar under järnvägsbanken	0,5 m	7,4 m	1	2	1	3	10 cm
		1 m		3	6	4	9	
		Bedömt 2 m		11	12	15	18	

Beräkningarna är baserade på de CRS-försök som utfördes under våren 2023. Då marken i området innehåller siltskikt kan modulerna i beräkningarna antas vara väl konservativa, vilket gör att resultaten ger en något sämre bild än vad som området troligen kommer att utsättas för.

Då bedömd grundvattensänkning uppgår till ca 0,3 m med skyddsinfiltation anses beräkningen med 0,5 m grundvattensänkning motsvara beräkning med skyddsinfiltation.

OSTLÄNKEN

OLP4 SÖDERTÄLJE - TROSA

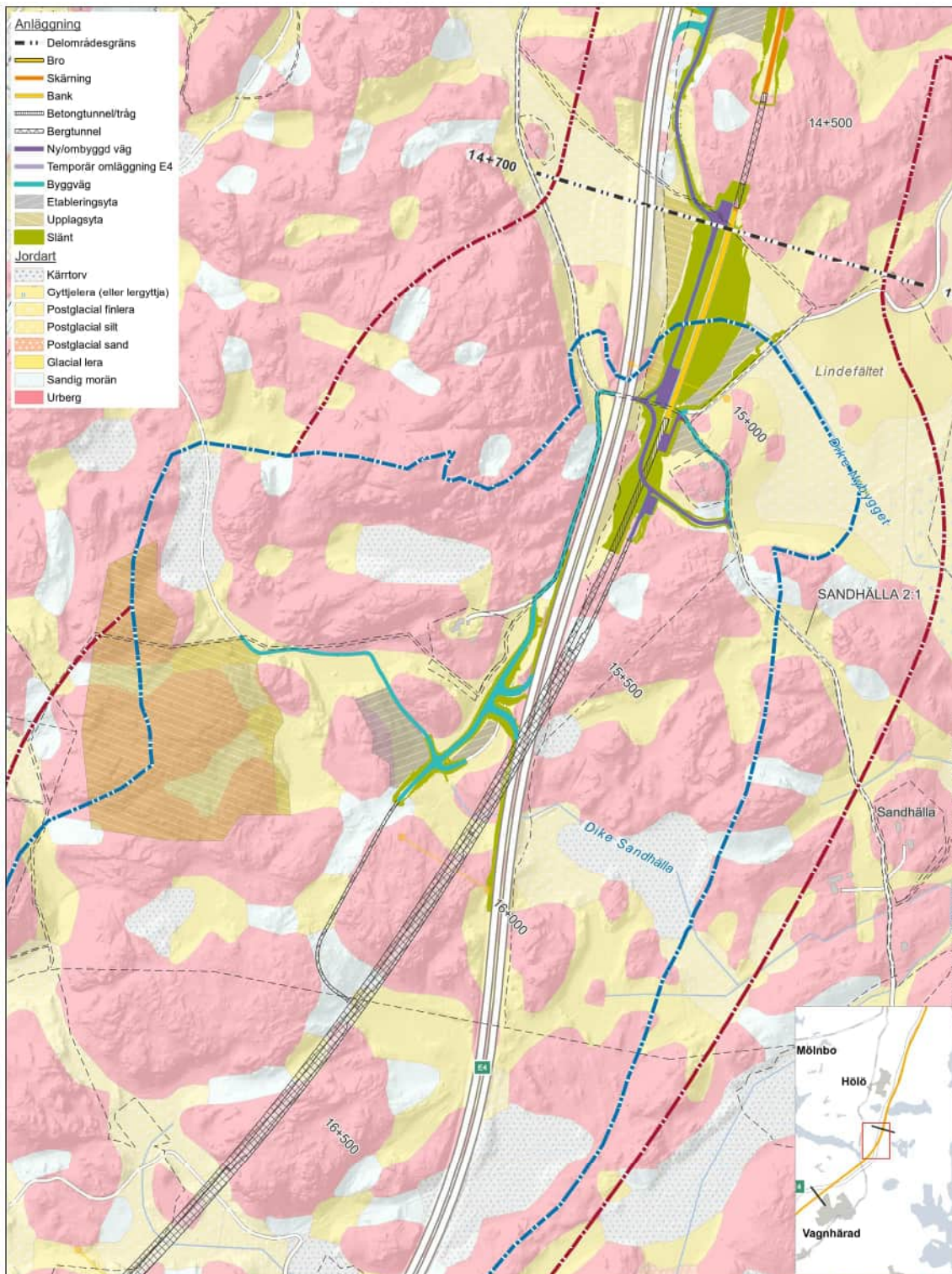
LÅNGSJÖN - SILLEKROG

Bandel 506, KM 14+700 - 27+860

PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning 4.2

Bilaga 2, Översikt över nya byggnader registrerade efter 2016

UTREDNING



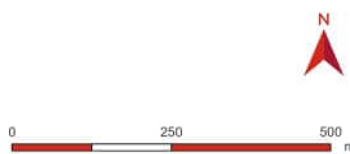
Bilaga 2 - Översikt över byggnader registrerade efter 2016

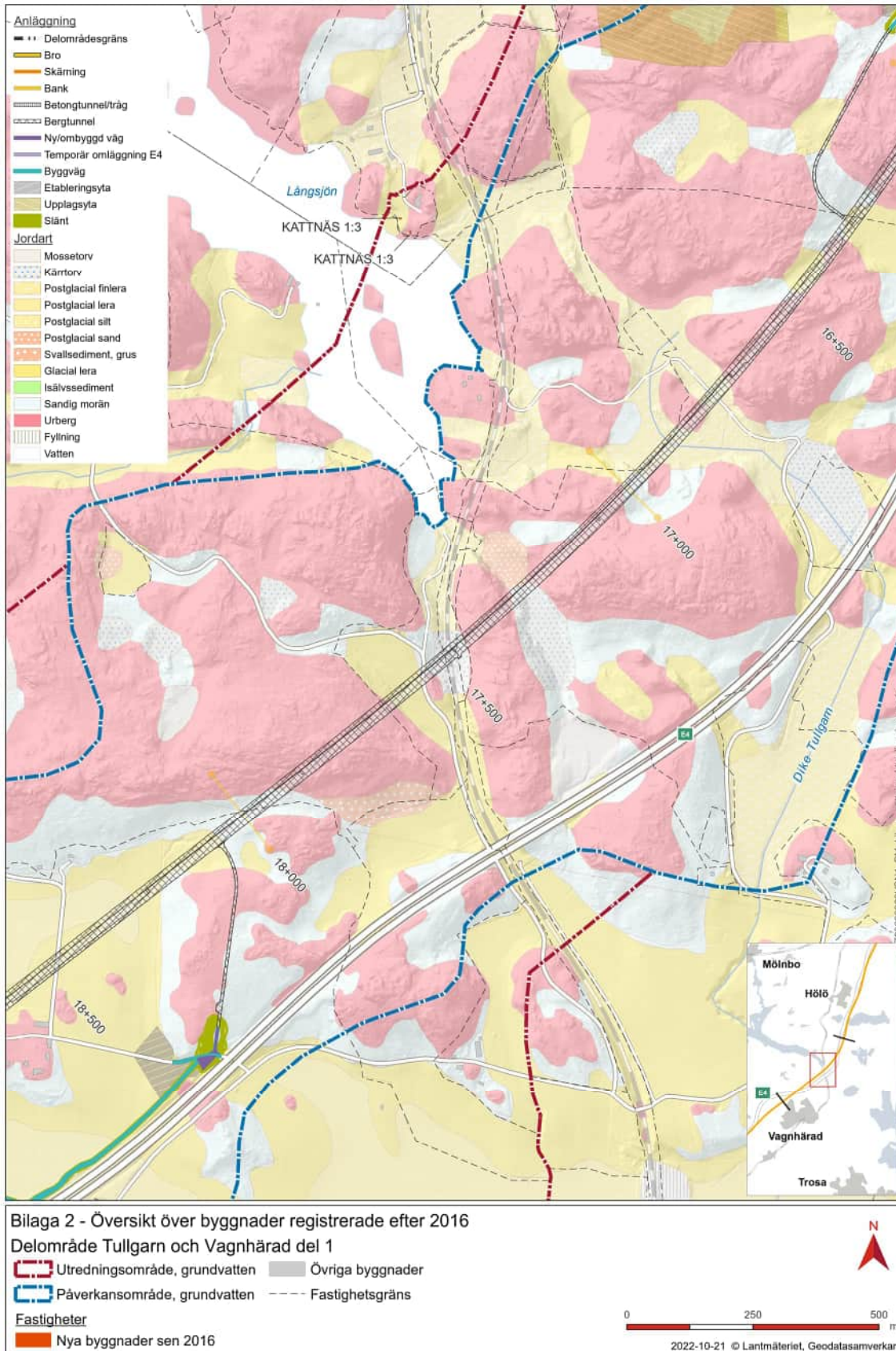
Delområde Tullgarn och Vagnhärad del 1

- Utredningsområde, grundvatten
- Påverkansområde, grundvatten
- Övriga byggnader
- Fastighetsgräns

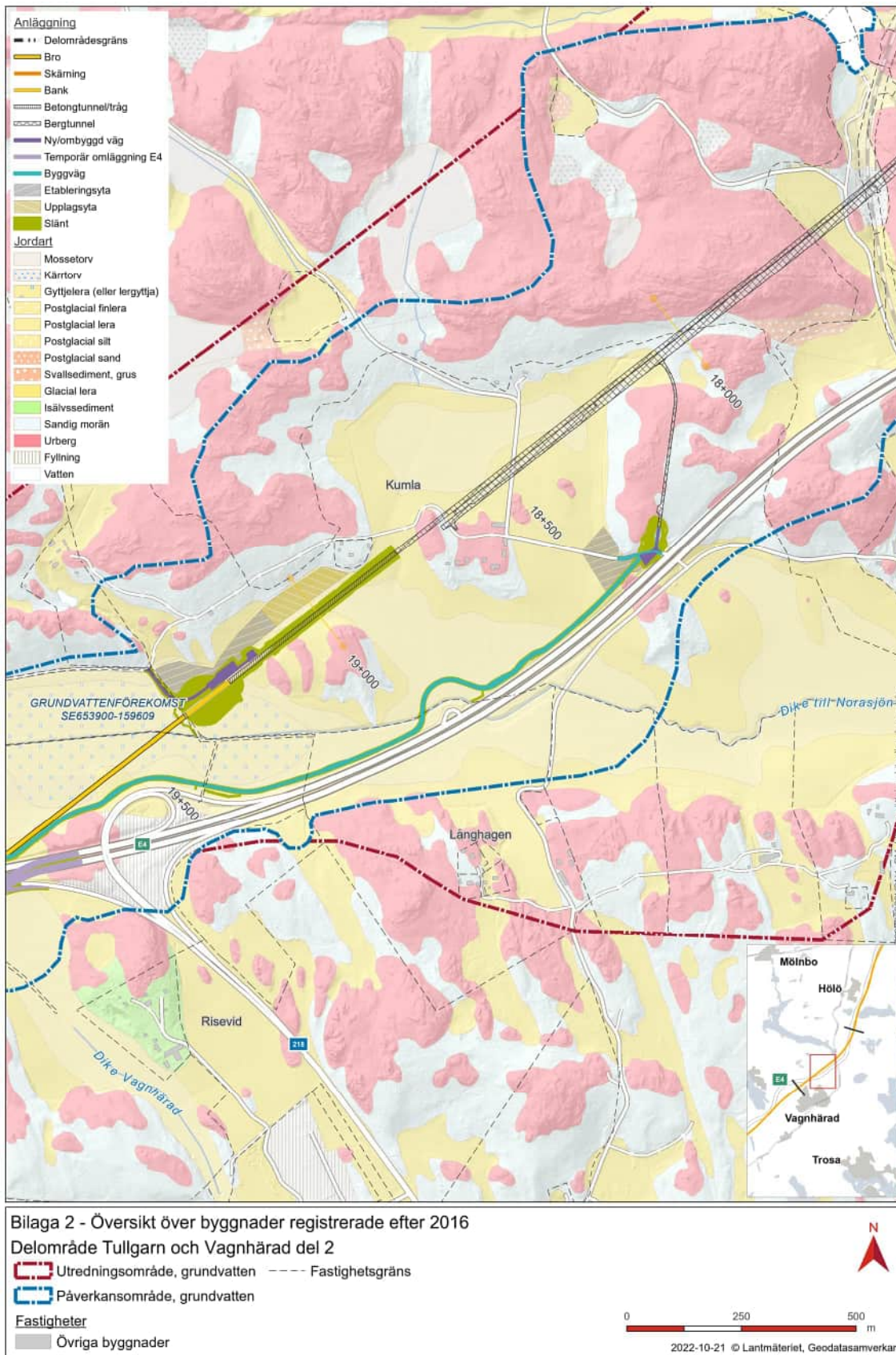
Fastigheter

- Nya byggnader sen 2016

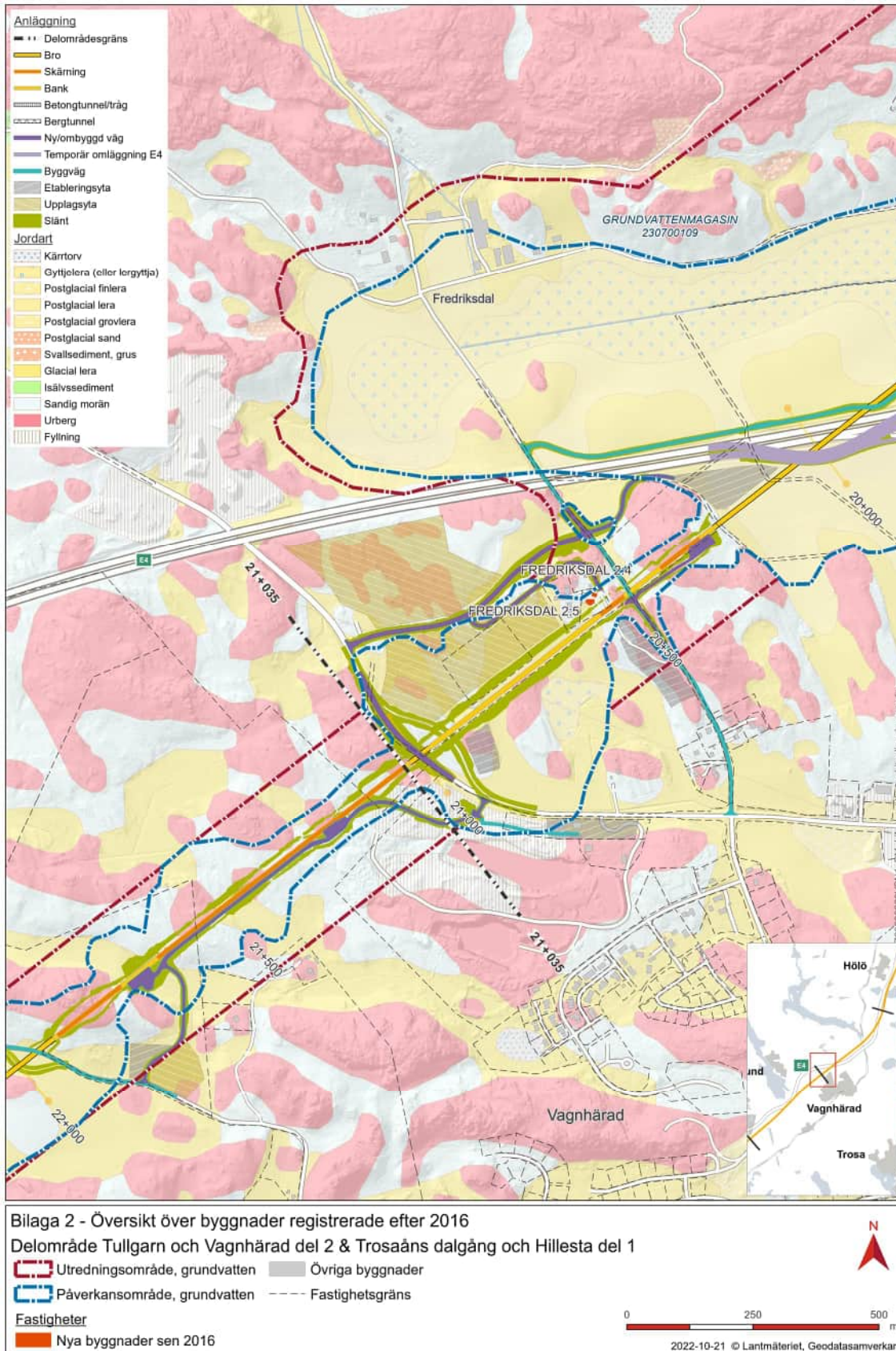




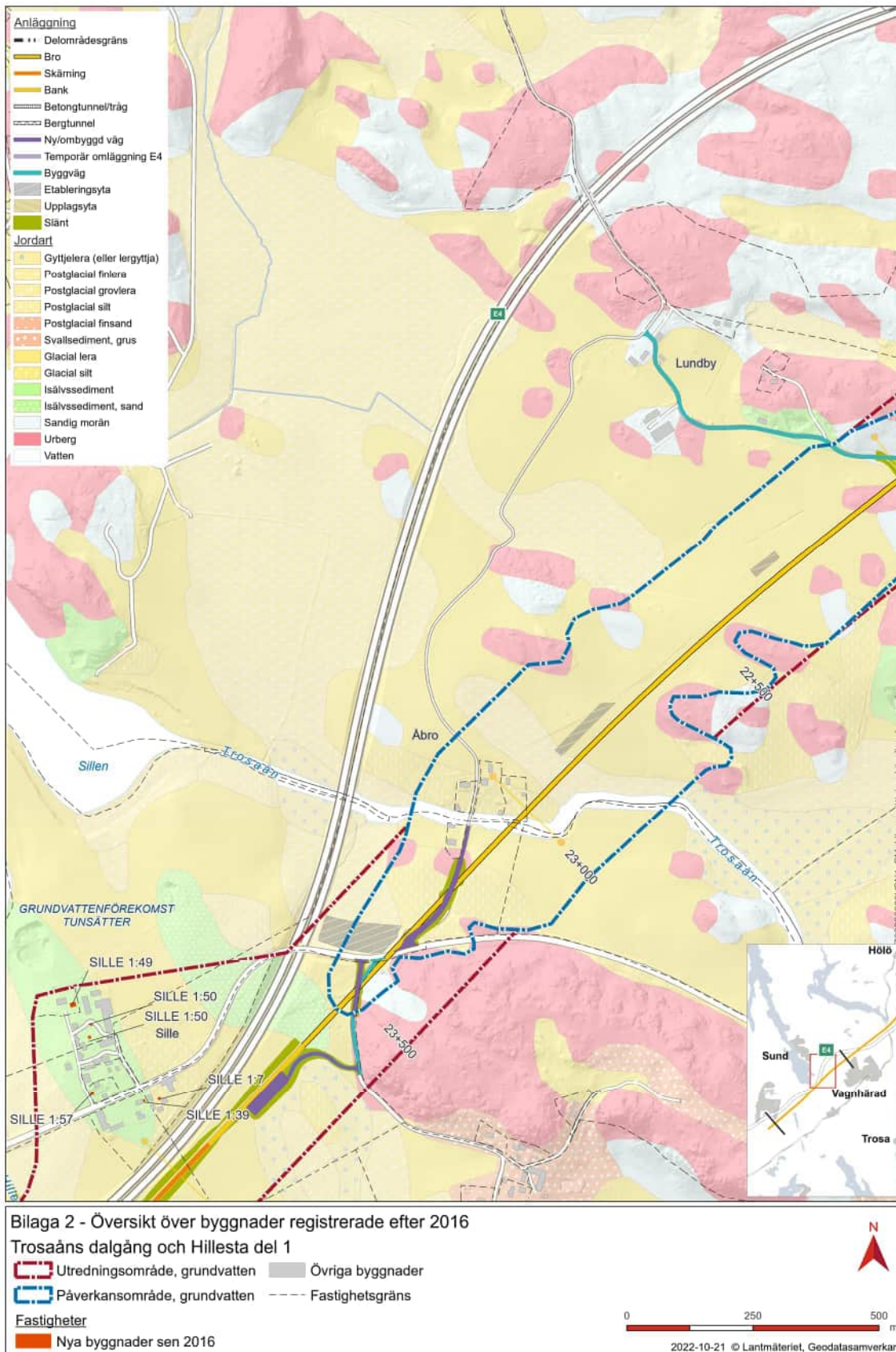
PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning 4.2, Bilaga 2, Översikt över nya byggnader registrerade efter 2016



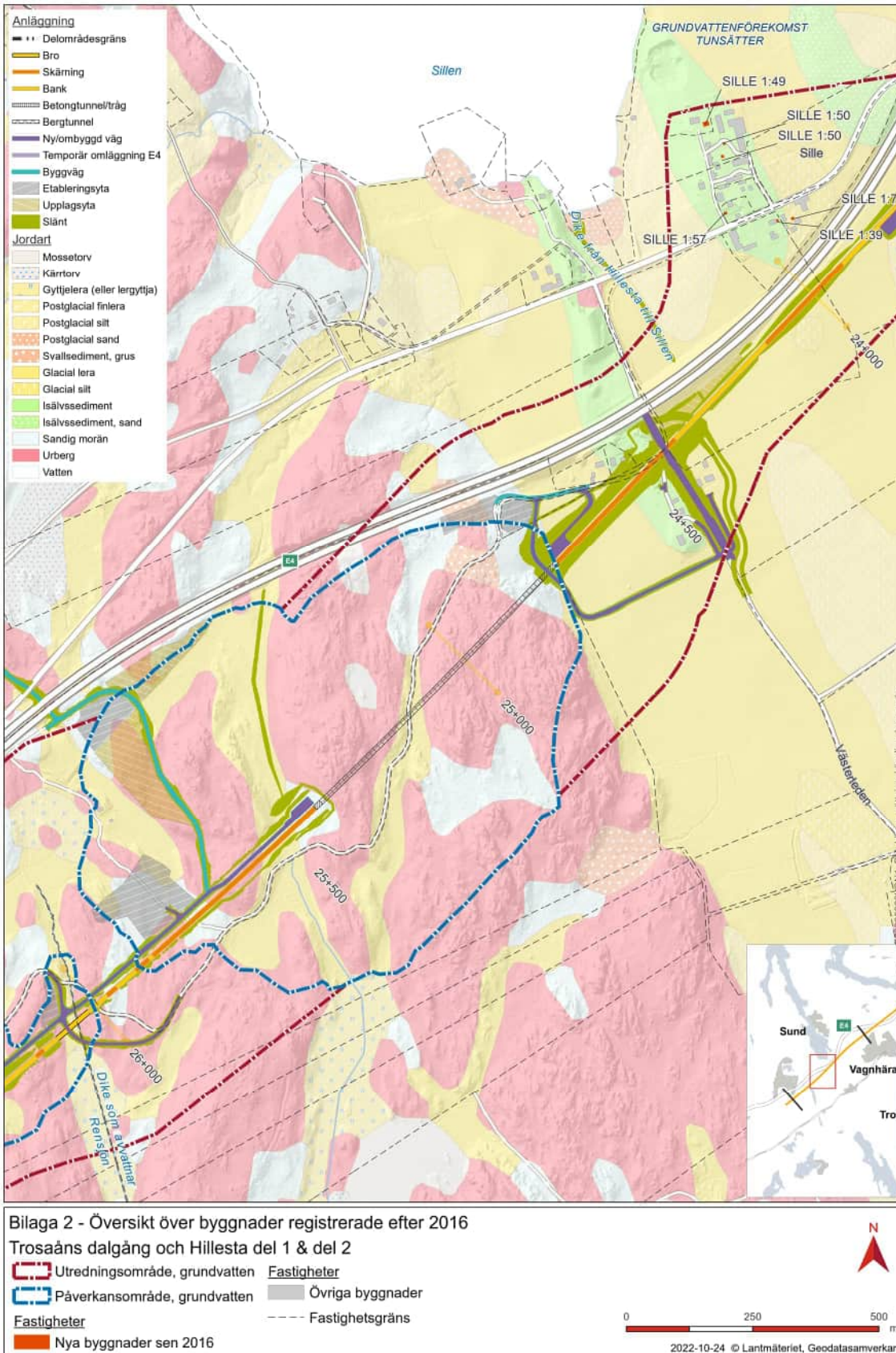
PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning 4.2, Bilaga 2, Översikt över nya byggnader registrerade efter 2016



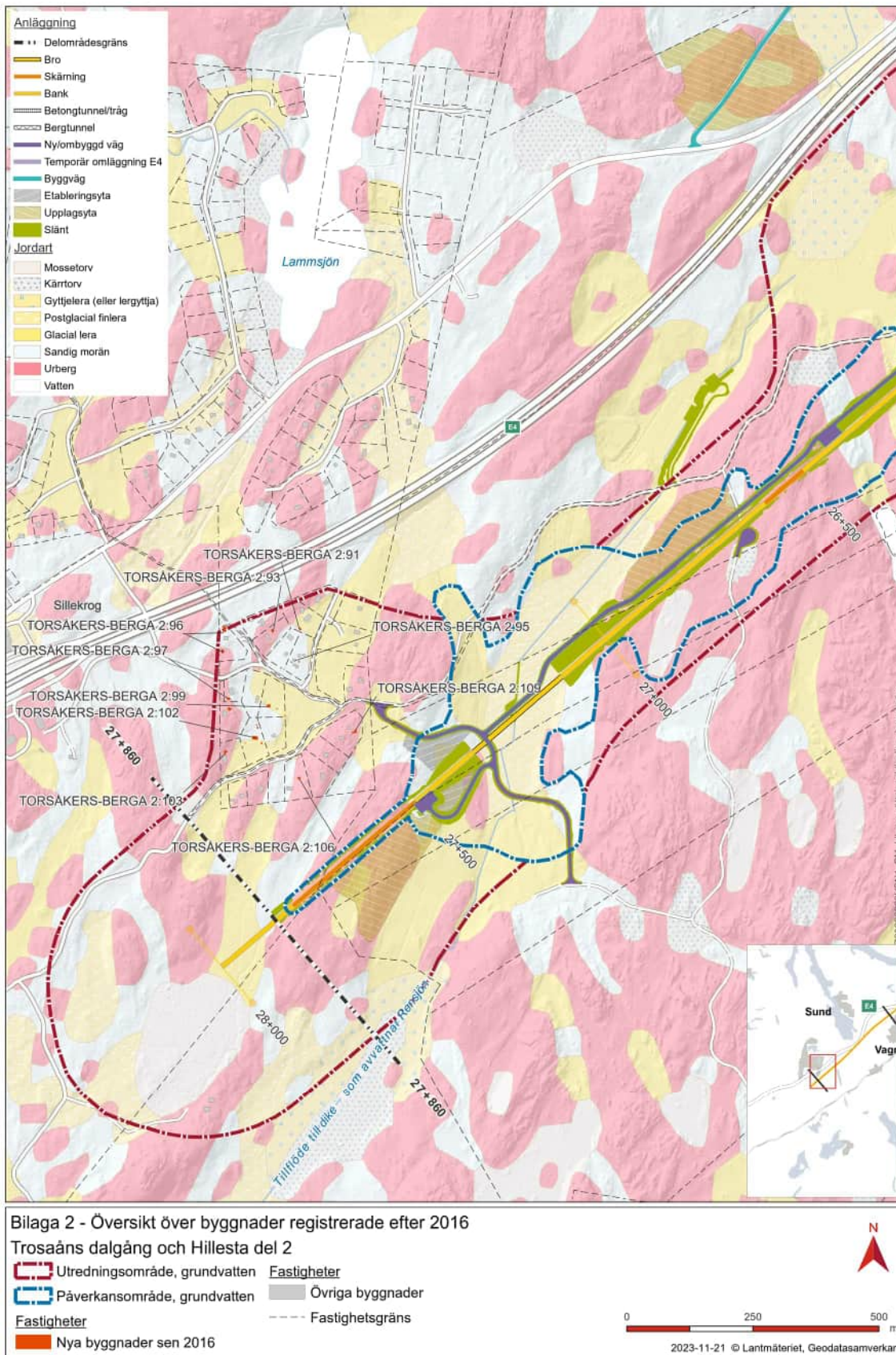
PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning 4.2, Bilaga 2, Översikt över nya byggnader registrerade efter 2016



PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning 4.2, Bilaga 2, Översikt över nya byggnader registrerade efter 2016



PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning 4.2, Bilaga 2, Översikt över nya byggnader registrerade efter 2016



PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning 4.2, Bilaga 2, Översikt över nya byggnader registrerade efter 2016

Filnamn: OLP4-04-025-42000-0_0-0038

Projektnamn Skapat av (Leverantör)
Ostlänken Pauline Meneust
Ärendenummer Granskat av (Leverantör)
TRV 2014/48912 Lovisa Hassellund
Godkänt av (Leverantör)
Henrik Tham

Godkänt datum
2023-02-28
Sidor
1(3)

Rev Datum
-
Version
_.3



TRAFIKVERKET

OSTLÄNKEN

OLP4 SÖDERTÄLJE - TROSA

LÅNGSJÖN - SILLEKROG

Bandel 506, KM 14+700 - 27+860

PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning 4.2

Bilaga 3, Inventering av nya byggnader registrerade efter 2016

UTREDNING

Filnamn: OLP4-04-025-42000-0_0-0038

Projektnamn	Skapat av (Leverantör)	Godkänt datum	Rev Datum
Ostlänken	Pauline Meneust	2023-02-28	-
Ärendenummer	Granskat av (Leverantör)	Sidor	Version
TRV 2014/48912	Lovisa Hassellund	2(3)	_3
	Godkänt av (Leverantör)		
	Henrik Tham		



Inledning och syfte

Byggnader som registrerades i fastighetskartan efter 2016 och som inte ingår i fastighetskartan som utgör underlag till byggnadernas inventering i huvuddokumentet framgår av denna bilaga. I tabellen på efterföljande sidan anges fastighetsnamn samt jordart enligt SGU:s jordartskarta. Sen görs en bedömning om byggnaden är riskexponerat objekt eller inte. De byggnaderna som ligger på sättningsbenägen mark och finns inom påverkansområdet bedöms vara riskexponerade objekt.

Projektnamn	Skapat av (Leverantör)	Godkänt datum	Rev Datum
Ostlänken	Pauline Meneust	2023-02-28	-
Ärendenummer	Granskat av (Leverantör)	Sidor	Version
TRV 2014/48912	Lovisa Hassellund	3(3)	_3
	Godkänt av (Leverantör)		
	Henrik Tham		



OMRÅDE	KM	FASTIGHET	JORDART	RISKEXPONERAT OBJEKT	ANMÄRKNING
TULLGARN	15	SANDHÄLLA 2:1	Lera	Nej	Utanför påverkansområdet
TULLGARN	16	KATTNÄS 1:3	Lera	Nej	Utanför påverkansområdet, nära berg
TULLGARN	16	KATTNÄS 1:3	Berg	Nej	
FREDRIKSDAL	20	FREDRIKSDAL 2:4	Berg	Nej	
FREDRIKSDAL	20	FREDRIKSDAL 2:5	Morän	Nej	
FREDRIKSDAL	20	FREDRIKSDAL 2:5	Morän	Nej	
SILLEFÄLTET	24	SILLE 1:49	Isälvssediment	Nej	
SILLEFÄLTET	24	SILLE 1:50	Isälvssediment	Nej	
SILLEFÄLTET	24	SILLE 1:50	Isälvssediment	Nej	
SILLEFÄLTET	24	SILLE 1:57	Isälvssediment	Nej	
SILLEFÄLTET	24	SILLE 1:39	Isälvssediment	Nej	
SILLEFÄLTET	24	SILLE 1:7	Glacial silt	Nej	Utanför påverkansområdet
KM 27	27	TORSÅKERS-BERGA 2:91	Lera	Nej	Långt ifrån påverkansområdet
KM 27	27	TORSÅKERS-BERGA 2:93	Berg	Nej	
KM 27	27	TORSÅKERS-BERGA 2:95	Morän	Nej	
KM 27	27	TORSÅKERS-BERGA 2:95	Morän	Nej	
KM 27	27	TORSÅKERS-BERGA 2:96	Berg	Nej	
KM 27	27	TORSÅKERS-BERGA 2:96	Morän	Nej	
KM 27	27	TORSÅKERS-BERGA 2:96	Morän	Nej	
KM 27	27	TORSÅKERS-BERGA 2:97	Berg	Nej	
KM 27	27	TORSÅKERS-BERGA 2:99	Lera	Nej	Långt ifrån påverkansområdet
KM 27	27	TORSÅKERS-BERGA 2:100	Berg	Nej	
KM 27	27	TORSÅKERS-BERGA 2:102	Morän	Nej	
KM 27	27	TORSÅKERS-BERGA 2:102	Morän	Nej	
KM 27	27	TORSÅKERS-BERGA 2:102	Morän	Nej	
KM 27	27	TORSÅKERS-BERGA 2:102	Lera	Nej	Långt ifrån påverkansområdet
KM 27	27	TORSÅKERS-BERGA 2:102	Lera	Nej	Långt ifrån påverkansområdet
KM 27	27	TORSÅKERS-BERGA 2:103	Berg	Nej	
KM 27	27	TORSÅKERS-BERGA 2:106	Berg	Nej	
KM 27	27	TORSÅKERS-BERGA 2:109	Berg	Nej	