



OSTLÄNKEN

OLP4 SÖDERTÄLJE - TROSA

GERSTABERG - LÅNGSJÖN

Bandel 506, KM 0+000 - 14+700

PM Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning 4.1

Bilaga 1, Sättningsberäkningar

UTREDNING



Innehållsförteckning

1	Påverkan på in situ spänning vid grundvattensänkningar.....	3
2	Byggnader	4
2.1	Km 0+000–3+500 Gerstaberget.....	4
2.1.1	Gerstaberget 1:7 > 1, km 1	4
2.2	Km 3+680–4+100 Trafikplats Järna	9
2.2.1	Tälleby 1:42 (tidigare Håkannäs 17:2), km 4.....	9
2.3	Km 5+000–7+000 Passage E4 Järna	17
2.3.1	Stensta 3:1, km 6.....	17
2.3.2	Linga 1:6, km 7.....	22
2.4	Km 9+000–11+000 Skillebyån och Hölö grundvattenförekomst	27
2.4.1	Smedsta 6:5, Smedsta 1:10, Smedsta 2:25, Smedsta 2:28, Smedsta 2:29 och Hölö-Ekeby 1:37, km 9 27	
2.4.2	Tösta 3:1, km 10	32
3	Risksträckor E4	35
3.1	Gerstabergetstunneln, km 3+280–3+680	35
3.2	Trafikplats Järna, km 3+680–4+100	39
3.3	Passage E4 Järna, km 5+100–5+900	45
3.4	Skillebyån, km 9+300–10+000.....	52
3.5	Vreta, km 12+200–12+300.....	59
3.6	E4 och Väg 510, km 12+500–12+970.....	64
3.7	Mellan tunnlar, km 14+167–14+456.....	73
4	Risksträckor befintlig järnväg	77

Projektnamn	Skapat av (Leverantör)	Godkänt datum	Rev Datum
Ostlänken	Pauline Meneust	2023-02-02	-
Ärendenummer	Granskat av (Leverantör)	Sidor	Version
TRV 2014/48912	Lovisa Hassellund	3(106)	_.3
	Godkänt av (Leverantör)		
	Henrik Tham		

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 $b_1 \times$ förkonsolideringstrycket

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.

$$r_1 = 75/w_L^{1.5}$$

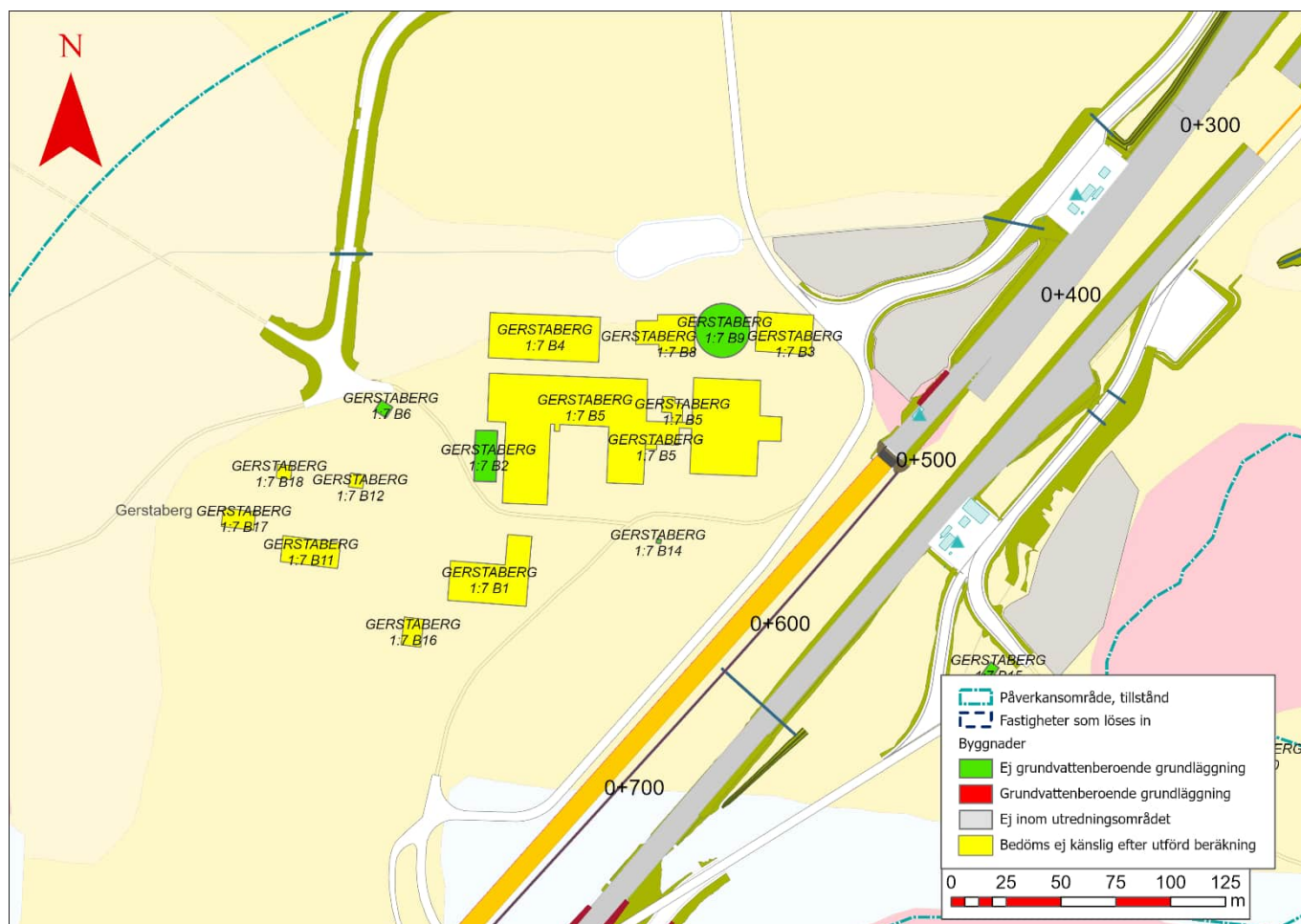
$$b_0 = 1/OCR$$

$$b_1 = 1,1$$

2 Byggnader

2.1 Km 0+000–3+500 Gerstaberger

2.1.1 Gerstaberger 1:7 > 1, km 1



Figur 2.1. Gerstaberger 1:7.

Byggnaderna kan komma att påverkas av grundvattensänkningar eftersom de ligger på sättningsbenägen mark. Storleken på grundvattensänkningen bedöms dock bli begränsad vid byggnaderna, eftersom det befintliga spåret som ligger närmre planerade schakter för brostöd inte kommer att tåla stora avsänkningar. Skyddsåtgärd kommer således att genomföras i området för att minska grundvattensänkningens storlek.



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. Beräkningarna har utförts för 50 kPa och 130 kPa, vilka motsvarar en last som återfinns för flera bostad och komplementbyggnader respektive den största lasten, se Tabell 1. Vid utförda beräkningar har den kantförstyvningen antagits ha oändlig längd.

Nedan redovisas resultaten av sättningsberäkningarna med indata enligt Tabell 1–Tabell 4.

Tabell 1. Bedömda laster för varje byggnad vid Gerstabergr 1:7 > 1.

Byggnadsnummer	Längd	Bredd	Total Last	Last på oändlig lång kantförstyvning	Byggår	Hur mycket tål byggnaden? (Differenssättningskrav 1/500)
B5 (västra del)	70 m	20 m	15 kPa	130 kPa	Byggs i omgångar	4 cm
B5 (östra del)	40 m	30 m	15 kPa	115 kPa		6 cm
B4	50 m	20 m	15 kPa	110 kPa	Mellan 1975 och 2008	4 cm
B2	23 m	10 m	10 kPa	35 kPa	Före 1960	2 cm
B1	36 m	18 m	10 kPa	60 kPa	Före 1960	4 cm
B8	26 m	17 m	10 kPa	50 kPa	2016	4 cm
B3	25 m	18 m	10 kPa	50 kPa	2020	4 cm
B16	12 m	9 m	20 kPa	50 kPa	Före 1960	2 cm
B12	6 m	6 m	15 kPa	20 kPa	Före 1960	1 cm
B18	6 m	6 m	15 kPa	20 kPa	Före 1960	1 cm
B17	15 m	8 m	20 kPa	50 kPa	Före 1960	2 cm
B11	27 m	12 m	20 kPa	80 kPa	Före 1960	2 cm

Tabell 2. Indata till sättningsberäkningar vid fastighet Gerstabergr 1:7>1.

Last	CRS-försök	Lermäktighet (inkl. torrskorpa)	Torrskorpa	GV	MY	Hur mycket tål byggnaden? (Differenssättningskrav 1/500)
50 kPa	00G2069	3 m	2 m	+27	+28*	2 till 4 cm
130 kPa						6 cm

*Konservativt antagande



Figur 2.2. Utförda undersökningar (gröna cirklar och orange prickar) vid fastighet Gerstabergh 1:7 > 1.

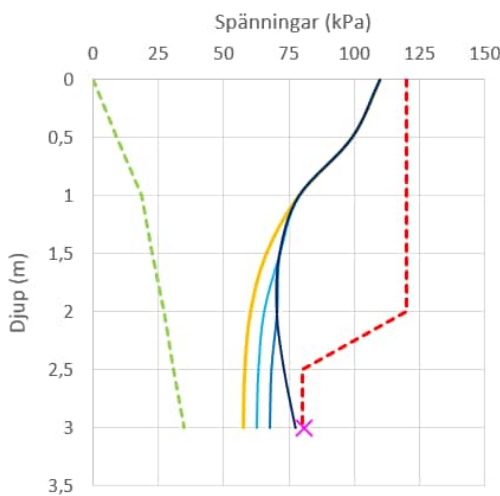
Tabell 3. Indata till sättningsberäkningar vid fastighet Gerstabergh 1:7 > 1 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Torrskorpa	0	18,5	30	7500	7500	12	120	300	1,0E-08	0,315	1,0
	2	18,5	30	7500	7500	12	120	300	1,0E-08	0,315	1,0
Lera 1 - vCl(fsasi)	2	17,8	15	3750	430	15	80	120	2,4E-10	0,0076	2,8
	3	17,8	15	3750	430	15	80	120	2,4E-10	0,0076	2,8

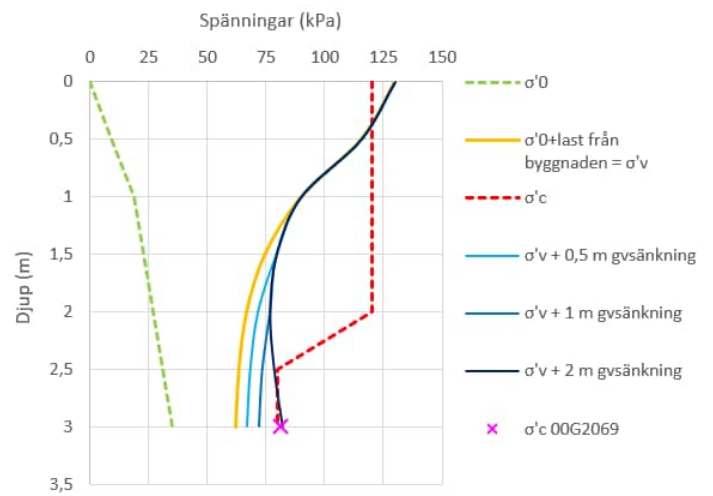
* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.

CRS-försök som har använts för utvärdering av beräkningsparametrarna har utförts på prover som har tagits vid det befintliga spåret, dvs. upp till 250 m från byggnaderna där sättningar beräknas. CRS-försök har ej kunnat utföras på prover i undersökningspunkt 00G3005 eller 00G3008 pga. en för liten lermäktighet. Leran är överkonsoliderad vid punkt 00G2069 men osäkerheter kvarstår om lerparametrarna vid varje byggnad.

Med en last på 50 kPa är effektivspänningen i jorden efter 0,5 till 2 meter grundvattensänkning fortfarande lägre än σ_{ref} , vilket betyder att inga krypdeformationer kommer att ske i lerlagret vid dessa avsänkningar, se Figur 2.4. Sättningar beräknas med krypning vid en last på 130 kPa. I båda fall beräknas sättningar först för spänningsökningen i jorden från byggnaden. Den totala sättningen uppkommer efter ca 1 år, se Figur 2.5 och Figur 2.6.



Figur 2.3. Spänningar med en last från byggnaden på 50 kPa.



Figur 2.4. Spänningar med en last från byggnaden på 130 kPa.

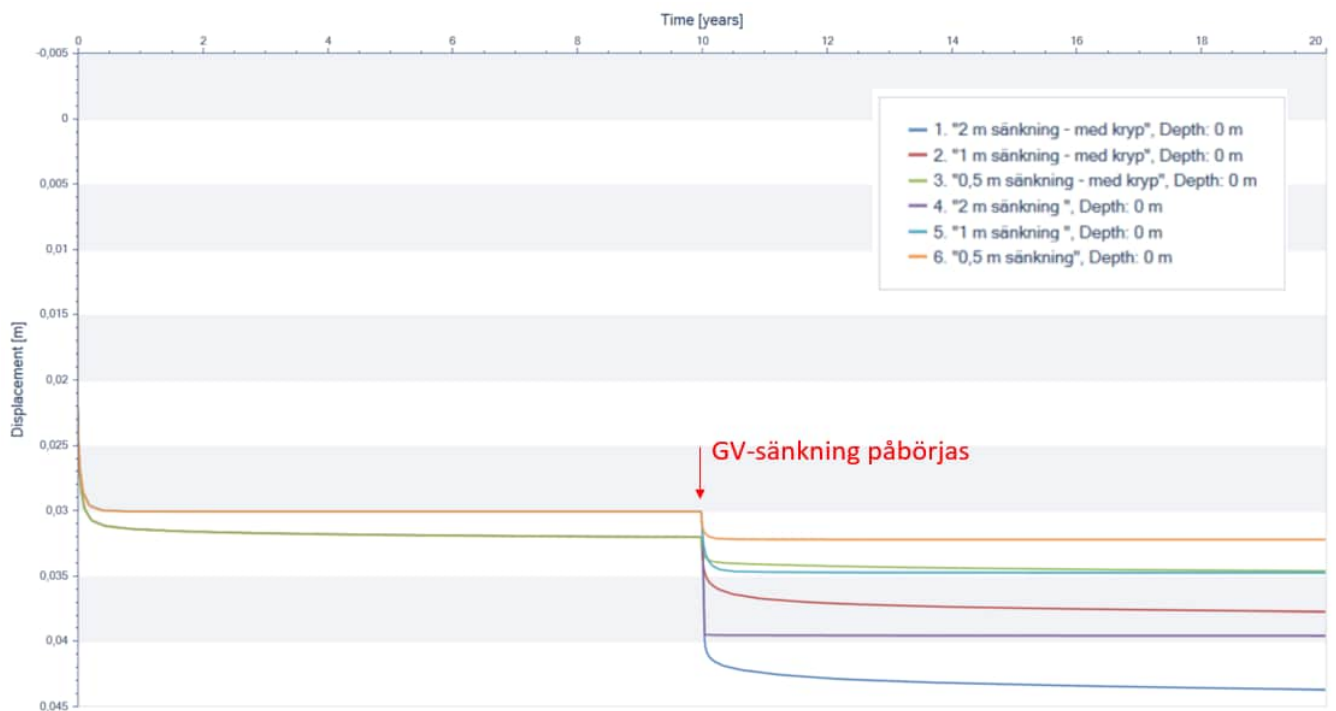
Tabell 4. Indata till sättningsberäkningar med krympning vid fastighet Gerstaberg 1:7 > 1 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_o [-]	b_1 [-]	r_0 [-]	r_1 [-]
Lera 1 - vCl(fsasi)	2	17,8	35	1,3	0,77	1,1	4700	575
	3	17,8	35	1,3	0,77	1,1	4700	575

Beräkning av sättningar utförs med syftet att uppskatta om det kan uppkomma skadliga sättningar under de identifierade objekten. Beräkningar utförs för 1 m lera under torrskorpan och för 0,5 till 2 m grundvattensänkning (hela lermäktigheten). Beräknade sättningar redovisas i Figur 2.5–Figur 2.6 och i Tabell 5.



Figur 2.5. Beräknade sättningar vid fastighet Gerstaberget 1:7 > 1, för 0,5 till 2 m grundvattensänkning och 3 m lera – Grundvattenyta 1 m under markytan – Last från befintlig byggnad 50 kPa. Utan krypning.



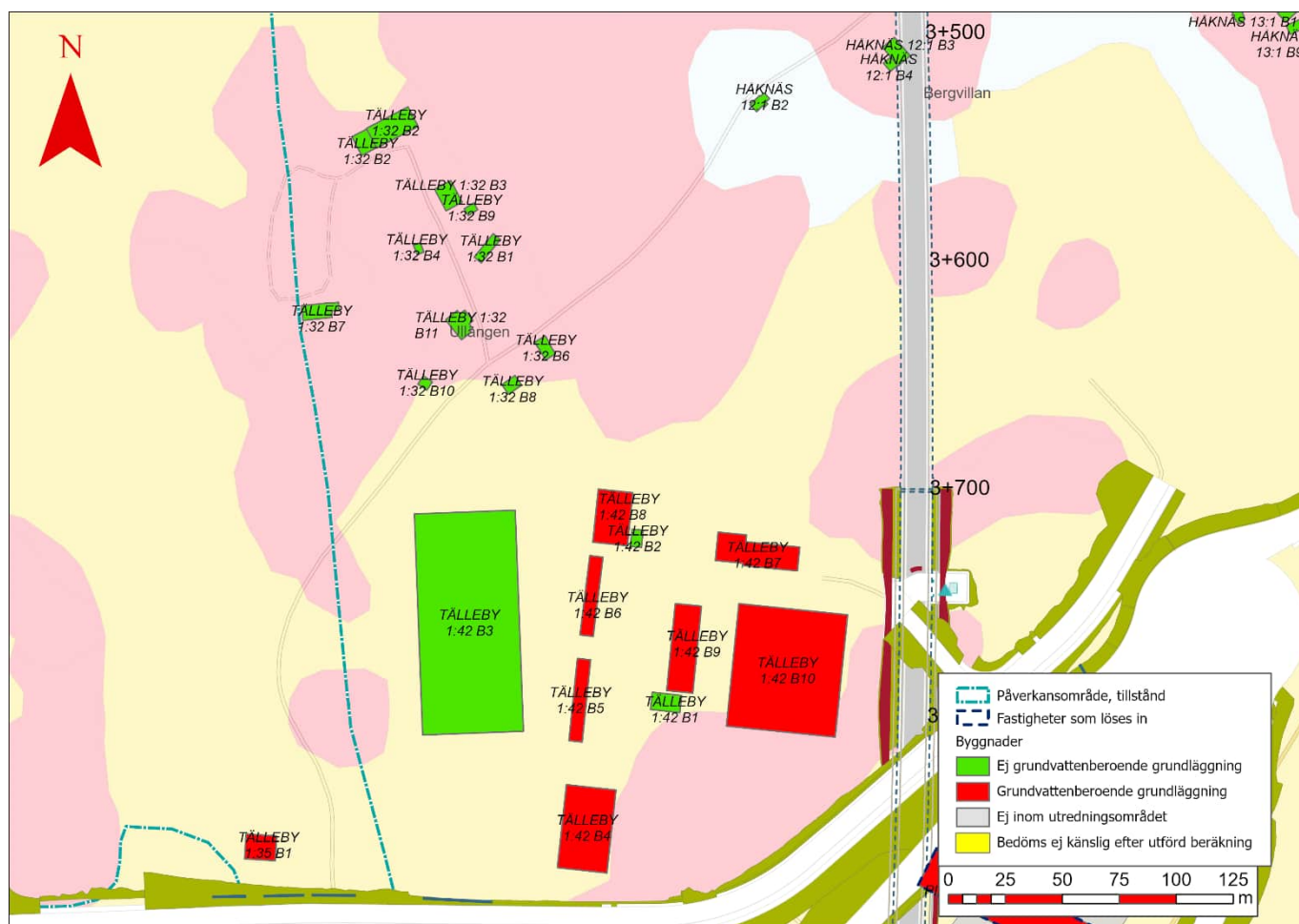
Figur 2.6. Beräknade sättningar vid fastighet Gerstaberget 1:7 > 1, för 0,5 till 2 m grundvattensänkning och 3 m lera - Grundvattenyta 1 m under markytan - Last från befintlig byggnad 130 kPa. Med och utan krypning.

Tabell 5. Resultat av sättningsberäkningar vid fastighet Gerstaberg 1:7 > 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	
50	3	1 cm	0,5	< 1	< 1	-	-	2 – 4
			1	< 1	< 1	-	-	
			2	< 1	< 1	-	-	
130	3	3 cm (med och utan krypning)	0,5	< 1	< 1	< 1	< 1	6
			1	< 1	< 1	< 1	< 1	
			2	1	1	1	1	

2.2 Km 3+680–4+100 Trafikplats Järna

2.2.1 Tälleby 1:42 (tidigare Håkannäs 17:2), km 4



Figur 2.7. Tälleby 1:42 (tidigare Håkannäs 17:2).



Byggnaderna kommer att påverkas av grundvattensänkningar på grund av järnvägens byggnation.

Sättningar har beräknats för oförstärkt jord, som funktion av den effektiva vertikala spänningsökningen i jorden.

Ingen last beaktades för huvudbyggnaden B10 som är grundlagt på pålar med en del av golvet som ligger direkt på marken medan en last som fördelas på en kantförstyvning vars bredd är 1 meter antogs för komplementbyggnaderna. Exempelvis är komplementbyggnad B7 33 m lång och 13 m bredd, se tabellen nedan, vilket ger en last på ca 45 kPa vid kanten om den totala lasten för hela byggnaden antas vara 10 kPa. Beräkningarna har utförts för 0 kPa och 45 kPa, vilket motsvarar en last som återfinns för flera komplementbyggnader, se Tabell 6. Vid utförda beräkningar har den kantförstyvningen antagits ha oändlig längd.

Nedan redovisas resultaten av sättningsberäkningarna med indata enligt Tabell 7–Tabell 9.

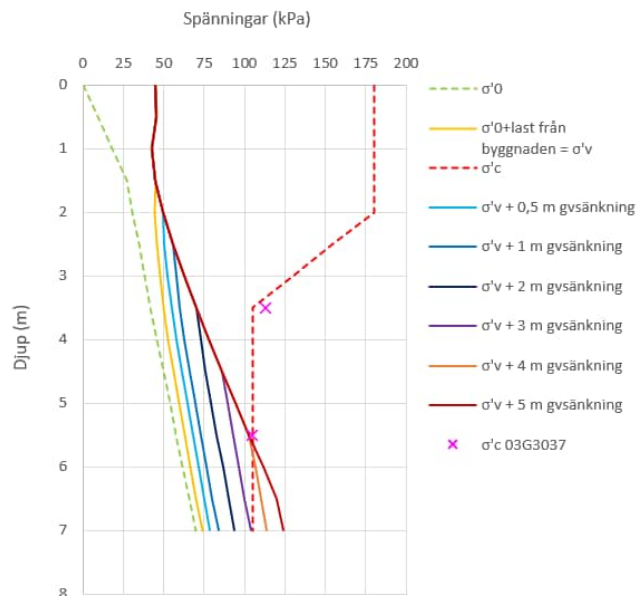
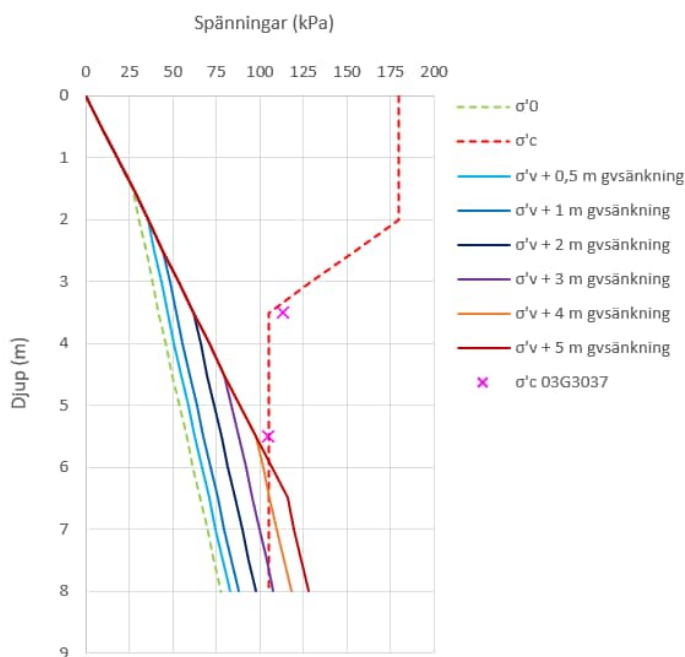
Tabell 6. Bedömda laster för varje byggnad vid fastighet Tälleby 1:42.

Byggnadsnummer	Längd	Bredd	Total Last	Last på oändlig lång kantförstyvning	Byggår	Hur mycket tål byggnaden? (Differenssättningskrav 1/500)
B8	23 m	15 m	10 kPa	45 kPa	60-70 tal	3 cm
B7	33 m	13 m	10 kPa	45 kPa	70 tal	3 cm
B6	35 m	6 m	10 kPa	25 kPa	Mellan 1975 - 2008	7 cm
B5	36 m	6 m	10 kPa	25 kPa	Mellan 1975 - 2008	7 cm
B4	36 m	22 m	10 kPa	70 kPa*	Ca år 2010	4 cm
B9	38 m	12 m	10 kPa	45 kPa	60-70 tal	2 cm

*Byggnaden ligger delvis på berg och delvis på ytligt lera. Grundvattensänkningen vid denna byggnad bedöms bli väldigt begränsad jämfört med de andra byggnaderna varför sättningar inte har beräknats för 70 kPa.

Tabell 7. Indata till sättningsberäkningar vid fastighet Tälleby 1:42.

Last	CRS-försök	Lermäktighet (inkl. torrskorpa)	Torrskorpa	GV	MY	Hur mycket tål byggnaden? (Differenssättningskrav 1/500)
0 kPa	03G3037	6 m	4 m	+22	+23,5	<u>Golv på mark:</u> Avstånd mellan pålad golv och byggnadens kant: 27 m. Krav: 6 cm
		8 m	3 m	+22,5	+24	<u>Påhängslaster:</u> från ca 5 mm sättning.
45 kPa		7 m	2 m	+23,5	+25	2 till 3 cm



Figur 2.9. Spänningar under huvudbyggnaden, utan last.

Figur 2.10. Spänningar med en last från byggnaden på 45 kPa.

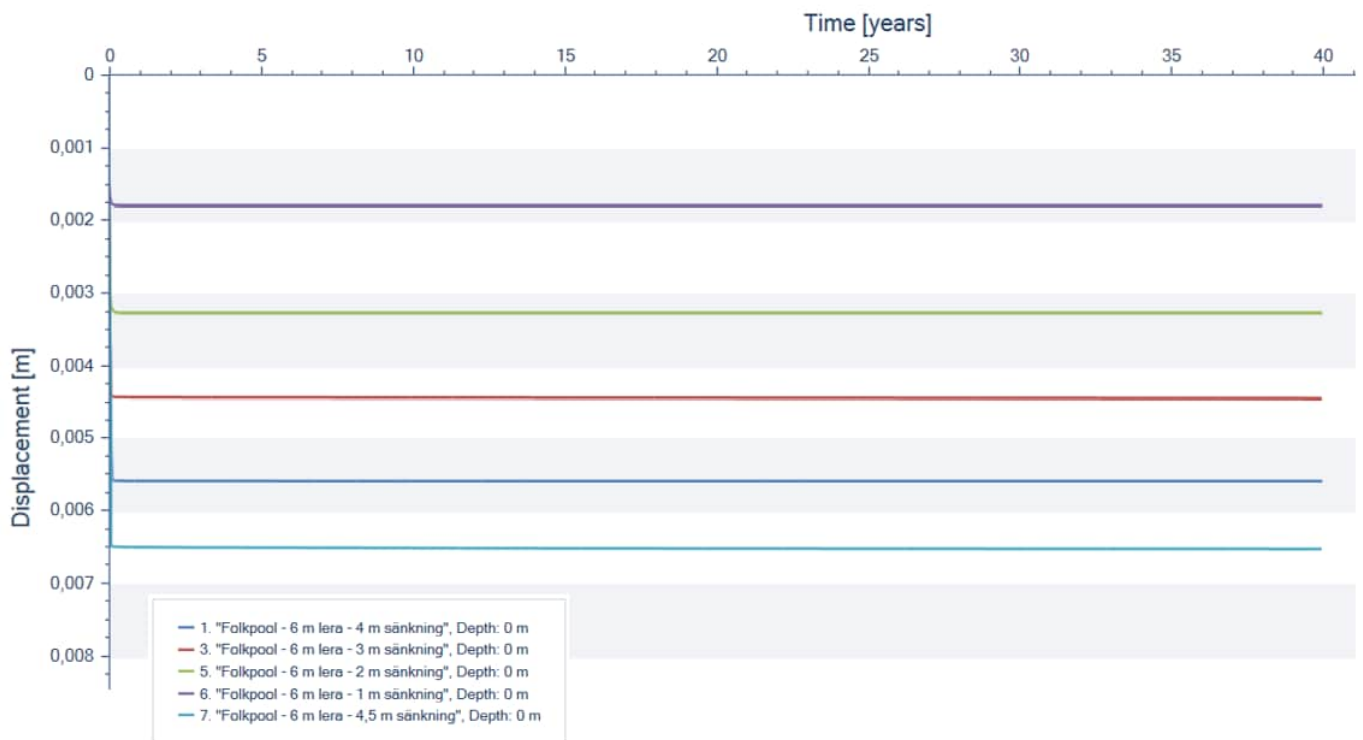
Tabell 9. Indata till sättningsberäkningar med krypning – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_0 [-]	b_1 [-]	r_0 [-]	r_1 [-]
Lera	4	17,5	50	2	0,5	1,1	80000	230
	8	18	50	1,4	0,7	1,1	1200-2500	230

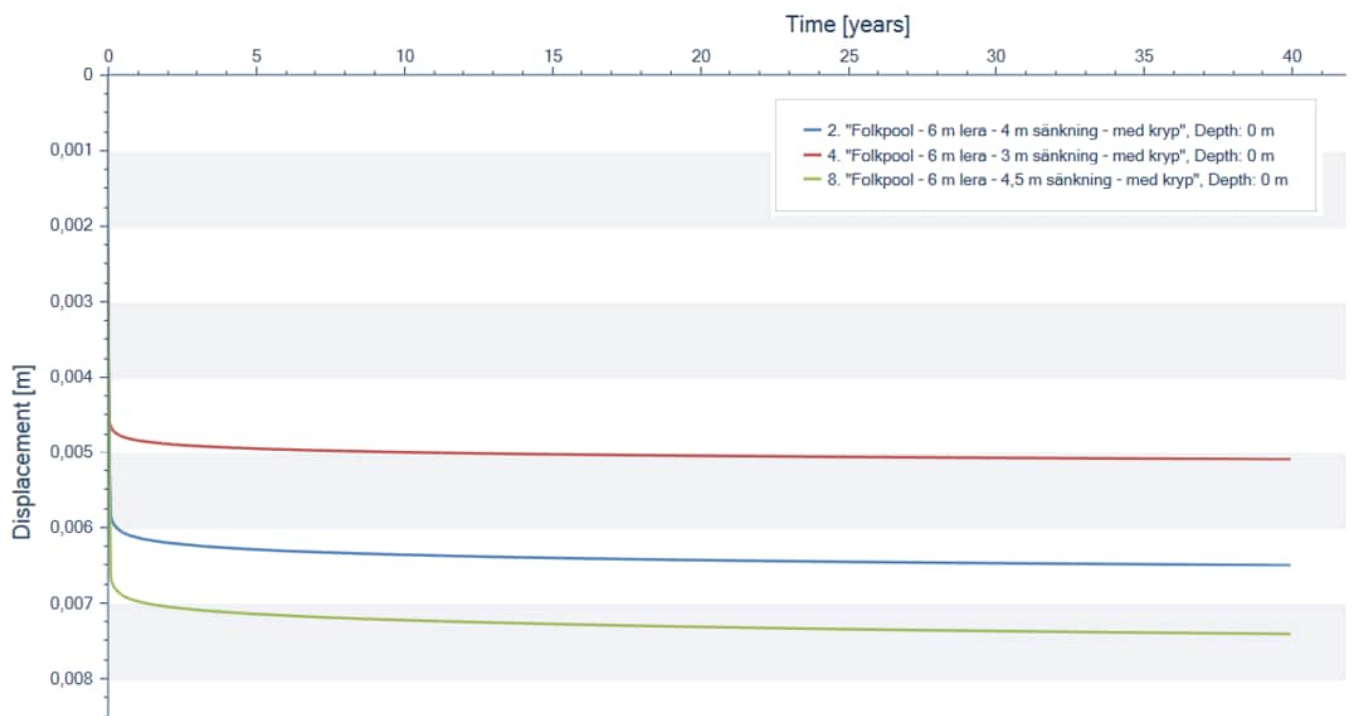
Beräkning av sättningar utförs med syftet att uppskatta om det kan uppkomma skadliga sättningar under huvudbyggnad B10 och närvarande komplementbyggnaderna vid en grundvattensänkning.

Beräkningar utfördes för 6 och 8 m lera för huvudbyggnaden och för 1 till 5 m grundvattensänkning. Beräknade sättningar redovisas i Figur 2.11–Figur 2.14. Resultaten redovisas i Tabell 10.

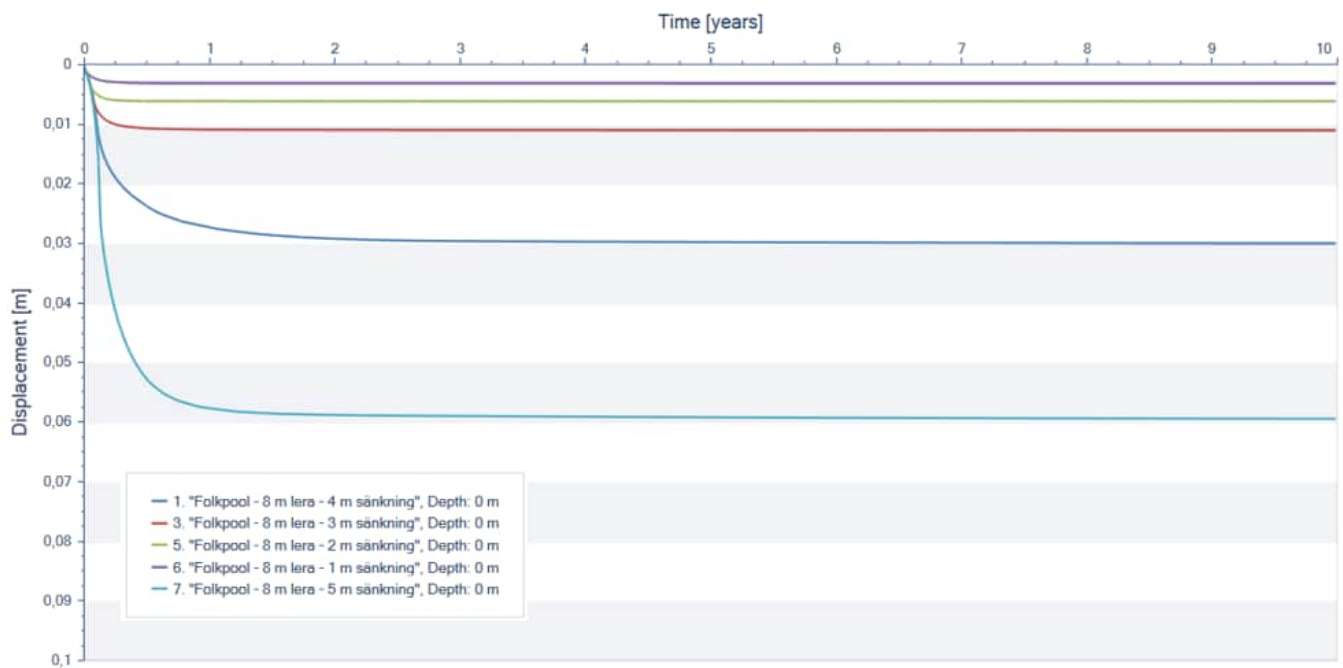
Beräkningar utfördes för 7 m lera för komplementbyggnaderna och för 1 till 5 m grundvattensänkning. Beräknade sättningar redovisas i Figur 2.15–Figur 2.16. Resultaten redovisas i Tabell 10. Sättningskravet för varje byggnad gäller om lermäktigheten skulle variera med 7 m under byggnaden.



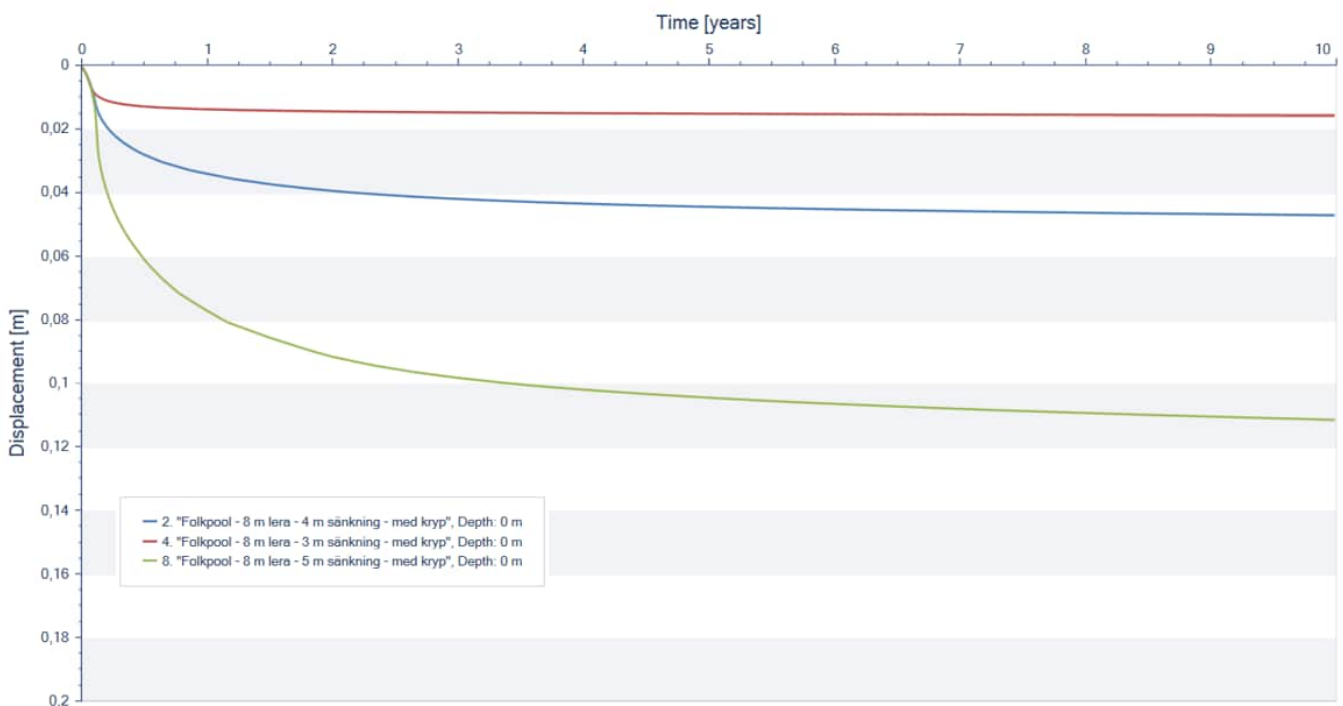
Figur 2.11. Beräknade sättningar under huvudbyggnad för 1 till 4,5 m grundvattensänkning och 6 m lera, ingen last – Utan krypning.



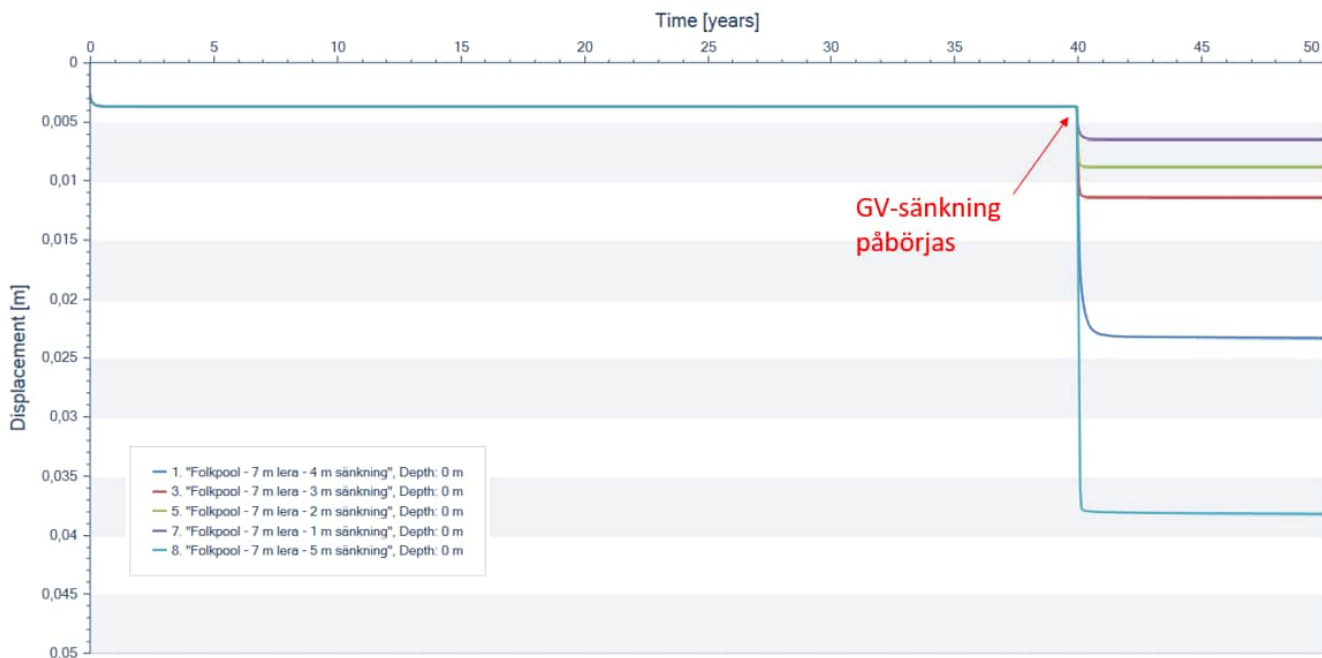
Figur 2.12. Beräknade sättningar under huvudbyggnad för 1 till 4,5 m grundvattensänkning och 6 m lera, ingen last – Med krypning.



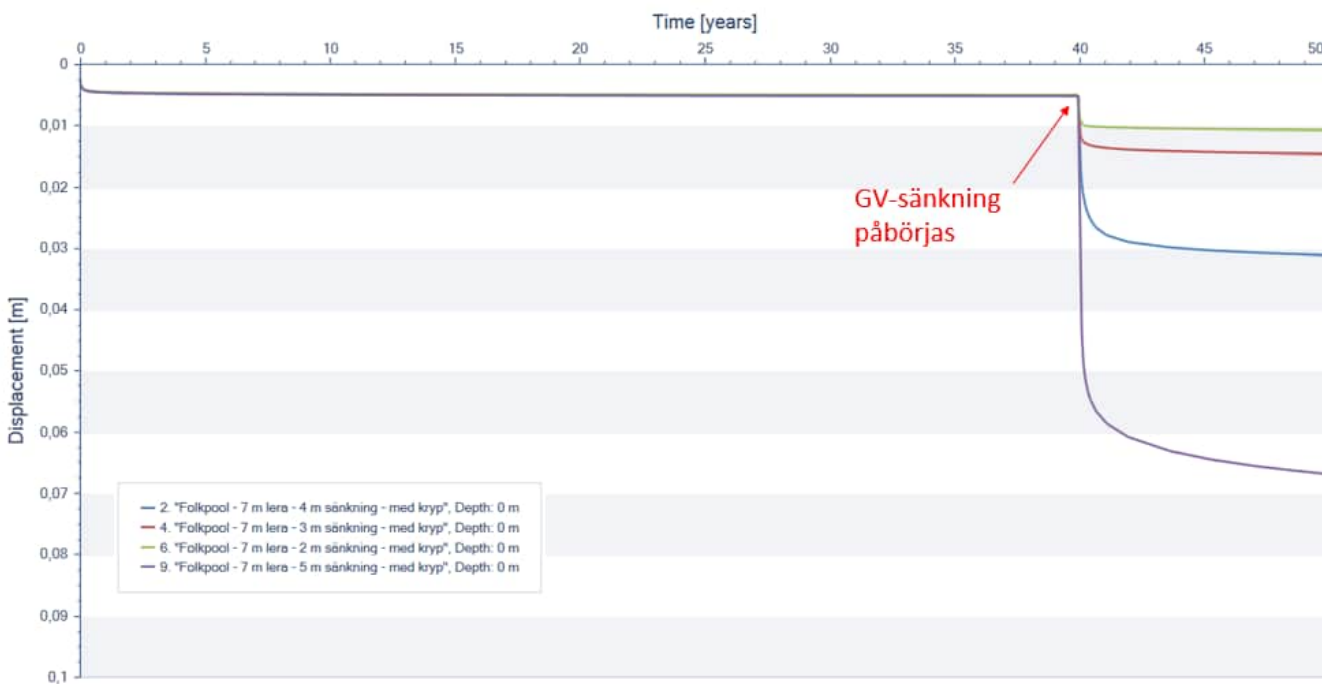
Figur 2.13. Beräknade sättningar under huvudbyggnad för 1 till 5 m grundvattensänkning och 8 m lea, ingen last – Utan krypning.



Figur 2.14. Beräknade sättningar under huvudbyggnad för 1 till 5 m grundvattensänkning och 8 m lea, ingen last – Med krypning.



Figur 2.15. Beräknade sättningar vid fastighet Tälleby 1:42 för 1 till 5 m grundvattensänkning och 7 m lera – Last från befintlig byggnad 45 kPa. Utan krypning.



Figur 2.16. Beräknade sättningar vid fastighet Tälleby 1:42 för 1 till 5 m grundvattensänkning och 7 m lera – Last från befintlig byggnad 45 kPa. Med krypning.



Tabell 10. Resultat av sättningsberäkningar vid fastighet Tälleby 1:42.

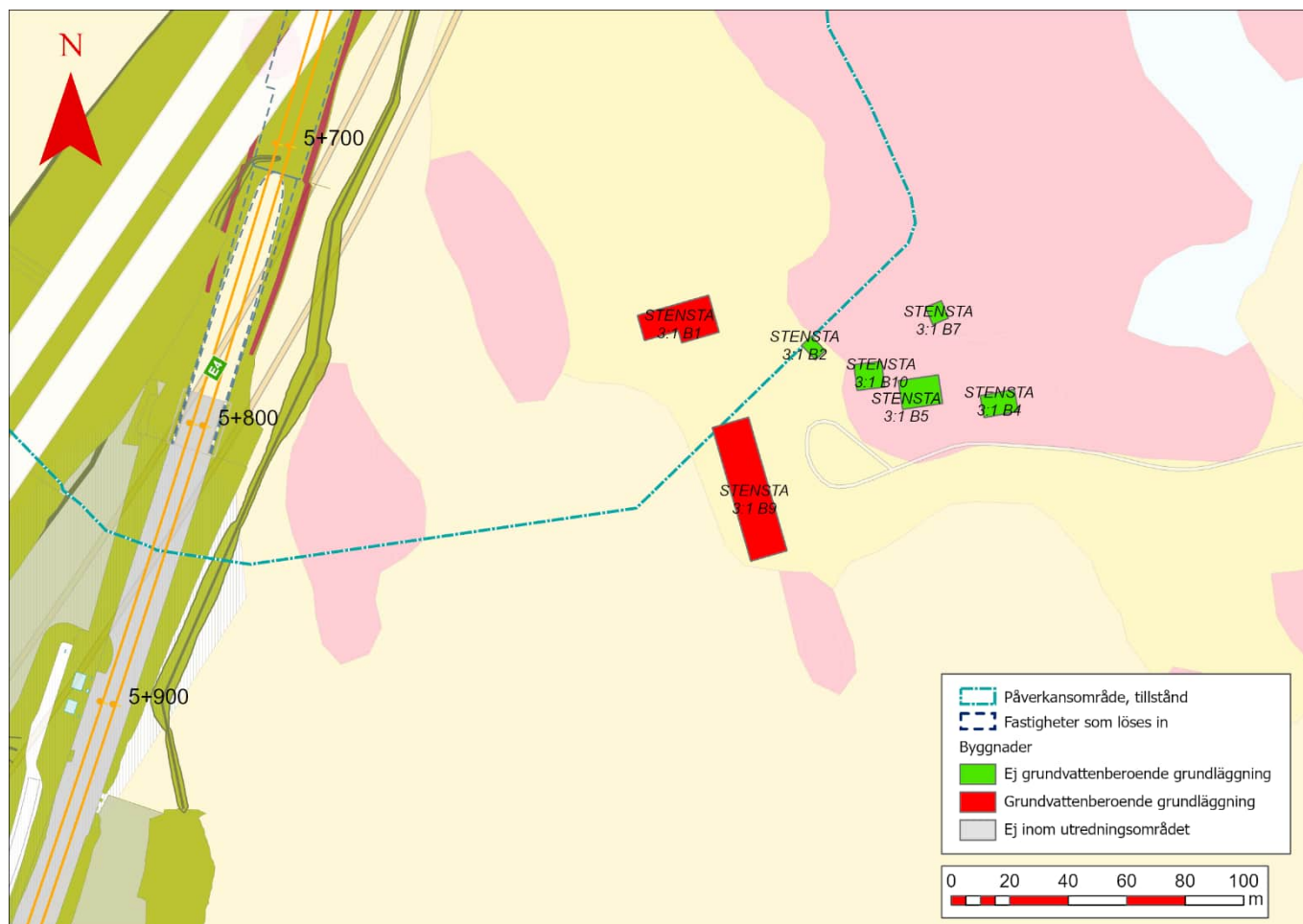
Last	Ler- mäktighet	Beräknad sättning med last från byggnad	Grundvatten -avsänkning (m)	Beräknad sättning (cm)						Sättningskrav (cm)
				Utan kryp			Med kryp			
				2 år	10 år	40 år	2 år	10 år	40 år	
Ingen last Huvudbyggnad	6 m	-	1	<1	<1	<1	-	-	-	<u>Golv på mark:</u> 6 cm
			2	<1	<1	<1	-	-	-	
			3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
			4	1	1	1	1	1	1	
			4,5	1	1	1	1	1	1	
	8 m	-	1	0,3	0,3	0,3	-	-	-	<u>Påhängslaster:</u> 0,5 cm
			2	0,6	0,6	0,6	-	-	-	
			3	1	1	1	2	2	2	
			4	3	3	3	4	5	5	
			5	6	6	6	9	11	12	
45 kPa	7 m	Ca 1 cm (med och utan krypning)	1	<1	<1	<1	-	-	-	2 till 3 cm
			2	<1	<1	<1	<1	1	1	
			3	1	1	1	1	1	1	
			4	2	2	2	2	3	3	
			5	3	3	3	6	6	7	

Bedömd avsänkning är ca 4,5 m vid huvudbyggnaden och upp till ca 4 m vid komplementbyggnaderna.



2.3 Km 5+000–7+000 Passage E4 Järna

2.3.1 Stensta 3:1, km 6



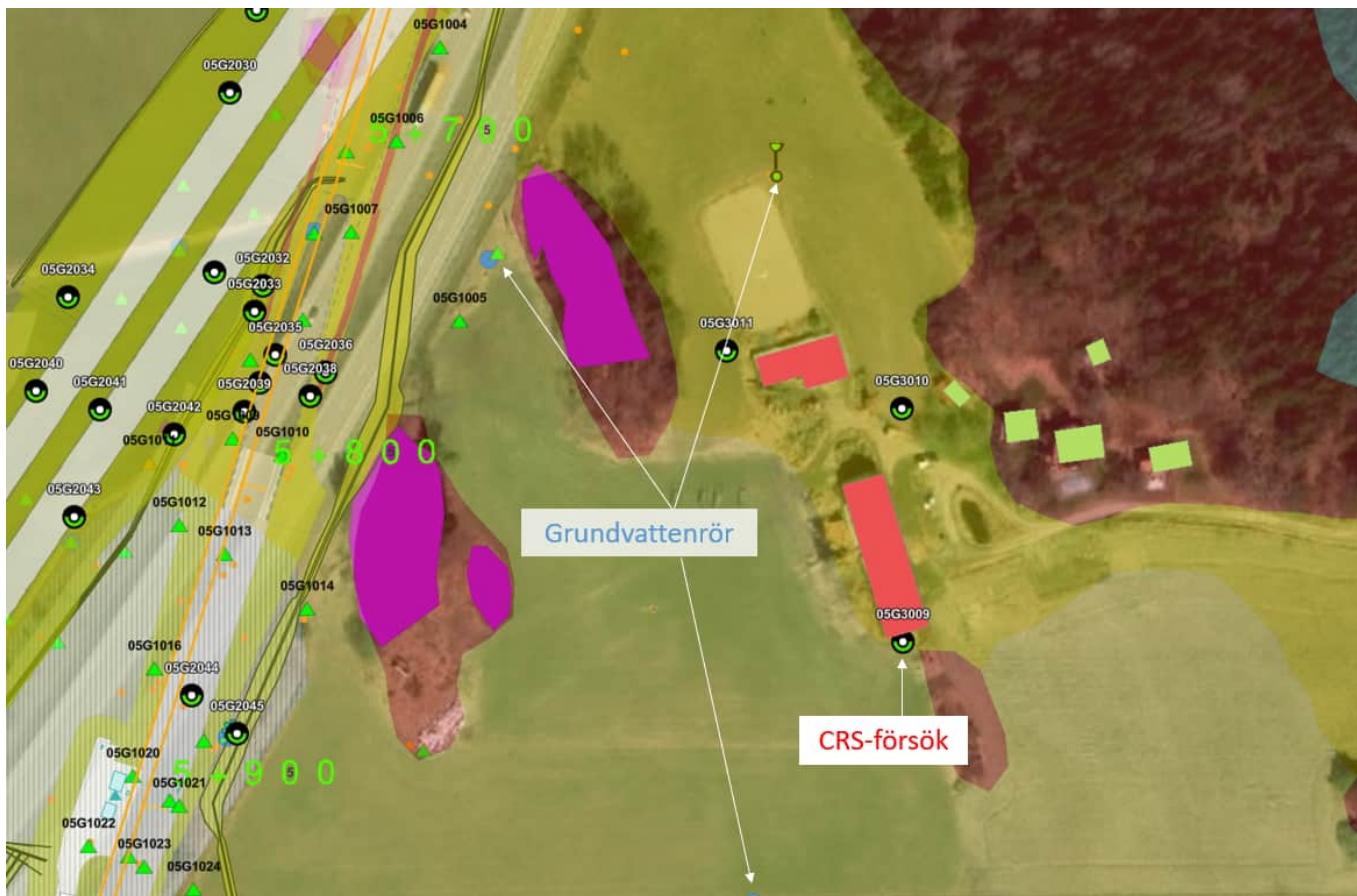
Figur 2.17. Stensta 3:1.

Byggnaderna har inventerats, eftersom de kan komma att påverkas av en grundvattensänkning och de ligger på sättningsbenägen mark. Storleken på grundvattensänkningen bedöms dock bli begränsad vid byggnaderna.

Sättningar har beräknats för oförstärkt jord, som funktion av den effektiva vertikala spänningsökningen i jorden. Ingen last beaktades för skjulen (byggnad B1) medan en last som fördelas på en kantförstyvning vars bredd är 1 meter antogs för ladugården (byggnad B9). Ladugården är 47 m lång och 12 m bredd, se tabellen nedan, vilket ger en last på ca 50 kPa vid kanten om den totala lasten för hela byggnaden antas vara 10 kPa. Vid utförda beräkningar har den kantförstyvningen antagits ha oändlig längd. Nedan redovisas resultaten av sättningsberäkningarna med indata enligt Tabell 11 och Tabell 12—Tabell 13.

Tabell 11. Indata till sättningsberäkningar vid fastighet Stensta 3:1.

Byggnadsnummer	CRS-försök	Lermäktighet	Torrskorpa	GV	MY	Hur mycket tål byggnaden? (Differenssättningskrav 1/500)
B1	05G3009	Beräknat sättning för 3-5 m	2,5 m	+22,5	+25	25 m lång - 8 m bredd - 1,6 cm
B9	05G3009	Beräknat sättning för 3-5-7 m	2,5 m	+21,5	+24	47 m lång - 12 m bredd - 2,4 cm



Figur 2.18. Utförda (gröna cirklar och trianglar) undersökningar vid fastighet Stensta 3:1. De blåa cirklarna visar grundvattenrören i området som har använts för bedömning av grundvattennivåerna i beräkningarna.

Punkt 05G3010 visar 2,5 m siltig torrskorpelera på 0,5 m lera med siltskikt ovan 2 m siltig sand med lerskikt. Punkt 05G3011 visar 2,8 m torrskorpelera med siltskikt på 3 m siltig lera eller lera med siltskikt ovan någon meter silt med lerskikt. Punkt 05G3009 visar 2,6 m torrskorpelera med siltskikt på 4,5 m siltig lera eller lera med siltskikt ovan någon meter silt med lerskikt. Sättningarna har beräknats med 2,5 m torrskorpelera ovan 0,5 till 4,5 m siltig lera.

Tabell 12. Indata till sättningsberäkningar vid fastighet Stensta 3:1 – lerparametrar.

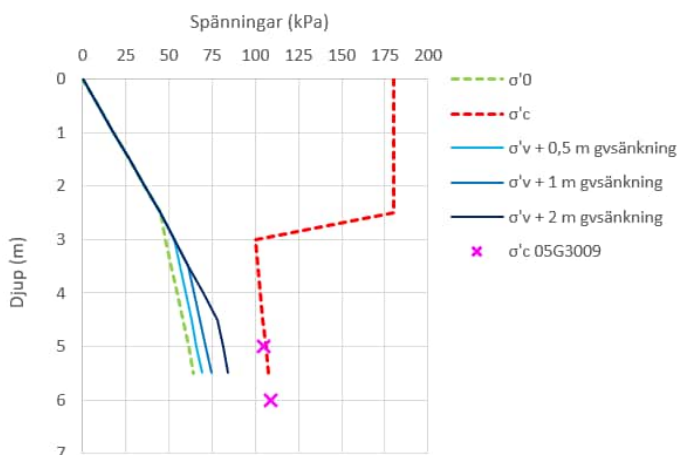
	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Torrskorpa	0	18	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	4
	2,5	18	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	4
Siltig lera	2,5	16,5	24	6000	500	20	100	130	4,2E-10	0,0132	4
	7	16,5	24	6000	500	20	112	150	9,0E-10	0,0284	4

* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.

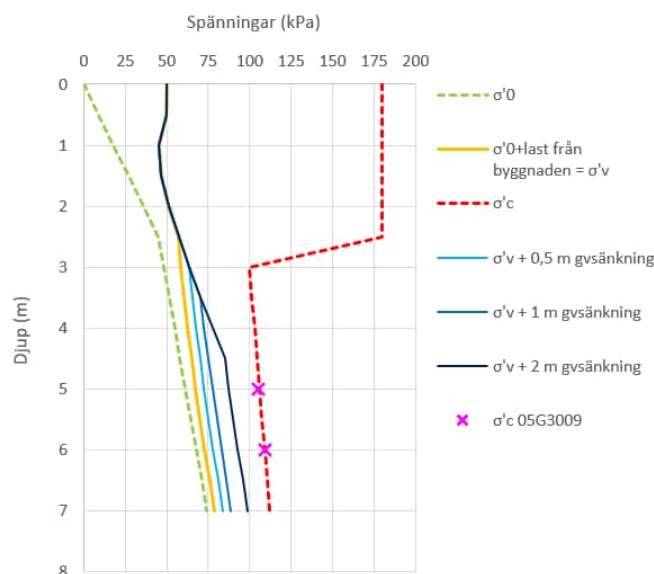
De CRS-försök som har använts som underlag för beräkningsparametrar är tagna i punkt 05G3009 som utförts på ett avstånd av 2 – 3 meter från ladugården. Provtagen lera bedöms inte vara konsoliderad för tilläggspänning från byggnaden då förkonsolideringstrycket överstiger denna last samt att lastspridning enligt infinite Boussinesq tyder på att ingen spänningsökning sker i läget för de nivåer där CRS-försök har utförts.

Vid byggnaderna är effektivspänningen i jorden efter 0,5 till 1 meter grundvattensänkning fortfarande lägre än σ_{ref} , vilket betyder att inga krypdeformationer kommer att ske i lerlagret vid dessa avsänkningar, se Figur 2.19 och Figur 2.20. Sättningar för 0,5 till 1 m grundvattensänkning har således beräknats utan krypning. Sättningarna har beräknats med krypning från 4,5 m djup för 2 meter sänkning.

För ladugården beräknas sättningar först för spänningsökningen i jorden från byggnaden, se Figur 2.22. Ladugården byggdes före 1960.



Figur 2.19. Spänningar under skjulen.



Figur 2.20. Spänningar under ladugården.

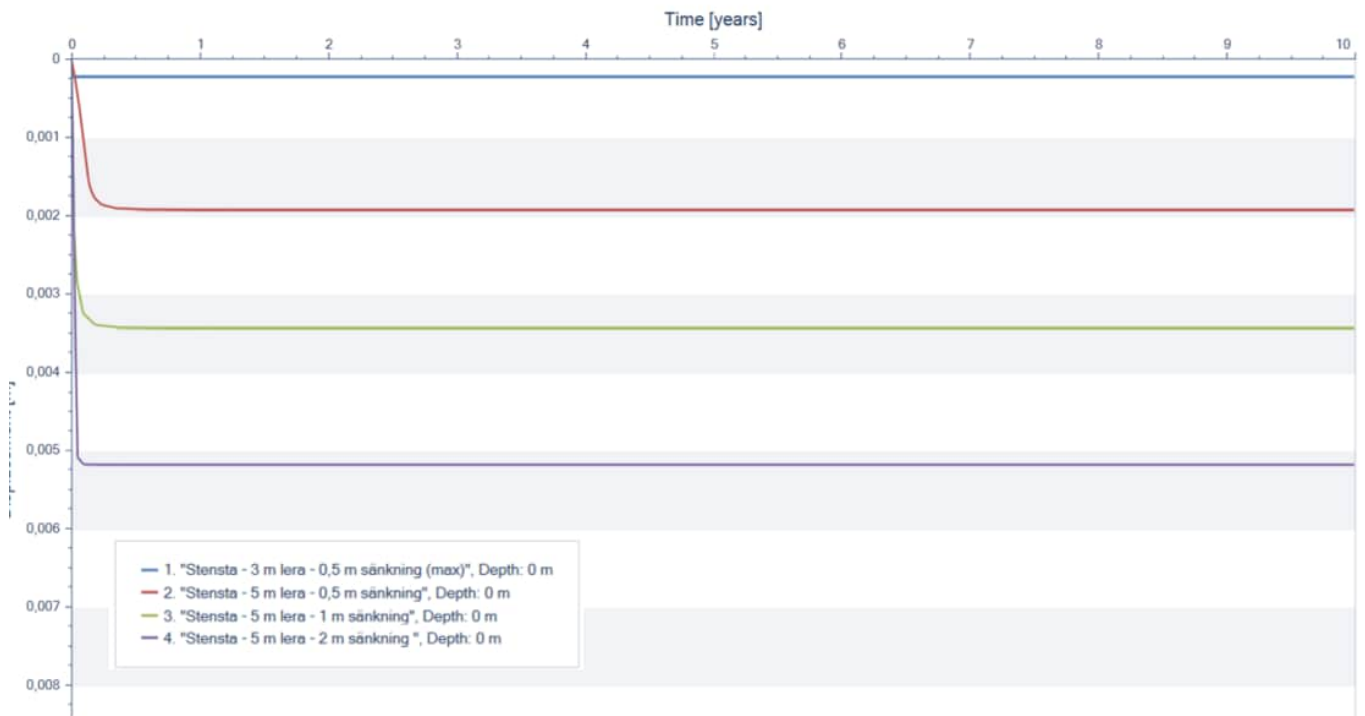
Tabell 13. Indata till sättningsberäkningar med krypning vid fastighet Stensta 3:1 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_0 [-]	b_1 [-]	r_0 [-]	r_1 [-]
Siltig lera	4,5	16,5	70	1,75	0,57	1,1	11000	130
	7	16,5	70	1,55	0,65	1,1	4000	130

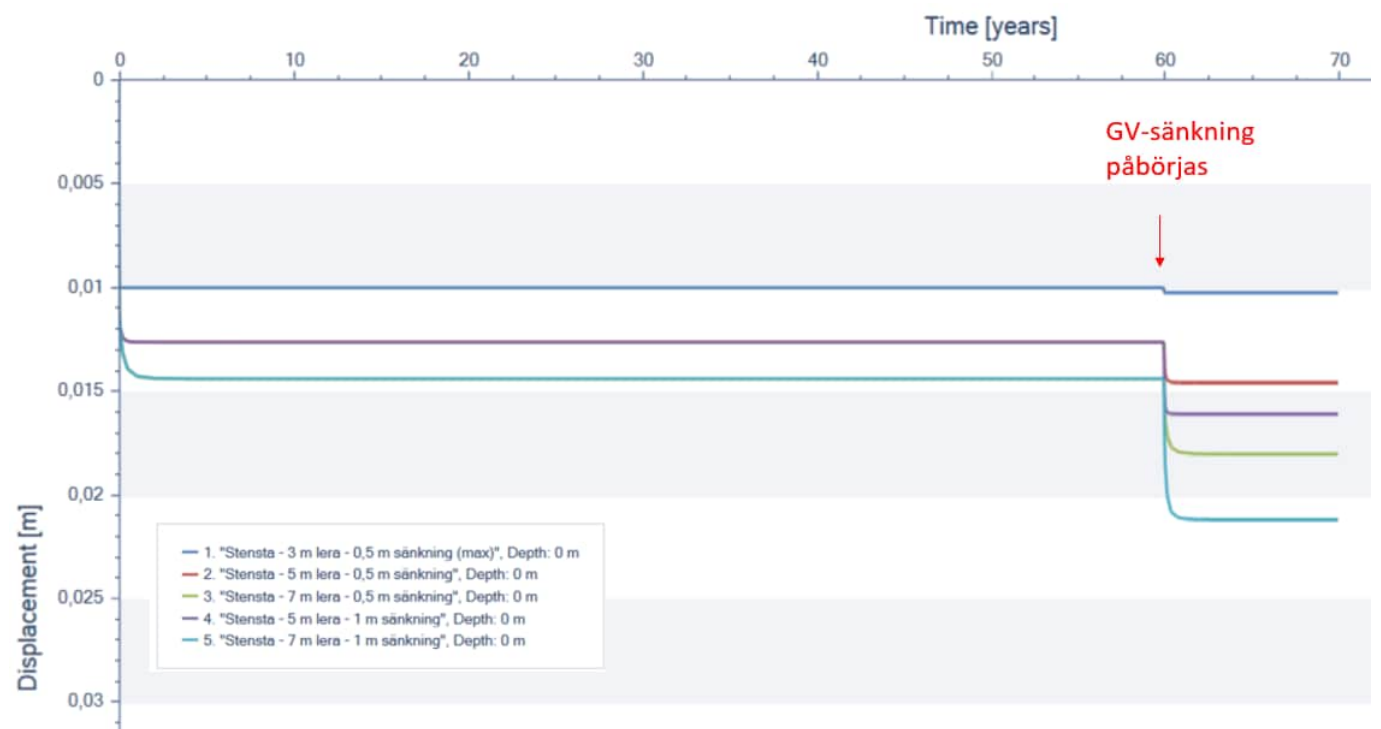
Sättningsberäkningar har utförts med syftet att uppskatta risken för skadliga sättningar under identifierade riskobjekt vid olika storlekar av grundvattensänkning. Beräkningar har utförts för 3 till 7 m variation av lermäktigheten under byggnadens bredd. Eftersom grundvattennivån bedöms ligga ca 2,5 m under markytan i området kommer inga sättningar uppkomma om den maximala lermäktigheten under byggnaderna är mindre än 3 m.

De differenssättningskrav som framgår av Tabell 14 gäller om lermäktigheten skulle variera från 3 till 5 eller 7 m under byggnadens bredd.

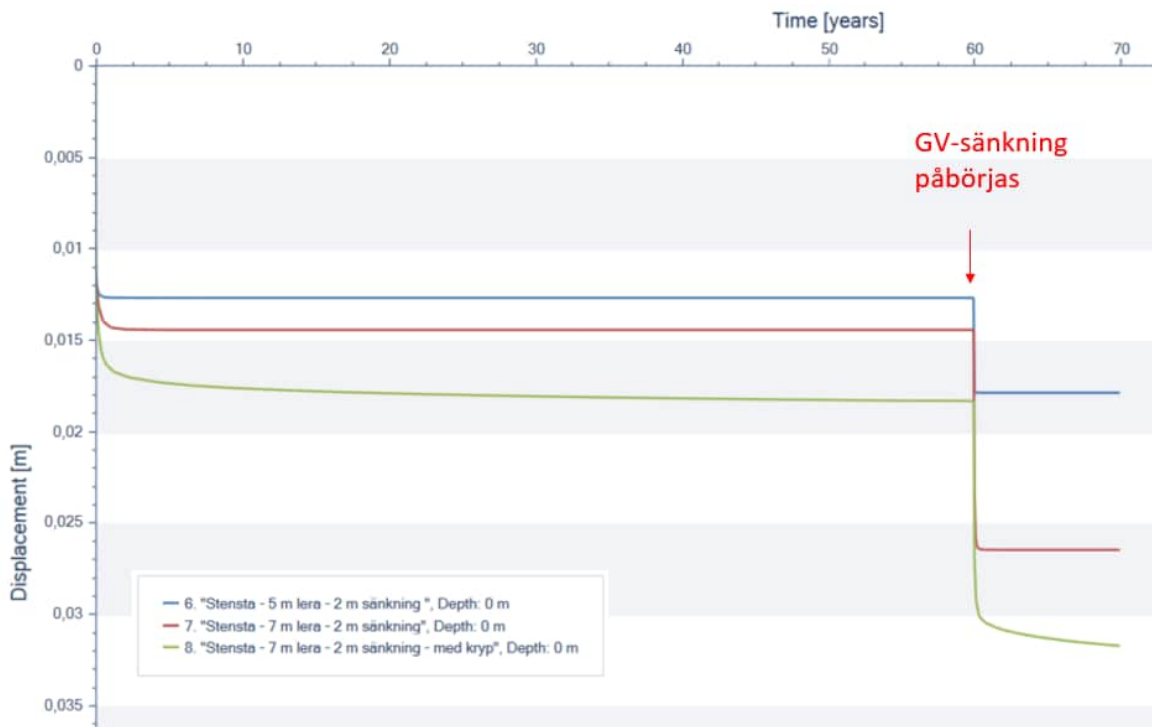
Beräknade sättningar redovisas i Figur 2.21–Figur 2.22.



Figur 2.21. Beräknade sättningar vid skjulen (byggnad B1) för 0,5–2 m grundvattensänkning och 3 till 5 m lera – Utan krypning.



Figur 2.22. Beräknade sättningar vid ladugården (byggnad B9) för 0,5–1 m grundvattensänkning och 3, 5 och 7 m lera – Utan krypning.



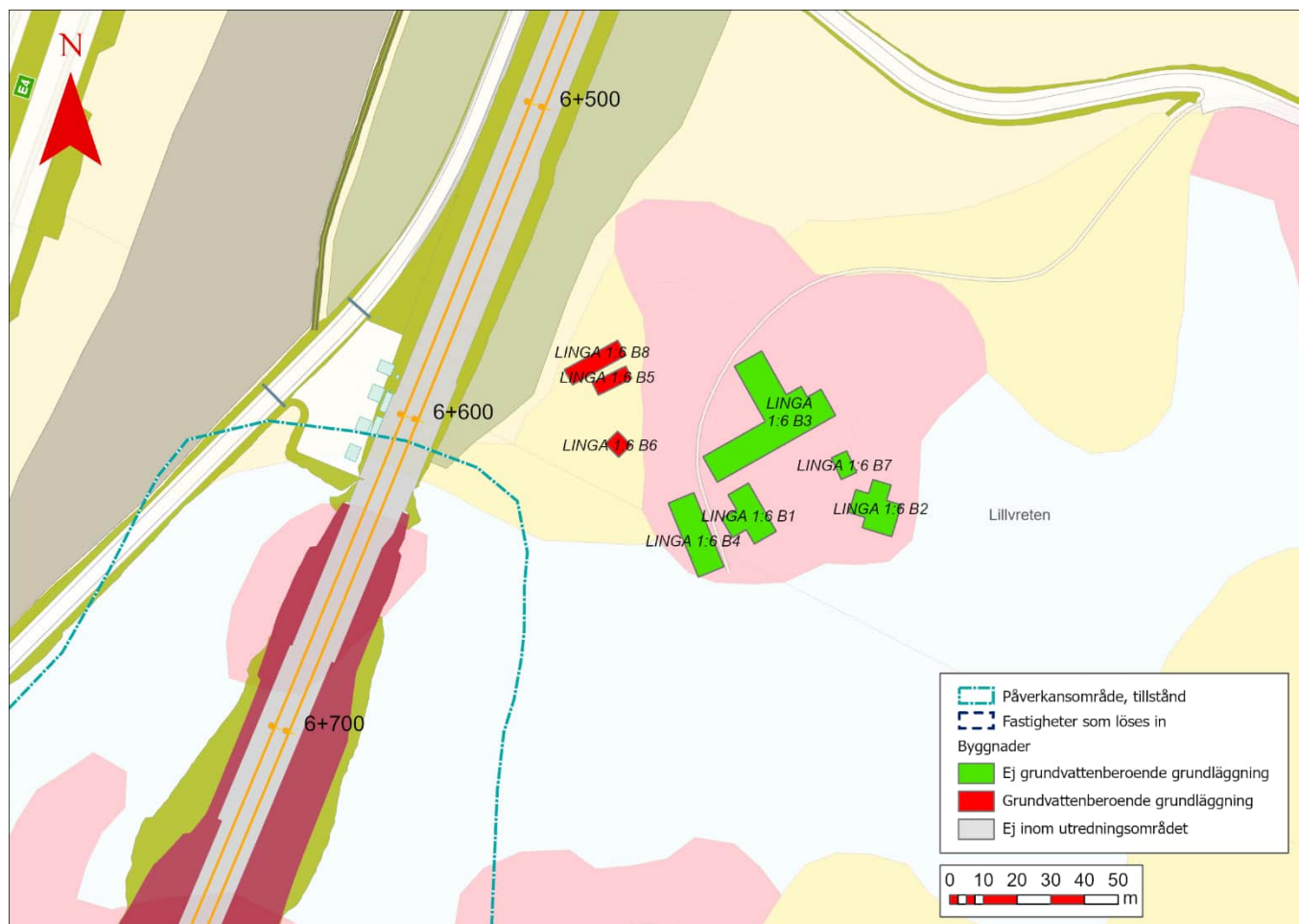
Figur 2.23. Beräknade sättningar vid ladugården (byggnad B9) för 2 m grundvattensänkning och 5 till 7 m lera – Med och utan krypning.

Tabell 14. Resultat av sättningsberäkningar vid fastighet Stensta 3:1.

Byggnadsnummer	Lermäktighet	Beräknad sättning med last från byggnad	Grundvattenavsänkning	Beräknad sättning (cm)				Sättningskrav
				Utan kryp		Med kryp		
				2 år	10 år	2 år	10 år	
Skjul - B1	3 m	-	Bedömt 0,5 m	< 1	< 1	-	-	1 cm
			1 m	< 1	< 1	-	-	
			2 m	< 1	< 1	-	-	
	5 m	-	Bedömt 0,5 m	< 1	< 1	-	-	
			1 m	< 1	< 1	-	-	
			2 m	< 1	< 1	-	-	
Ladugård - B9	3 m	1 cm	Bedömt 0,5 m	< 1	< 1	-	-	2 cm
			1 m	< 1	< 1	-	-	
			2 m	< 1	< 1	-	-	
	5 m	1 cm	Bedömt 0,5 m	< 1	< 1	-	-	
			1 m	< 1	< 1	-	-	
			2 m	< 1	< 1	-	-	
	7 m	Utan krypning: 1 cm Med krypning: 2 cm	Bedömt 0,5 m	< 1	< 1	-	-	
			1 m	1	1	-	-	
			2 m	1	1	1	1	



2.3.2 Linga 1:6, km 7



Figur 2.24. Linga 1:6.

Byggnaderna ligger nära planerad schakt för järnvägen men bedöms ej påverkas av grundvattensänkningar. Sättningar har beräknats för säkerhets skull för 0,5 m grundvattensänkning och oförstärkt jord, som funktion av den effektiva vertikala spänningsökningen i jorden. Lasten för växthusen (byggnad B8 och B5) har antagits till 5 kPa medan lasten för byggnad B6 antas till 10 kPa. Lasten antas fördelas längs en kantförstyvning på 1 m bredd, vilket ger en last av 7 – 10 kPa för växthusen respektive ca 14 kPa för byggnad B6. Vid utförda beräkningar har den kantförstyvningen antagits ha oändlig längd.

Nedan redovisas sättningsberäkningar för fastighet Linga 1:6 och med indata enligt Tabell 15 och Tabell 16–Tabell 17.

Tabell 15. Indata till sättningsberäkningar vid fastighet Linga 1:6.

Byggnadsnummer	CRS-försök	Lermäktighet (inkl. torrskorpa)	Torrskorpa (m)	GV	MY	Hur mycket tål byggnaden? (Differenssättningskrav 1/500)
B8	06G0003	Beräknat sättning för 7-10 m lera	2	+24	+29	18 m lång - 4 cm
B5	06G2001-03 06G2006	Beräknat sättning för 7-10 m lera	2	+25	+30	11 m lång - 2 cm
B6	06G2012	Beräknat sättning för 7-10 m lera	2	+25	+30	6 m lång - 1 cm



Figur 2.25. Utförda (gröna cirklar och trianglar) undersökningar vid fastighet Linga 1:6 (växthusen är omringade i rött).

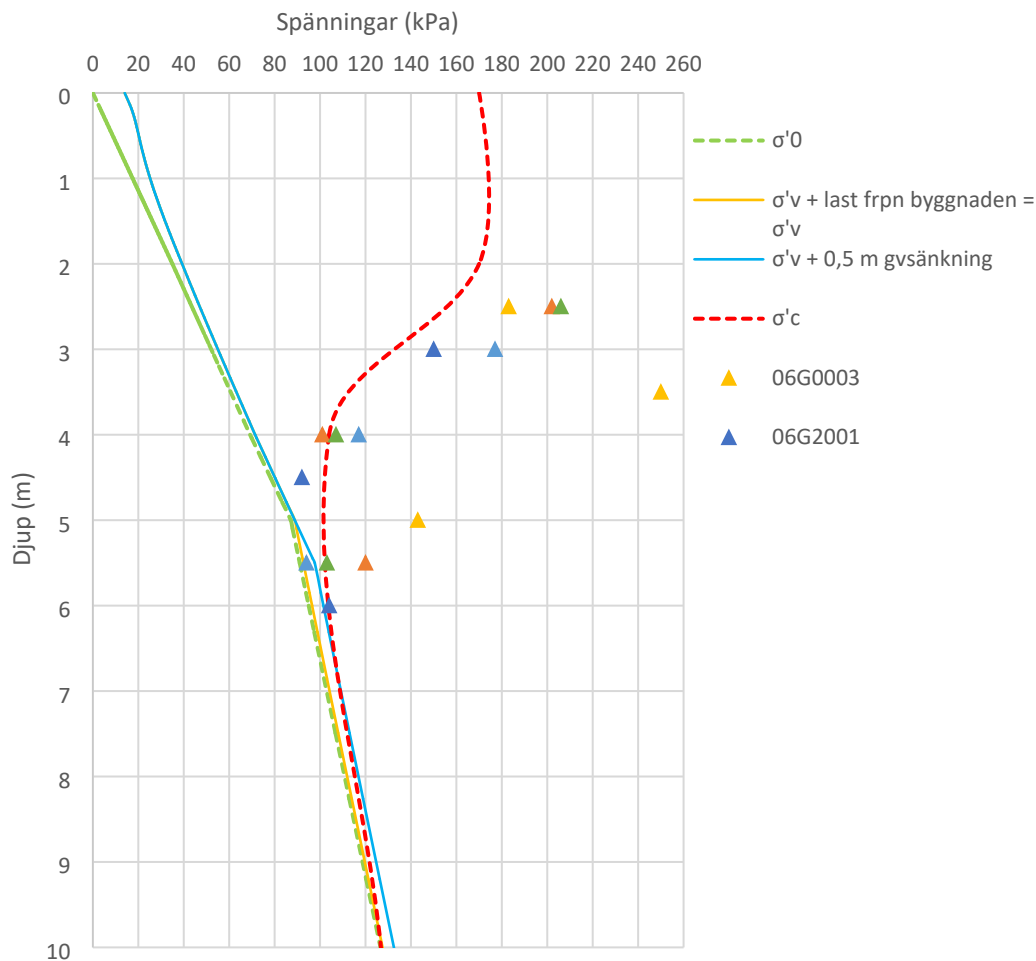
Tabell 16. Indata till sättningsberäkningar vid fastighet Linga 1:6 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Torrskorpa	0	17,5	30	7500	7500	12	170	300	1,0E-08	0,315	1,0
	2	17,5	30	7500	7500	12	170	300	1,0E-08	0,315	1,0
Lera 1	2	16,9	19	4750	1500	12	170	266	2,5E-10	0,0081	3,5
	4	17,3	19	4750	500	13,2	104	113	4,2E-10	0,0132	3,5
Lera 2	4	17,3	19	4750	500	13,2	104	113	4,2E-10	0,0132	3,5
	10	18,5	19	4750	500	18	127	113	9,0E-10	0,0284	3,5

* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.

CRS-försök som har används som underlag för beräkningsparametrarna ligger på södra Järnaslätten, ca 80 – 560 m norr om byggnaderna. Utförda undersökningar visar att leran är överkonsoliderad till ca 5 meters djup. Aktuella byggnader ligger i utkanten av lerområdet och angränsar till ett höjdområde med moränjord och ytnära berg. Troligt är att förhållandena i läget för byggnaderna är bättre än vid undersökningspunkterna där CRS-försök har utförts.

I Figur 2.26 framgår spänningsökningen i jorden till följd av lasten av byggnad B6 tillsammans med lastökningen till följd av en grundvattensänkning om 0,5 m. Motsvarande spänningsdiagram för byggnad B8 och B5 är snarlika fast med något lägre tilläggslast från byggnaden och redovisas ej.

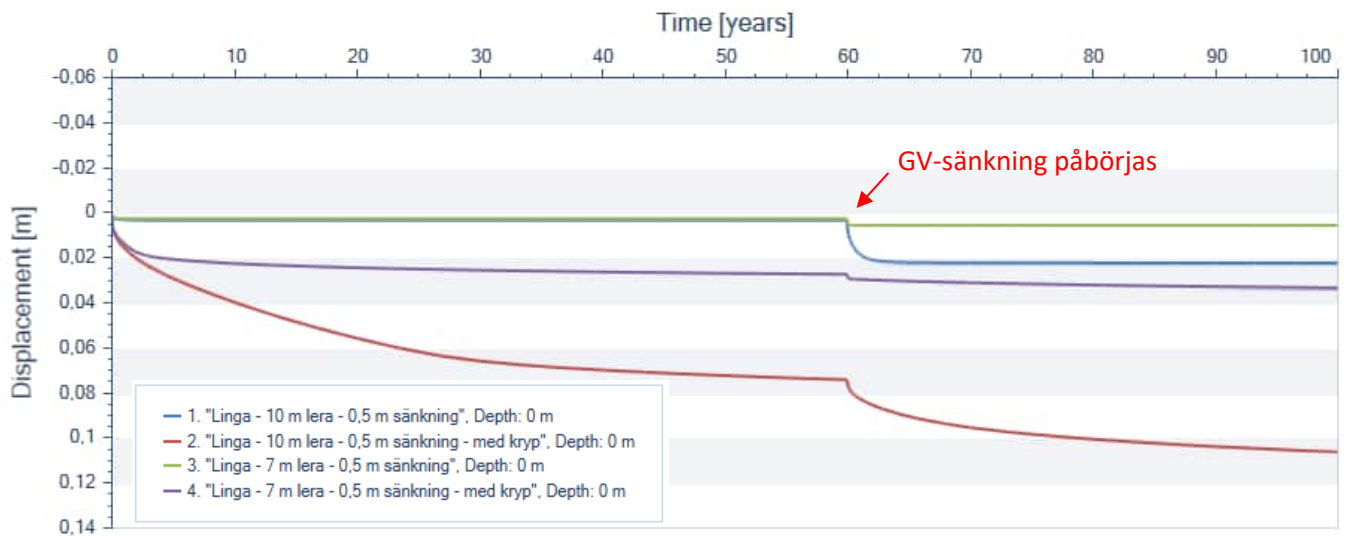


Figur 2.26. Spänningar under byggnad B6.

Tabell 17. Indata till sättningsberäkningar med krypning vid fastighet Linga 1:6 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_0 [-]	b_1 [-]	r_0 [-]	r_1 [-]
Lera 1	2	16,5	55	2	0,5	1,1	20000	190
	4	17,3	55	2	0,5	1,1	20000	190
Lera 2	4	17,3	55	1,2	0,83	1,1	1500	190
	10	18,5	55	1,2	0,83	1,1	860	190

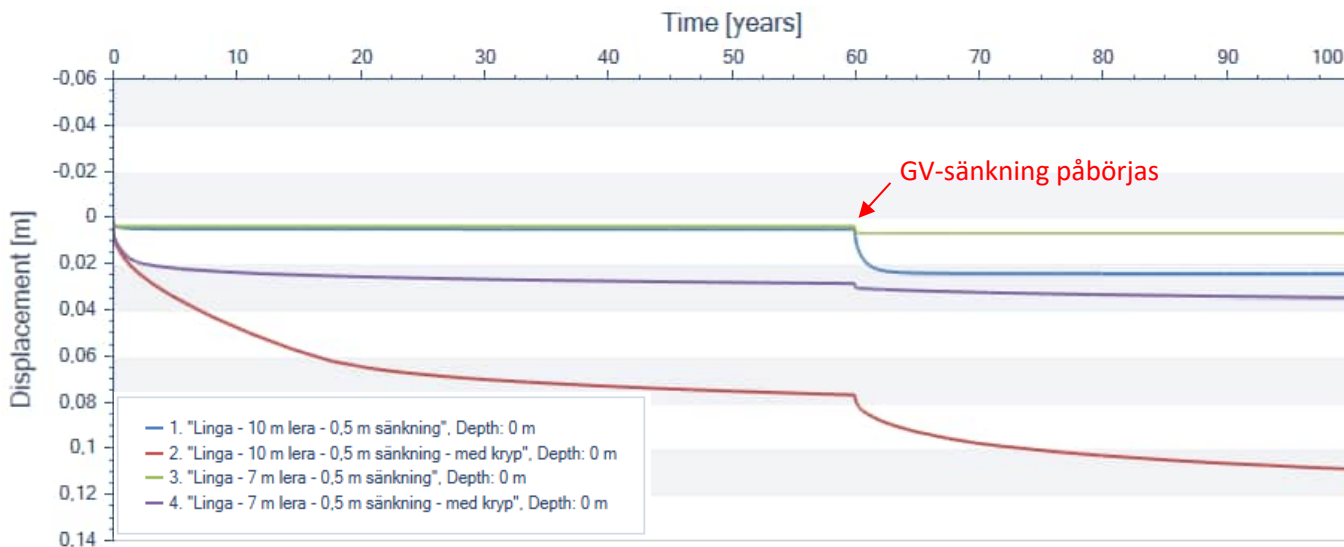
Byggnaderna bör ej påverkas av en grundvattensänkning. Beräkning av sättningar utförs med syftet att uppskatta om det skulle kunna uppkomma skadliga sättningar under de identifierade riskobjekten vid 0,5 m grundvattensänkning. Beräkningar utfördes för 7 till 10 m variation av lermäktigheten under byggnadens bredd. Eftersom grundvattennivån bedöms ligga ca 5 m under markytan i området kommer inga sättningar uppkomma om den maximala lermäktigheten under växthusen är mindre än 5 m. Beräknade sättningar redovisas i Figur 2.27 till Figur 2.29 och i Tabell 18.



Figur 2.27. Beräknade sättningar för byggnad 2 vid fastighet Linga 1:6 för 0,5 m grundvattensänkning och 7 till 10 m lera. Med och utan krypning.



Figur 2.28. Beräknade sättningar för byggnad 5 vid fastighet Linga 1:6 för 0,5 m grundvattensänkning och 7 till 10 m lera. Med och utan krypning.



Figur 2.29. Beräknade sättningar för byggnad 8 vid fastighet Linga 1:6 för 0,5 m grundvattensänkning och 7 till 10 m lera. Med och utan kryppning.

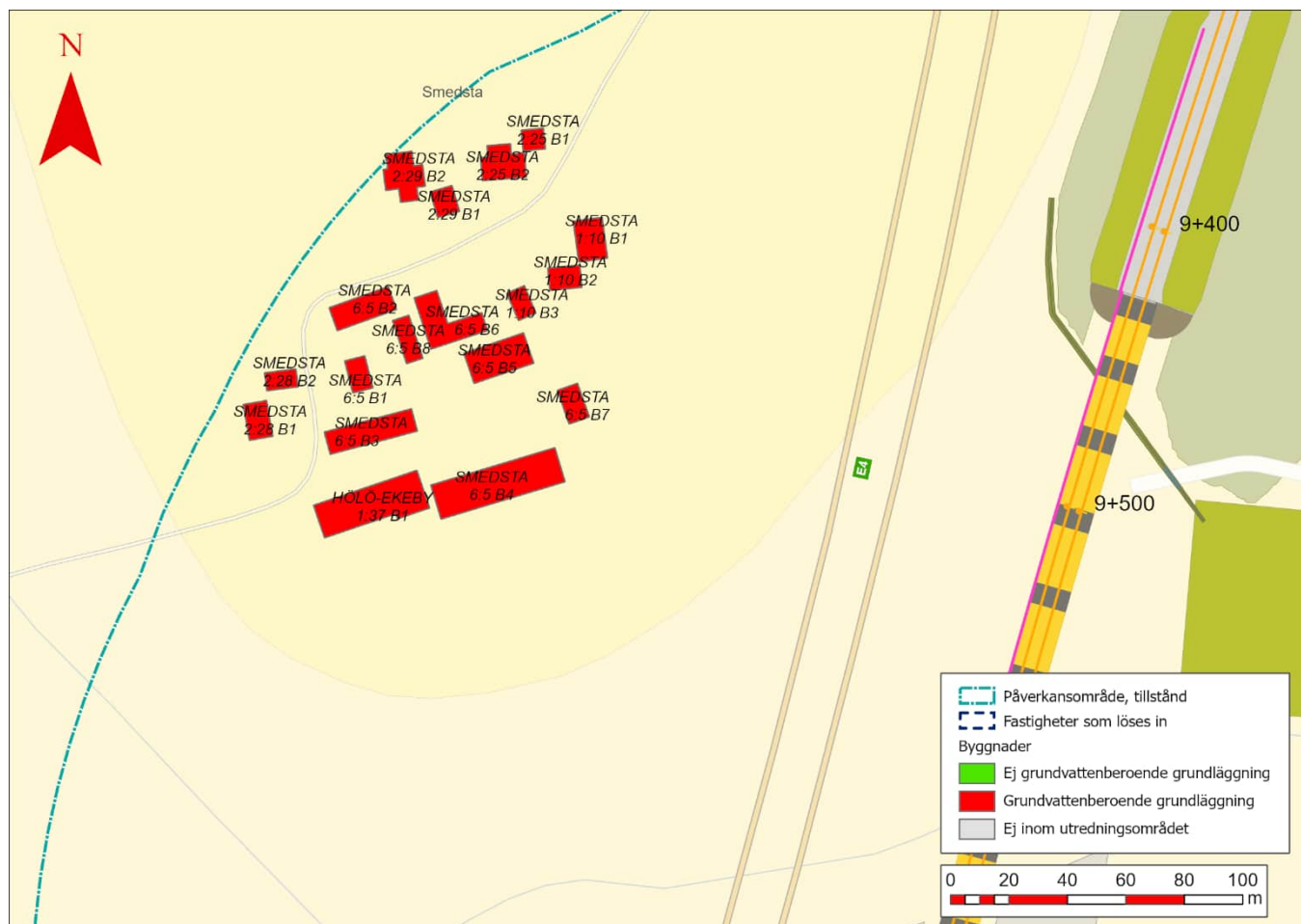
Tabell 18. Resultat av sättningsberäkningar vid fastighet Linga 1:6.

Byggnadsnummer	Ler-mäktighet (m)	Beräknad sättning med last från byggnad (cm)		Grundvatten-avsänkning (m)	Beräknad sättning (cm)						Sättningskrav (cm)
		Utan kryp	Med kryp		Utan kryp			Med kryp			
					2 år	10 år	40 år	2 år	10 år	40 år	
B5	7	<1	3	0,5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2
	10	<1	7		2	2	2	1	2	3	
B6	7	<1	3	0,5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1
	10	1	8		2	2	2	2	2	3	
B8	7	<1	3	0,5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	4
	10	2	11		2	2	2	1	2	3	



2.4 Km 9+000–11+000 Skillebyån och Hölö grundvattenförekomst

2.4.1 Smedsta 6:5, Smedsta 1:10, Smedsta 2:25, Smedsta 2:28, Smedsta 2:29 och Hölö-Ekeby 1:37, km 9



Figur 2.30. Smedsta 6:5, Smedsta 1:10, Smedsta 2:25, Smedsta 2:28, Smedsta 2:29 och Hölö-Ekeby 1:37.

Byggnaderna kan eventuellt påverkas av en grundvattensänkning under byggskedet.

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 väggliv har 15 kPa används. Denna last har antagits att fördelas på en kantförstyvning vars bredd är 1 meter. Beräkningarna har utförts för 30 kPa och 60 kPa, vilka motsvarar en last som återfinns för flera bostäder och komplementbyggnader respektive det största lasten, se Tabell 19. Vid utförda beräkningar har den kantförstyvningen antagits ha oändlig längd. Byggår är okänd för dessa byggnader.

Nedan redovisas resultaten av sättningsberäkningarna med indata enligt Tabell 19–Tabell 21.

Se Figur 3.19 för utförda undersökningar i närheten till fastighet Smedsta 6:5, Smedsta 1:10, Smedsta 2:25, Smedsta 2:28, Smedsta 2:29 och Hölö-Ekeby 1:37. Inga undersökningar utfördes invid byggnaderna.



Tabell 19. Bedömda laster för varje byggnad vid fastighet Smedsta 6:5, Smedsta 1:10, Smedsta 2:25, Smedsta 2:28, Smedsta 2:29 och Hölö-Ekeby 1:37.

Byggnadsnummer		Längd	Bredd	Total Last	Last på oändlig lång kantförstyvning	Hur mycket tål byggnaden? (Differenssättningskrav 1/500)
Smedsta 2:25	B1	8 m	7 m	10 kPa	20 kPa	2 cm
Smedsta 2:25	B2	15 m	8 m	20 kPa	50 kPa	2 cm
Smedsta 2:29	B1	9 m	7 m	10 kPa	20 kPa	2 cm
Smedsta 2:29	B2	13 m	11 m	20 kPa	60 kPa	2 cm
Smedsta 1:10	B1	14 m	10 m	20 kPa	60 kPa	2 cm
Smedsta 1:10	B2	11 m	8 m	10 kPa	20 kPa	2 cm
Smedsta 1:10	B3	10 m	6 m	10 kPa	20 kPa	2 cm
Smedsta 6:5	B5	18 m	8 m	10 kPa	30 kPa	2 cm
Smedsta 6:5	B6	21 m	8 m	15 kPa	40 kPa	2 cm
Smedsta 6:5	B8	15 m	6 m	15 kPa	30 kPa	2 cm
Smedsta 6:5	B2	21 m	11 m	15 kPa	55 kPa	2 cm
Smedsta 6:5	B1	11 m	7 m	10 kPa	20 kPa	2 cm
Smedsta 6:5	B3	30 m	8 m	10 kPa	30 kPa	2 cm
Smedsta 6:5	B7	12 m	7 m	10 kPa	20 kPa	2 cm
Smedsta 6:5	B4	44 m	12 m	12 kPa	60 kPa	2 cm
Hölö-Ekeby 1:37	B1	37 m	13 m	10 kPa	50 kPa	2 cm
Smedsta 2:28	B2	11 m	6 m	15 kPa	30 kPa	2 cm
Smedsta 2:28	B1	12 m	8 m	20 kPa	50 kPa	2 cm

Tabell 20. Indata till sättningsberäkningar vid fastighet Smedsta 6:5, Smedsta 1:10, Smedsta 2:25, Smedsta 2:28, Smedsta 2:29 och Hölö-Ekeby 1:37.

Last	CRS-försök	Lermäktighet (inkl. torrskorpa)	Torrskorpa	GV	MY	Hur mycket tål byggnaden?
30 kPa	09G2012	Beräknat sättning för 4-7-10 m	2 m	Vid my	+27-30	2 cm
60 kPa	09G2020 09G2023					



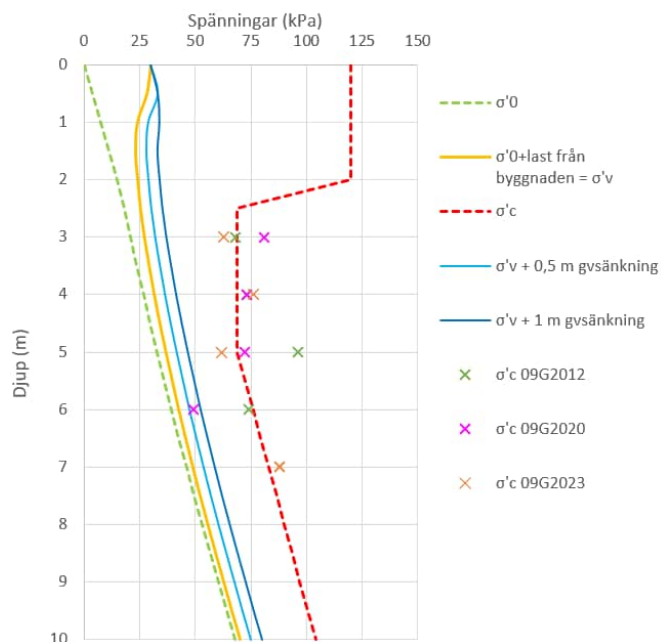
Tabell 21. Indata till sättningsberäkningar vid fastighet Smedsta 6:5, Smedsta 1:10, Smedsta 2:25, Smedsta 2:28, Smedsta 2:29 och Hölö-Ekeby 1:37 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Torrskorpa	0	17,5	25	6250	1125	14	120	193	1,0E-08	0,315	3,7
	2	17,5	25	6250	1125	14	120	193	1,0E-08	0,315	3,7
Lera 1	2	15,9	14	3500	630	14	70	145	4,7E-10	0,0150	3,7
	4	15,9	14	3500	370	14	70	105	4,7E-10	0,0150	3,7
Lera 2	4	15,9	14	3500	370	16,5	70	105	4,7E-10	0,0150	3,7
	10	17,8	14	3500	370	16,5	100	105	4,7E-10	0,0150	3,7

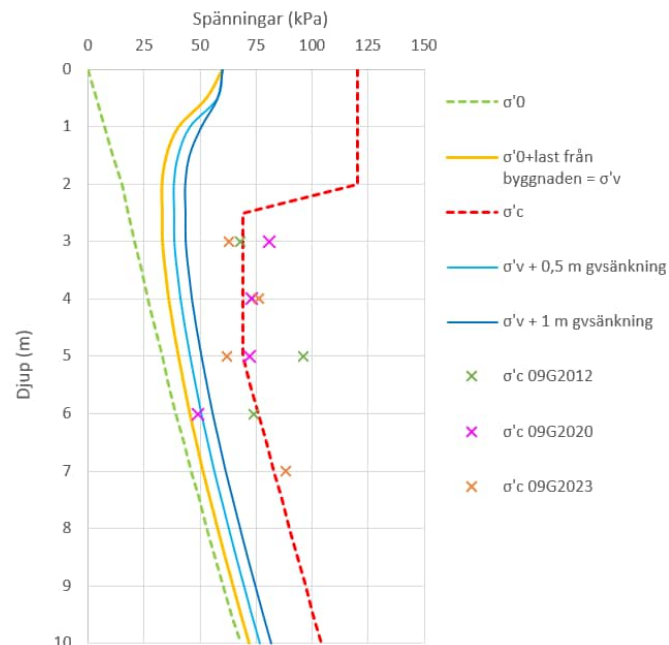
* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.

CRS-försök som har använts för utvärdering av beräkningsparametrarna har utförts på prover som har tagits på andra sidan E4, dvs. ca 250 m från byggnaderna där sättningar beräknats. Leran är överkonsoliderad enligt dessa laborieförsök men osäkerheter kvarstår om lerparametrar vid byggnaderna.

Med valda laster är effektivspänningen i jorden efter 0,5 till 1 meter grundvattensänkning fortfarande lägre än σ_{ref} , vilket betyder att inga krypdeformationer kommer att ske i lerlagret vid dessa avsänkningar, se Figur 2.31 och Figur 2.32. Sättningar för 0,5 till 1 m grundvattensänkning har således beräknats utan krypning. Sättningar beräknas först för spänningsökningen i jorden från byggnaderna. Byggår är okänd men byggnaderna är ej nybyggnader. Den totala sättningen uppkommer efter 1 till 10 år beroende på lermäktigheten, se Figur 2.33 och Figur 2.34.

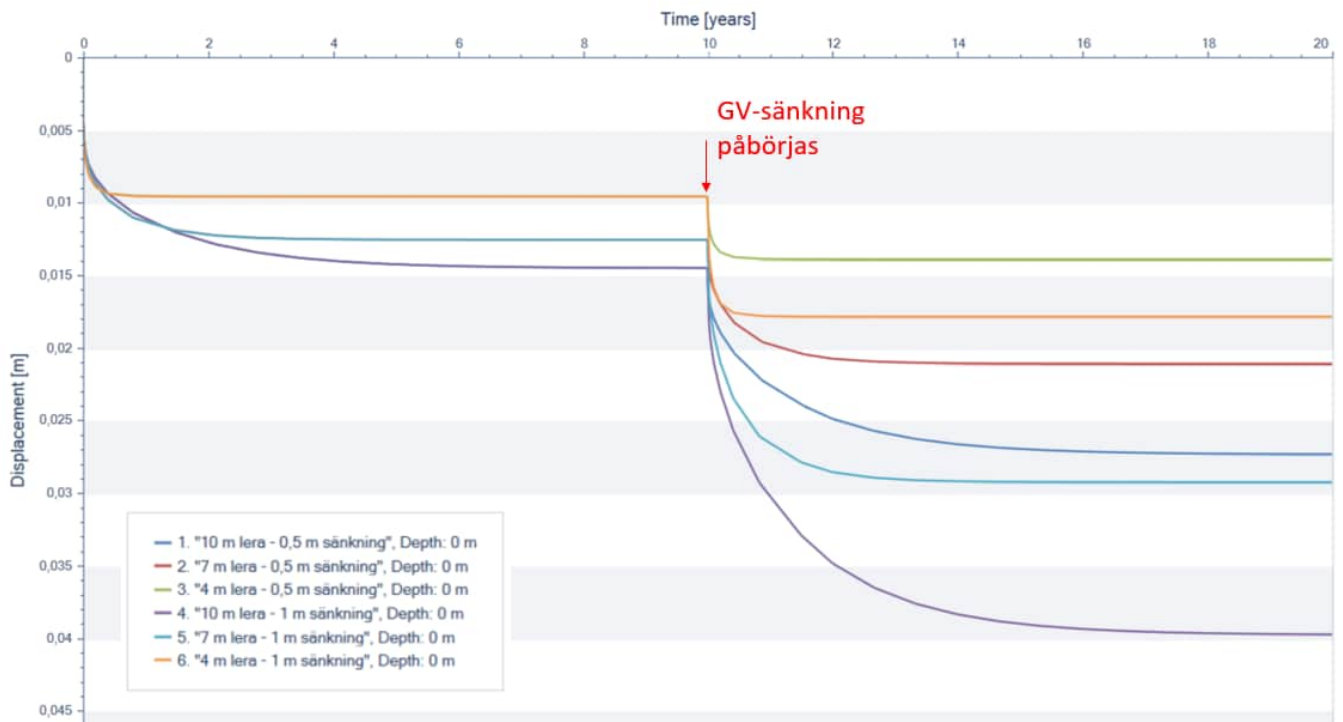


Figur 2.31. Spänningar med en last från byggnaden på 30 kPa.

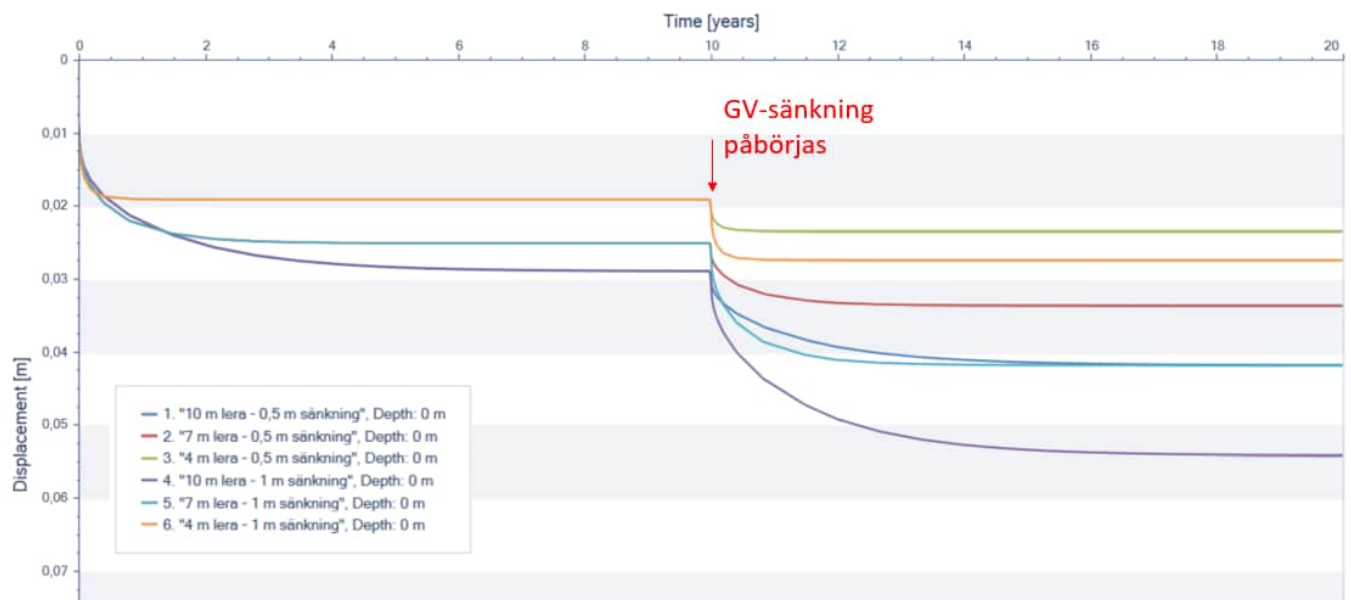


Figur 2.32. Spänningar med en last från byggnaden på 60 kPa.

Beräkning av sättningar utförs med syftet att uppskatta om det kan uppkomma skadliga sättningar under de identifierade objekten vid 0,5 m till 1 m grundvattensänkning. Beräkningar utfördes för 4 till 10 m lera. Beräknade sättningar redovisas i Figur 2.33–Figur 2.34.



Figur 2.33. Beräknade sättningar för 0,5 till 1 m grundvattensänkning och 4 till 10 m lera – Last från befintliga byggnader 30 kPa. Utan krypning.



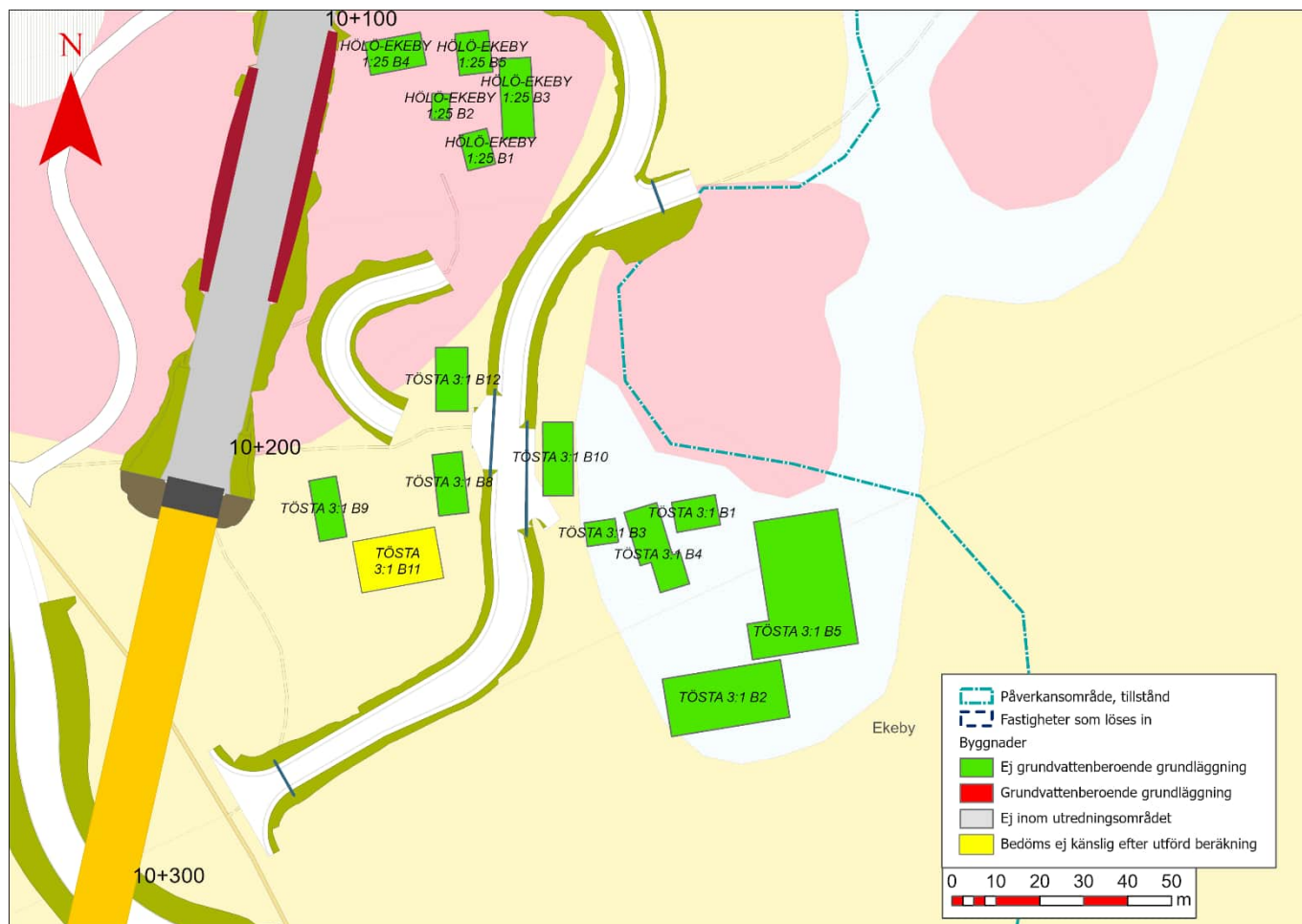
Figur 2.34. Beräknade sättningar för 0,5 till 1 m grundvattensänkning och 4 till 10 m lera – Last från befintliga byggnader 60 kPa. Utan krypning.



Tabell 22. Resultat av sättningsberäkningar vid fastighet Smedsta 6:5, Smedsta 1:10, Smedsta 2:25, Smedsta 2:28, Smedsta 2:29 och Hölö-Ekeby 1:37.

Last från byggnad	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	4	1 cm	0,5	< 1	< 1	-	-	2
			1	1	1	-	-	
	7	1 cm	0,5	1	1	-	-	
			1	2	2	-	-	
	10	1 cm	0,5	1	1	-	-	
			1	2	3	-	-	
60	4	2 cm	0,5	< 1	< 1	-	-	2
			1	1	1	-	-	
	7	3 cm	0,5	1	1	-	-	
			1	2	2	-	-	
	10	3 cm	0,5	1	1	-	-	
			1	2	3	-	-	

2.4.2 Tösta 3:1, km 10



Figur 2.35. Tösta 3:1.

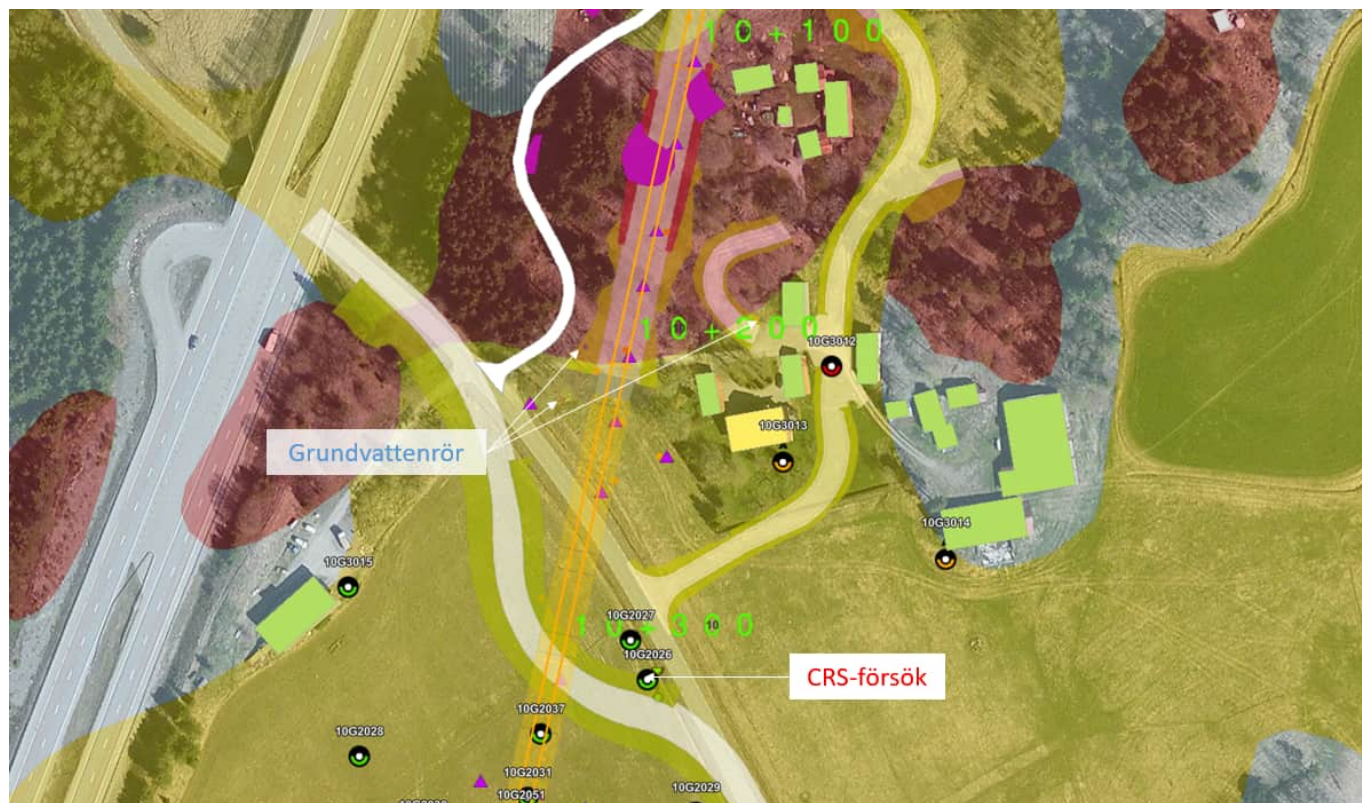
Byggnaderna kan påverkas av temporära grundvattensänkningar i samband med anläggning av bron över Väg 305.

Sättningar har beräknats för byggnad B11 för oförstärkt jord, som funktion av den effektiva vertikala spänningsökningen i jorden. En last som fördelas på en kantförstyvning vars bredd är 1 meter antogs för bostadshuset. Byggnaden är 19 m lång och 11 m bredd, se tabellen nedan, vilket ger en last på ca 70 kPa vid kanten om den totala lasten för hela byggnaden antas vara 20 kPa. Vid utförda beräkningar har den kantförstyvningen antagits ha oändlig längd.

Nedan redovisas resultaten av sättningsberäkningarna för fastighet Tösta 3:1 med indata enligt Tabell 23 och Tabell 24—Tabell 25.

Tabell 23. Indata till sättningsberäkningar vid fastighet Tösta 3:1.

Last	CRS-försök	Lermäktighet (inkl. torrskorpa)	Torrskorpa	GV	MY	Hur mycket tål byggnaden? (Differenssättningskrav 1/500)
70 kPa	10G2026	Bedömt max 4 m	0,5 m	+35	+38	19 m långt – 11 m bredd – 2 cm



Figur 2.36. Utförda (gröna och lila cirklar och trianglar) vid fastighet Tösta 3:1. De orangea cirklar är tidigare planerade undersökningar som kräver dispens från Länsstyrelsen.

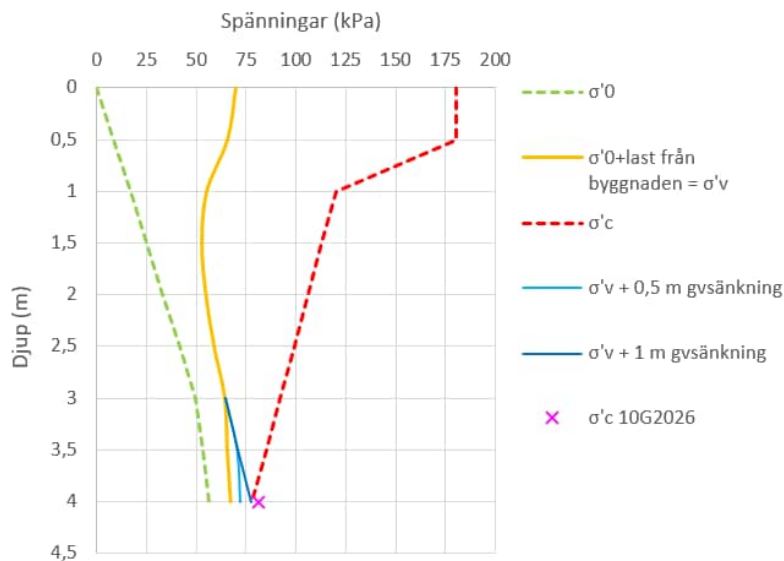
Tabell 24. Indata till sättningsberäkningar vid fastighet Tösta 3:1 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Torrskorpa	0	17	30	7500	500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1,0
	0,5	17	30	7500	500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1,0
Lera	0,5	16,5	15	3750	420	15,5	120	150	4,0E-10	0,0126	2,9
	4	16,5	15	3750	420	15,5	80	100	4,0E-10	0,0126	2,9

* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gytjig lera.

Sättningar har beräknats med krypning för 0,5 till 1 m grundvattensänkning, vilket motsvarar hela lermäktigheten med en medelgrundvattennivå vid ca 3 m under markytan. Spänningsdiagrammet framgår av Figur 2.37.

Sättningar har beräknats först för spänningsökningen i jorden från byggnaden, se Figur 2.38. Bostadshuset byggdes 1900.

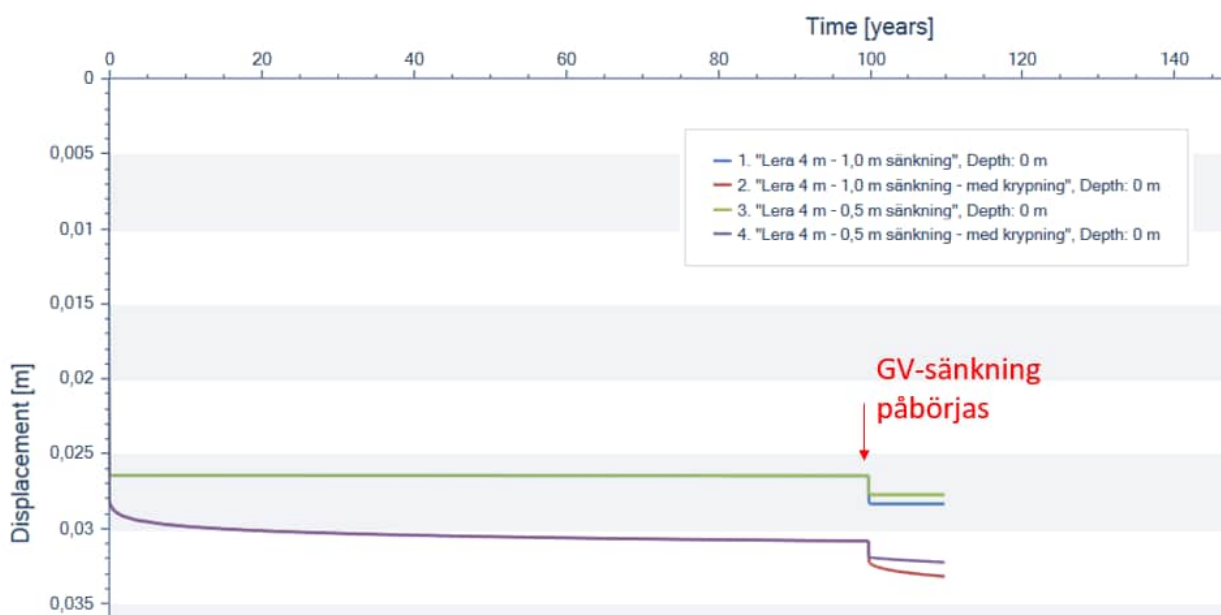


Figur 2.37. Spänningar under bostadshuset, byggnad nr B11.

Tabell 25. Indata till sättningsberäkningar med krypning vid fastighet Tösta 3:1 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_0 [-]	b_1 [-]	r_0 [-]	r_1 [-]
Lera	3	16,5	65	1,4	0,7	1,1	5000	140
	4	16,5	65	1,2	0,8	1,1	1220	140

Beräkning av sättningar utförs med syftet att uppskatta om det kan uppkomma skadliga sättningar under bostadshuset. Beräkningar utfördes för 4 m lera och för en grundvattensänkning som motsvarar hela lermäktigheten. Beräknade sättningar redovisas i Figur 2.38.



Figur 2.38. Beräknade sättningar vid fastighet Tösta 3:1 för 0,5 till 1 m grundvattensänkning och 4 m lera – Med och utan krypning.

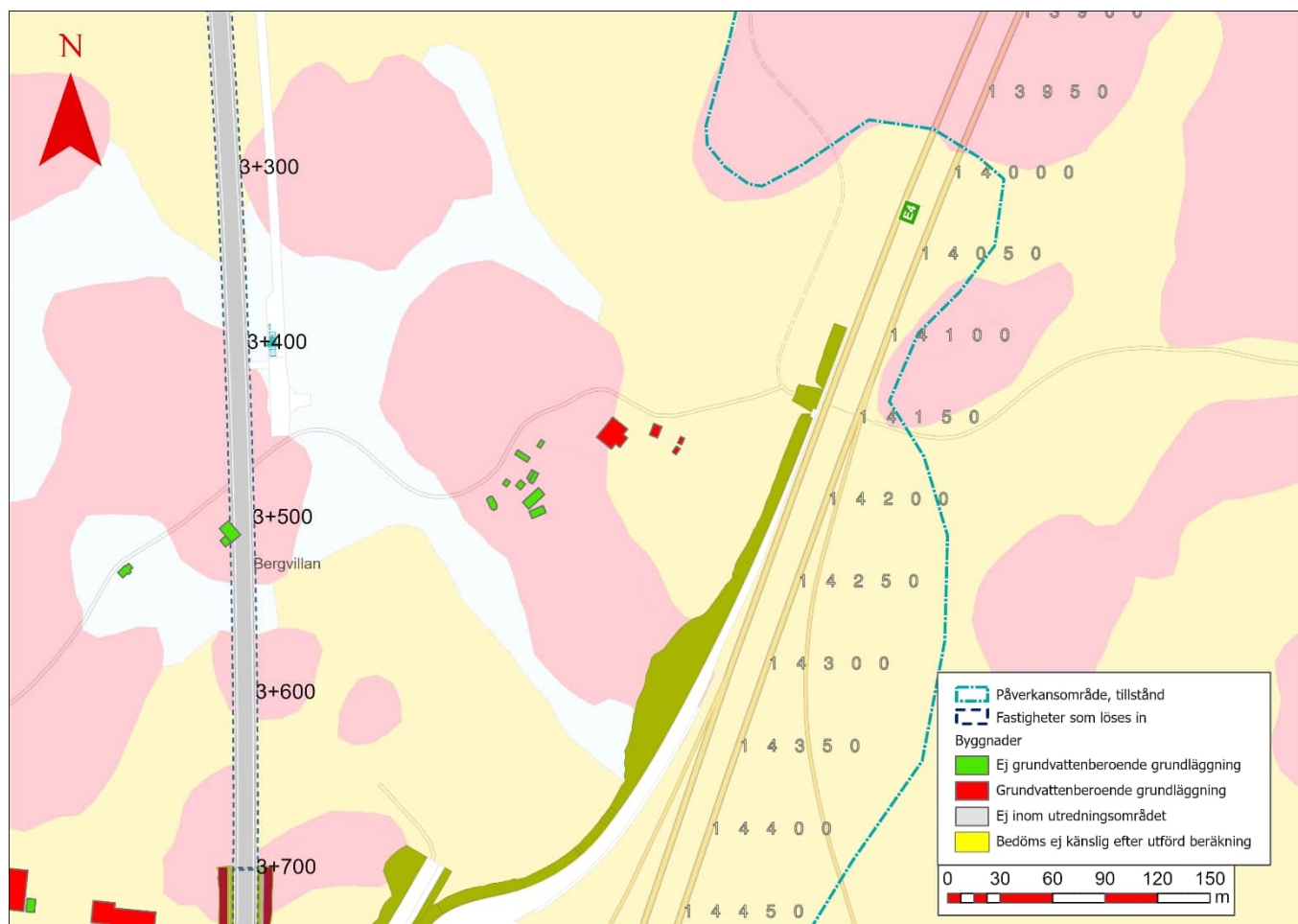


Tabell 26. Resultat av sättningsberäkningar vid fastighet Tösta 3:1.

Byggnadsnummer	Ler-mäktighet	Beräknad sättning med last från byggnad	Grundvatten-avsänkning	Beräknad sättning (cm)				Sättningskrav (cm)
				Utan kryp		Med kryp		
				2 år	10 år	2 år	10 år	
B11	Bedömt max 4 m	3 cm (med och utan krypning)	0,5 m	< 1	< 1	< 1	< 1	2
			1 m	< 1	< 1	< 1	< 1	

3 Risksträckor E4

3.1 Gerstabergrstunneln, km 3+280–3+680



Figur 3.1. E4 vid Gerstabergrstunneln.

På delsträckan kommer till tunneln inläckande grundvatten permanent att ledas bort. E4 ligger ca 300 till 400 m öster om planerad järnväg i ett lerområde och delen som kan påverkas av grundvattensänkningar från bergtunneln är delsträckan med längdmätning 14/000–14/400. En känslighetsanalys har utförts för E4 för att veta om det skulle uppkomma skadliga sättningar vid 1–3 m grundvattensänkning.

Sättningar har beräknats där det största lerdjupet har påträffats, dvs. vid lm 14/210 (höger körfält) och vid en del av E4 som troligtvis är grundlagd på vertikaldränar. Dränar påskyndar sättningsförloppet även till följd av grundvattensänkningar. Antagligen har dock funktionen av dränerna försämrats väsentligt under de ca 50 år som



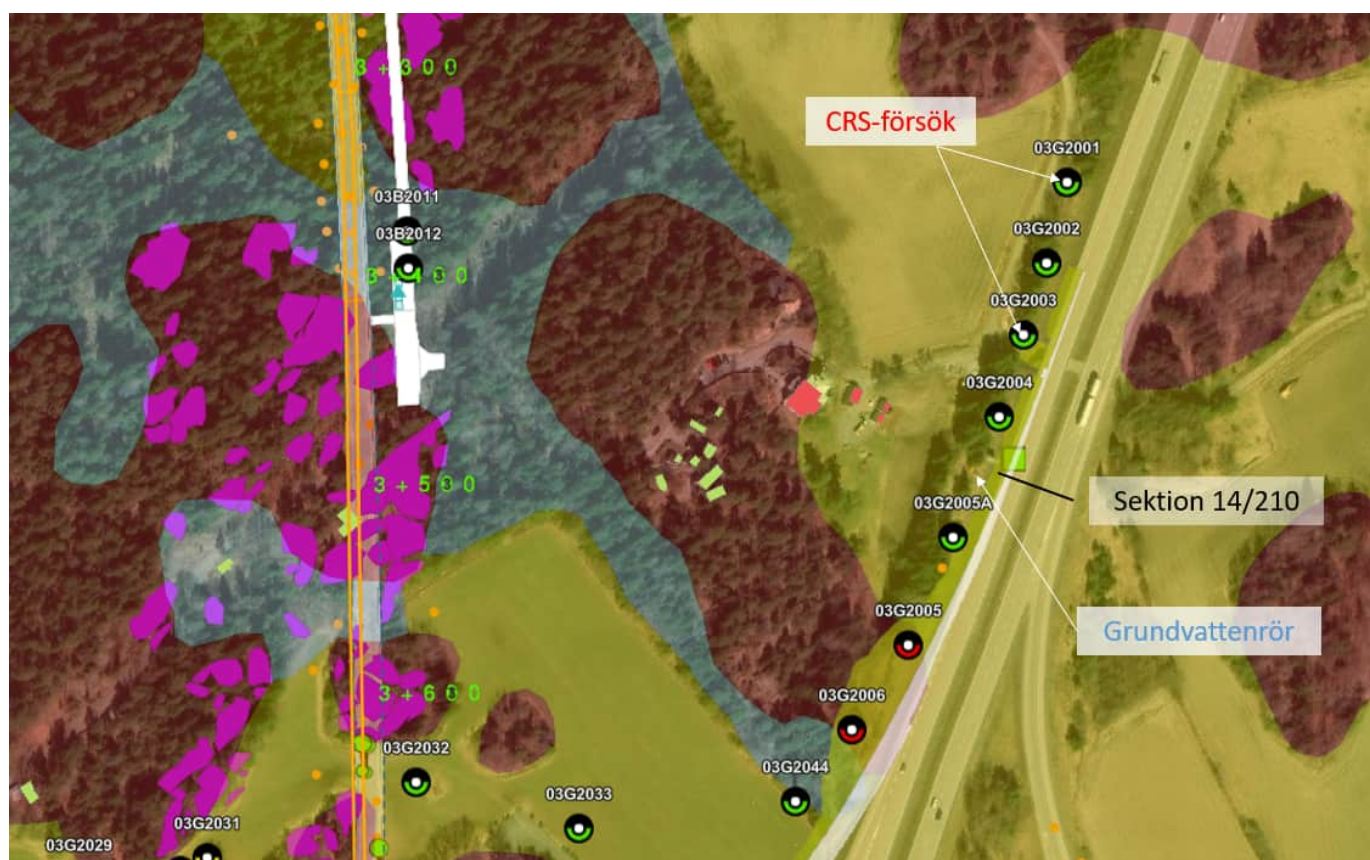
passerat sedan de installerades. Dessutom är leran under E4 sannolikt överkonsoliderad eftersom en temporär överlast över vertikaldränerna sannolikt påfördes efter anläggandet av dessa. Beräkningarna görs konservativt utan överlast.

Det finns en synlig tryckbank på västra sidan av E4 vid denna sektion.

Sättningar har beräknats som funktion av den effektiva vertikala spänningsökningen i jorden. I föreliggande kapitel redovisas sättningsberäkningar under befintlig E4 vid lm 14/000–14/400 (motsvarande ca km 3+300–3+600 för järnvägen) och med indata enligt Tabell 27–Tabell 29.

Tabell 27. Indata till sättningsberäkningar under befintlig E4 vid lm 14/000–14/400.

LM	CRS-försök	Lermäktighet (inkl. torrskorpa)	Torrskorpa	GV	MY	Hur mycket tål vägen? Sättningskrav för nybyggd väg
14/210	03G2001 03G2003	11 m	3 m	+23 03G0048G	+23	Avstånd till friktionsjorden: 60 m Sättningskrav i längdled: 26 cm Sättningskrav i tvärled 1%: 30 cm Totalsättningskrav: 30 cm



Figur 3.2. Utförda (gröna cirklar och orange prickar) undersökningar vid lm 14/000–14/400 (motsvarande 3+300–3+600 för järnvägen).



Tabell 28. Indata till sättningsberäkningar vid lm 14/000–14/400 – lerparametrar.

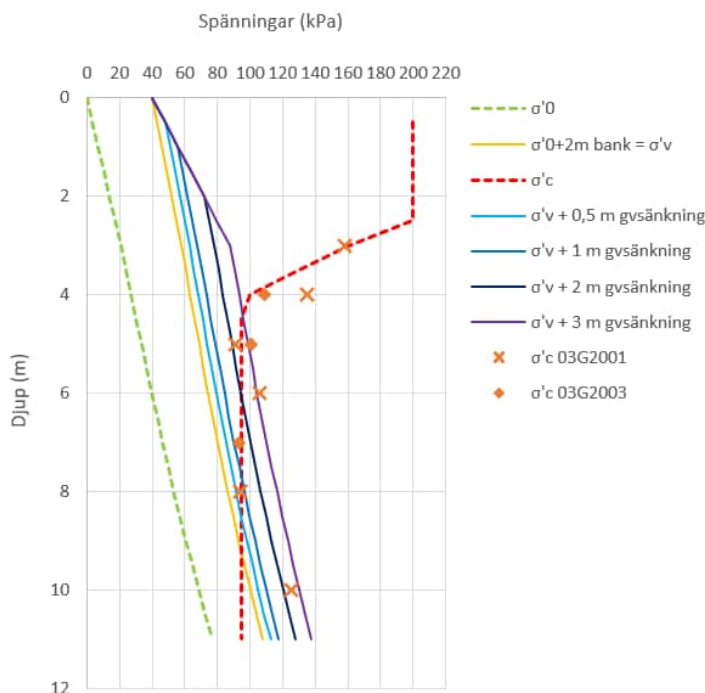
	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Torrskorpa	0	17	30	7500	7500	12	200	600	1,0E-08	0,315	3
	3	17	30	7500	7500	12	200	600	1,0E-08	0,315	3
Lera	3	16,3	17	4250	650	15	95	150	3,0E-10	0,0095	3
	11	18	22	5500	650	15	95	150	3,0E-10	0,0095	3

* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.

Tabell 29. Indata till sättningsberäkningar med krypning vid lm 14/000–14/400 – lerparametrar.

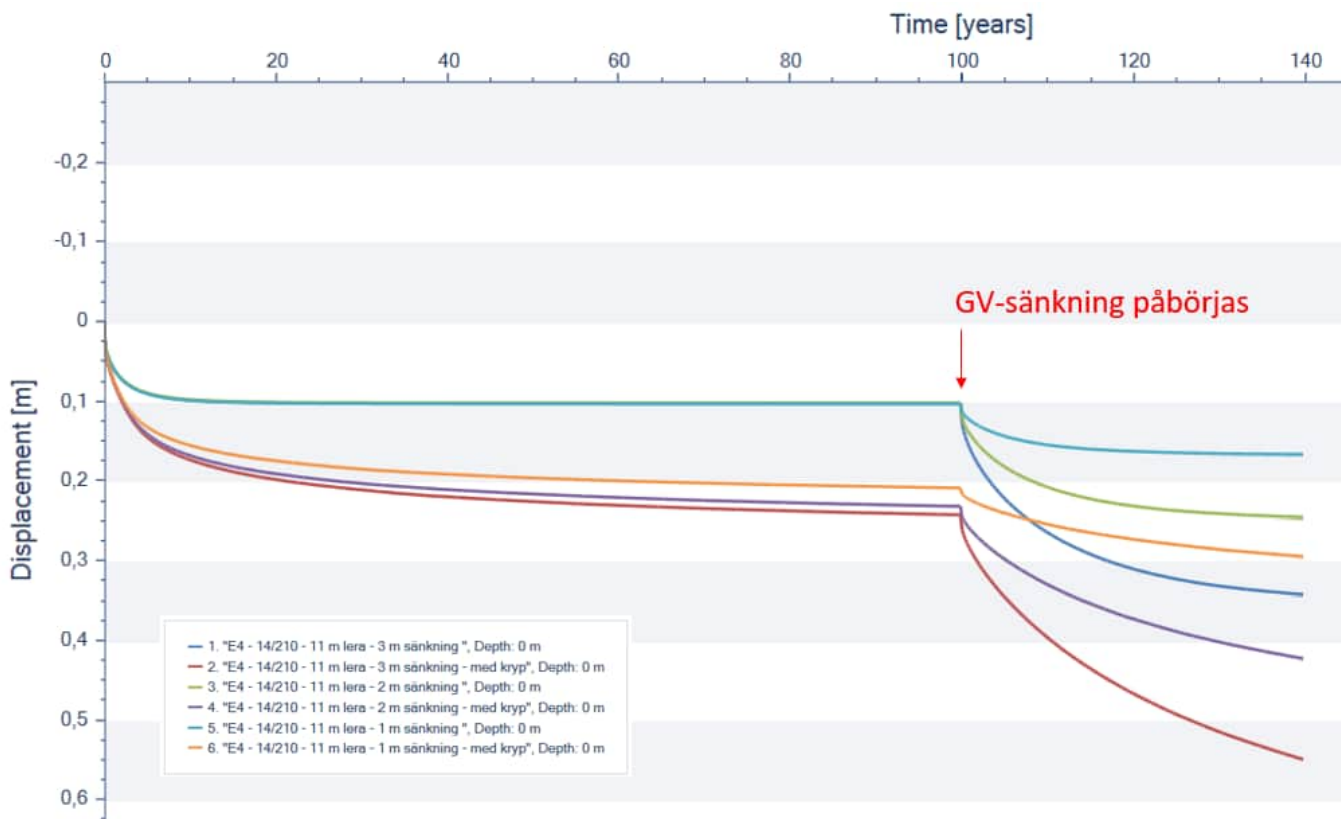
	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_o [-]	b_1 [-]	r_0 [-]	r_1 [-]
Lera	4	16,5	55	1,6	0,6	1,1	1380-20000	190
	11	18	55	1	1	1,1	440	190

Jordprover för CRS-försöken som har använts för utvärdering av beräkningsparametrarna är tagna väster om E4 vid tryckbankens släntfot. E4 går på ca 4 m bank vid lm 14/210, se redovisning av spänningar i jorden i Figur 3.3, med en 2 m hög tryckbank på västra sidan. Sättningsberäkningar beräknas först för spänningsökningen i jorden från vägbanken och tryckbanken med och utan krypning, se Figur 3.4. Vattenkvoten antas konservativt vara samma som före bankens anläggning. Sättningsberäkningar till följd av 1 till 3 m grundvattensänkning beräknas sen med och utan krypning. I beräkningarna antas att grundvattensänkning sker efter 100 år med hänsyn till att vertikaldränerna påskyndar sättningsförloppet.



Figur 3.3. Spänningar under olika faser vid lm 14/000–14/500.

Beräkning av sättningar utförs med syftet att uppskatta om det kan uppkomma skadliga sättningar under befintlig E4 vid en grundvattensänkning på 1 till 3 meter. Känslighetsanalysen utförs vid lm 14/210 för 11 m lera. Beräknade sättningar redovisas i Figur 3.4.



Figur 3.4. Beräknade sättningar vid lm 14/210 för 1 till 3 m sänkning och 11 m lera – Med och utan krypning.

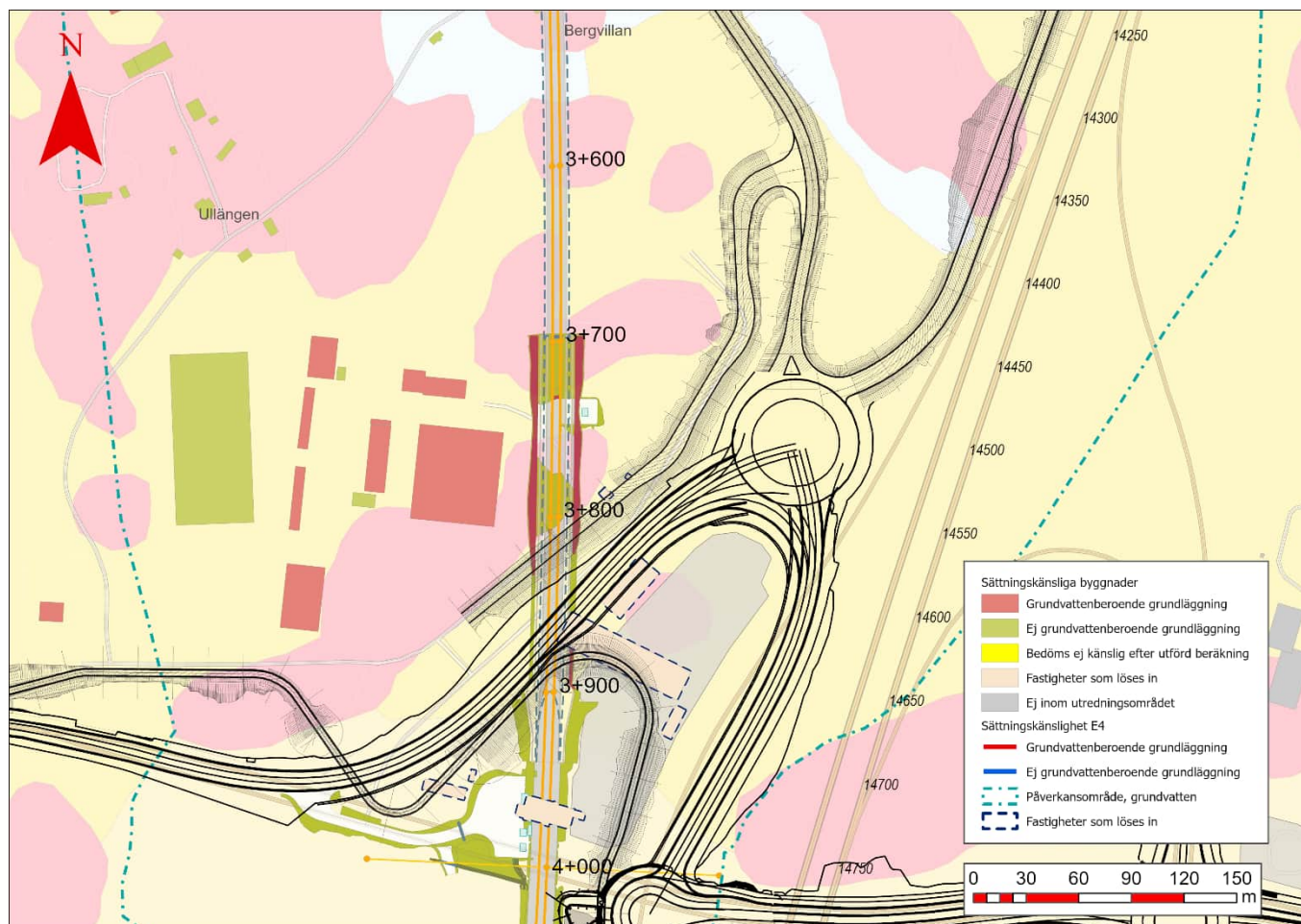
Tabell 30. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan på befintlig E4 vid lm 14/000–14/400.

Km E4	Km Järnväg	Grundläggning	Avsänkning storlek	Ler-mäktighet	Sättning storlek (cm)						Sättningskrav
					Utan kryp			Med kryp			
					2 år	10 år	40 år	2 år	10 år	40 år	
14/210	3+500	Möjligtvis vertikaldränering med tryckbank.	1 m	11 m	3	5	6	2	5	9	26 cm
			2 m		5	10	14	4	10	19	
			3 m		8	16	24	6	15	31	

Den bedömda grundvattensänkningen ligger mellan 0 och 1 meter för aktuell delsträcka. Beräknad sättning med krypning vid 1 m sänkning efter 900 år är 16 cm, vilket betyder att sättningskravet uppfylls även om eventuella dräner har någon funktion kvar som skulle kunna påverka sättningsförloppet vid en grundvattensänkning.



3.2 Trafikplats Järna, km 3+680–4+100



Figur 3.5. E4 vid trafikplats Järna (med den nya väglösningen för trafikplatsen).

Trafikplats Järna kommer att byggas om med nya ramper, men befintlig E4 kommer att ligga kvar i samma läge. Vid byggnation och drift av betongtunnel för järnvägen kan det uppstå en grundvattensänkning vid befintlig E4.

En känslighetsanalys har utförts för E4 för att veta om det skulle uppkomma skadliga sättningar vid 0,5–3 m grundvattensänkning. Sättningar har beräknats vid 2 sektioner. Observera att befintlig E4 ligger i 2 till 3 m skärning jämfört med tidigare marknivå enligt de sonderingar som utfördes innan byggnation av E4.

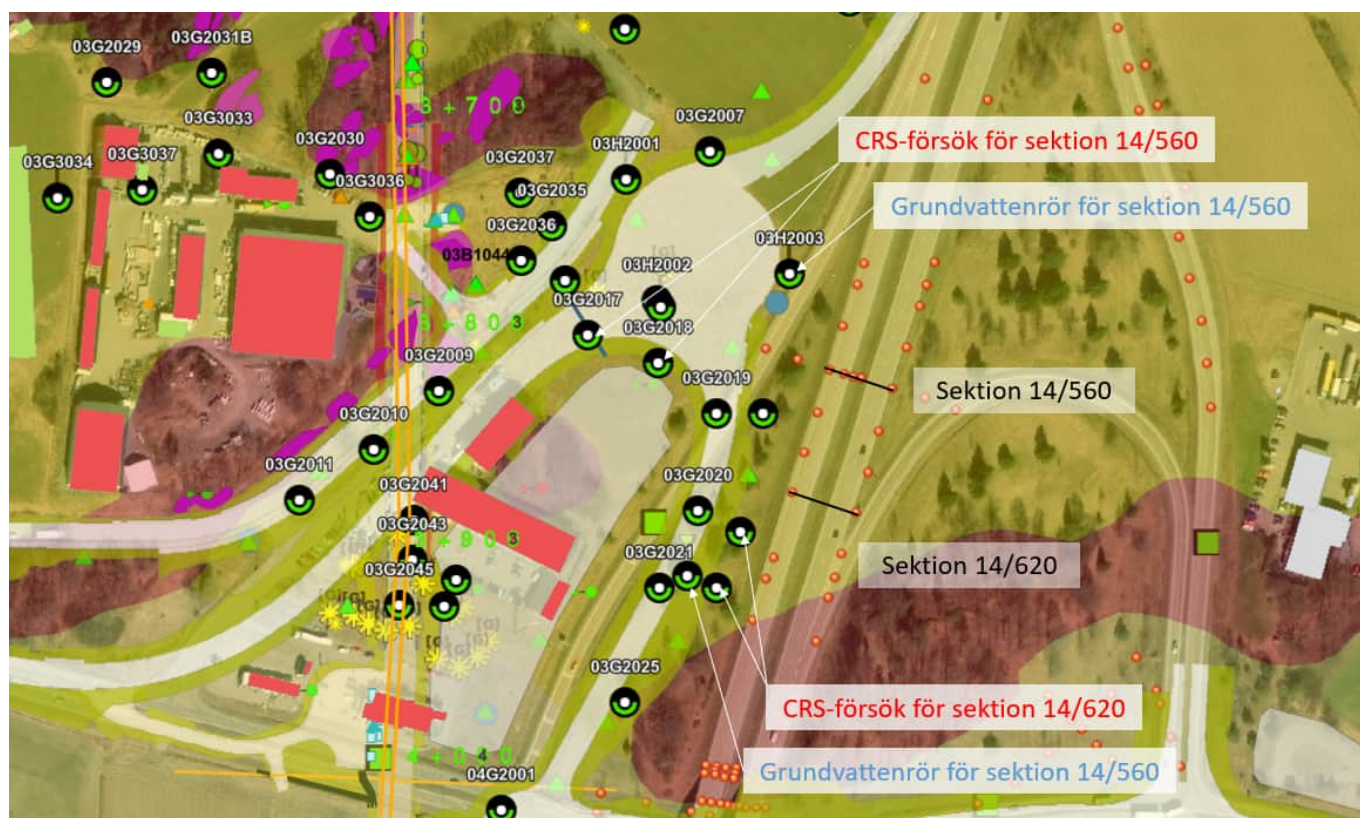
Första sektionen avser den del av E4 som går på ca 1,5 meter bank och som kan vara grundlagd på vertikaldräner (E4 längdmätning 14/500 – 14/610). Sektionen har tagits vid det största lerdjupet (E4 längdmätning 14/560). Dräner påskyndar sättningsförloppet även till följd av en grundvattensänkning. Antagligen har dock funktionen av dränera försämrats väsentligt under de ca 50 år som passerat sedan de installerades. Dessutom är leran under E4 sannolikt överkonsoliderad eftersom en temporär överlast över vertikaldränera sannolikt påfördes efter anläggandet av dessa. Beräkningarna görs konservativt utan överlast.

Ingen förstärkning planerades vid andra sektion (E4 längdmätning 14/620). Vid denna del ligger E4 vid markytan. Sättningar har beräknats för överkonsoliderad jord, se tabellen nedan (gamla marknivå ca +21 vid lm 14/560 och +20 vid lm 14/620), som funktion av den effektiva vertikala spänningsökningen i jorden. I föreliggande kapitel redovisas sättningsberäkningar under befintlig E4 vid lm 14/500–14/680 (motsvarande 3+760–3+930 för järnvägen) och med indata enligt Tabell 31–Tabell 35.



Tabell 31. Indata till sättningsberäkningar under befintlig E4 vid lm 14/500–14/680.

LM	CRS-försök	Lermäktighet (inkl. torrskorpa)	Torrskorpa	Fyllning	GV	MY	Hur mycket tål vägen? Sättningskrav för nybyggd väg
14/560	03G2017 03G2018	12 m	1 m	1,5 m	+17 03H2003G	+18	Avstånd till friktionsjorden: 90 m Sättningskrav i längdled: 38 cm Sättningskrav i tvärlängd 1%: 30 cm Totalsättningskrav: 30 cm
14/620	03G2020 03G2023	8 m	2 m	-	+16 03G2047G	+18	Avstånd till friktionsjorden: 35 m Sättningskrav i längdled: 15 cm Sättningskrav i tvärlängd 1%: 30 cm Totalsättningskrav: 30 cm



Figur 3.6. Utförda (gröna cirklar och trianglar) undersökningar vid lm 14/500–14/680 (motsvarande 3+760–3+930 för järnvägen). Röda prickar redovisar arkiv punkter.

Tabell 32. Indata till sättningsberäkningar vid lm 14/500–14/610 – lerparametrar.

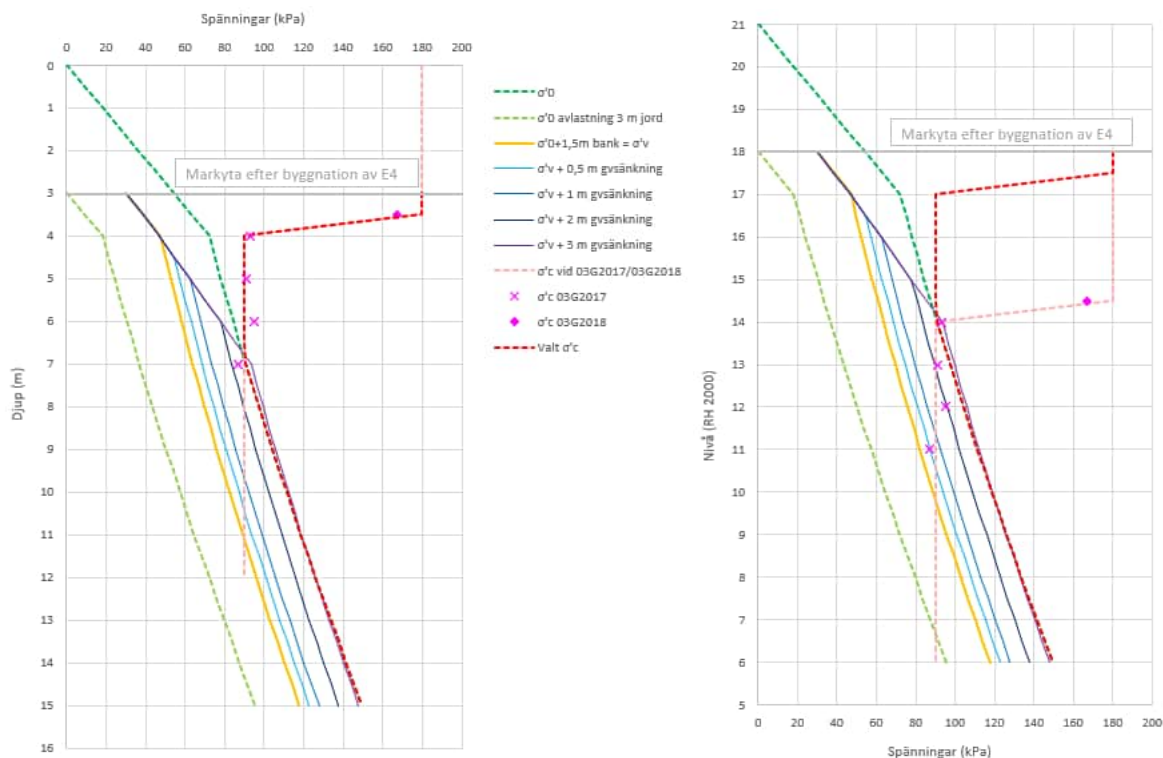
	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Torrskorpa	0	18	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1
	1	18	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1
Lera	1	16	18	4500	400	12	75	125	2,0E-10	0,0063	3
	12	18	18	4500	1275	45	150	155	1,1E-9	0,0345	11

* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.

Tabell 33. Indata till sättningsberäkningar med krypning vid lm 14/500–14/610 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_o [-]	b_1 [-]	r_0 $\sigma_\rho + \Delta\sigma < \sigma_c$	r_1 [-]
Lera 1	1	16	50	2	0,5	1,1	2500-6500	230
	12	18	50	1,4	0,7	1,1	1700-2800	230

CRS-försöken som har använts för utvärdering av beräkningsparametrarna vid den första sektionen kommer från prover som ligger vid sidan av E4 i ett gräsbevuxet område. E4 ligger i 3 m skärning jämfört med tidigare marknivån och går på ca 1,5 m bank vid lm 14/500–14/610, se redovisning av spänningar i jorden i Figur 3.7. Sättningar beräknas först för spänningsökningen i jorden från banken med och utan krypning, se Figur 3.9. Vattenkvoten antas konservativt vara samma som före bankens anläggning. Sättningar från 0,5 till 3 m grundvattensänkning beräknas sen med och utan krypning, se Figur 3.9. I beräkningarna antas att grundvattensänkning sker efter 100 år med hänsyn till att vertikaldränerna påskyndar sättningsförloppet. Vid 2 m avsänkning är effektivspänningen i jorden fortfarande lägre än bedömt förkonsolideringstryck.



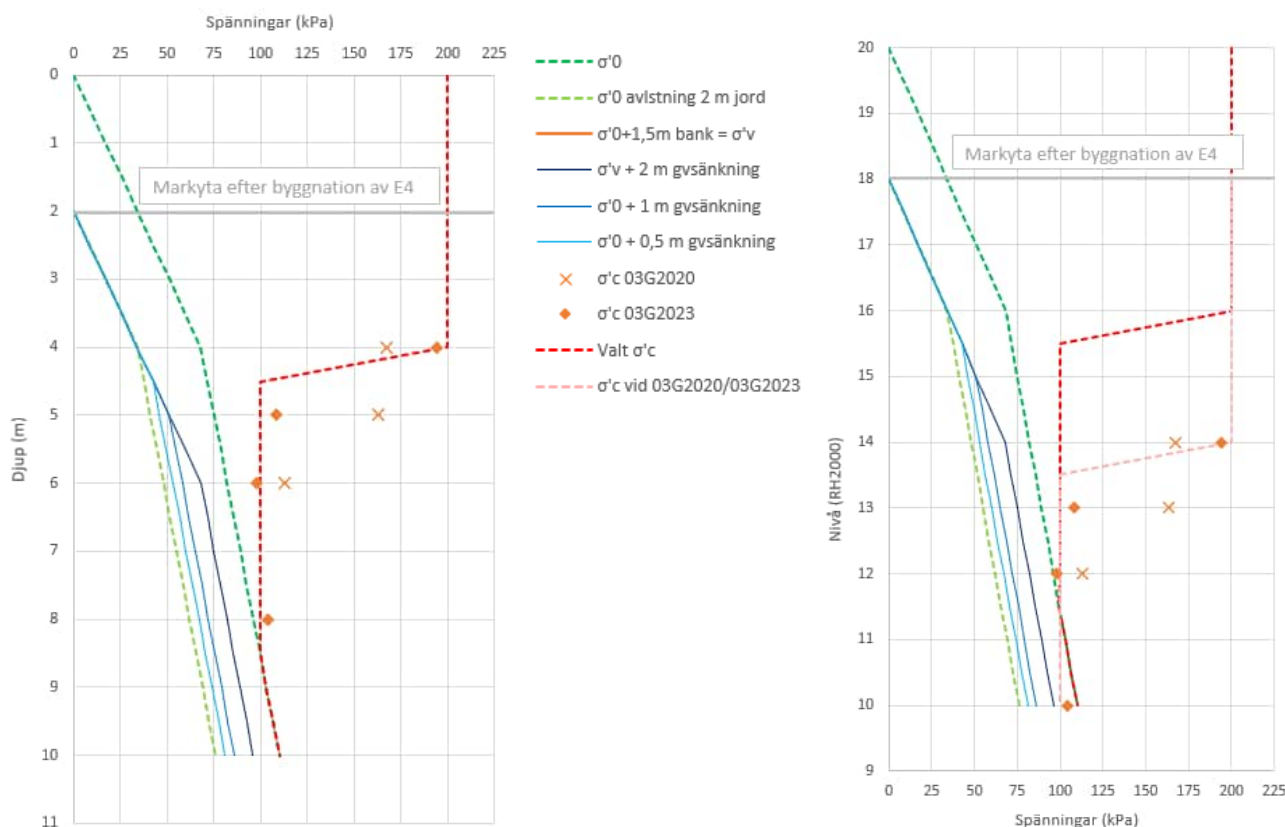
Figur 3.7. Spänningar under olika faser vid lm 14/500–14/610. Spänningar mot djupet till vänster och spänningar i förhållande till höjdnivåerna till höger.

Leran är överkonsoliderad i området. Referensspänningen σ_{ref} avser en spänningsnivå för vilken leran krupit under mycket lång tid, dvs. kvarstående krypdeformationer är försumbara. Effektivspänningen med last från 0,5 till 1 m grundvattensänkning är lägre än σ_{ref} vid den andra sektionen, vilket betyder att inga krypdeformationer kommer att ske i lerlagret vid dessa avsänkningar, se Figur 3.8. Sättningar beräknas med krypning för 2 meter grundvattensänkning.

Tabell 34. Indata till sättningsberäkningar vid lm 14/610–14/680 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Torrskorpa	0	17	30	7500	7500	12	200	370	1,0E-08	0,315	1
	2	17	30	7500	7500	12	200	370	1,0E-08	0,315	1
Lera 1 - Cl (fsa)	2	17	20	5000	400	12	90	140	2,0E-10	0,0063	4
	8	17	20	5000	660	18	112	140	2,0E-10	0,0063	4

* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.

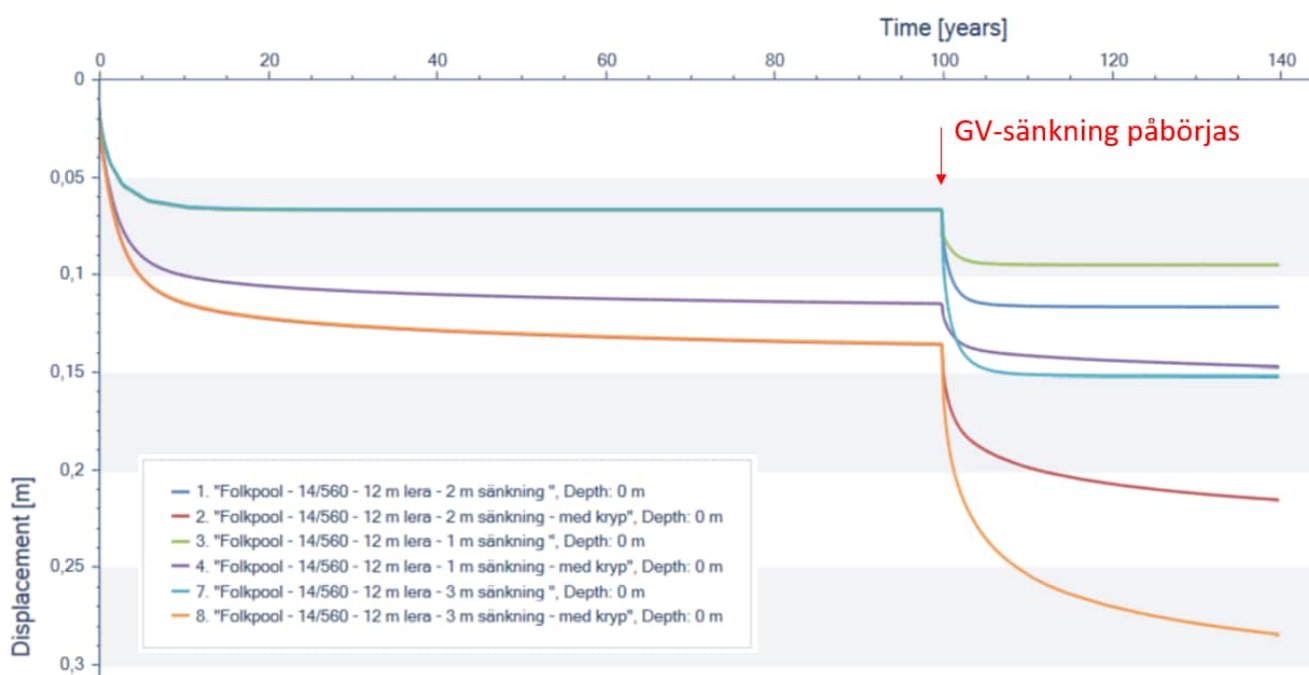


Figur 3.8. Spänningar under olika faser vid lm 14/610–14/680.

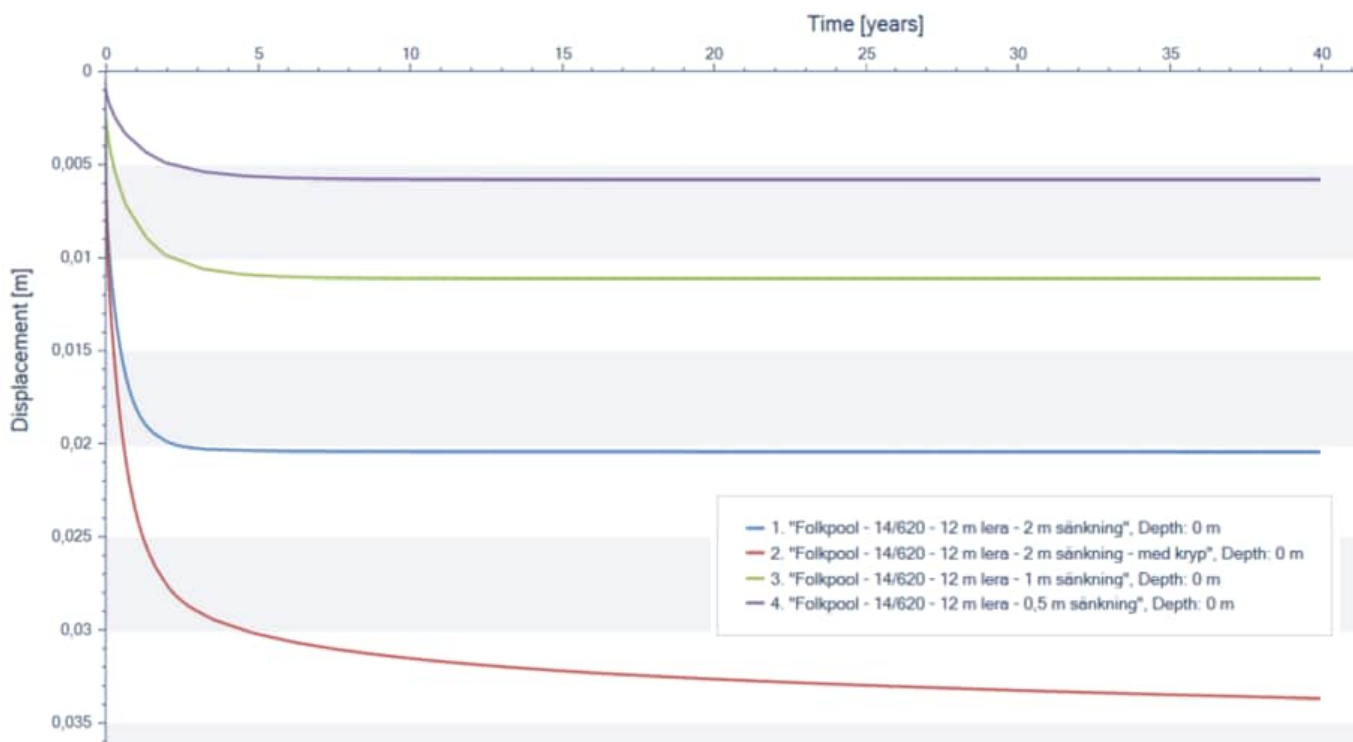
Tabell 35. Indata till sättningsberäkningar med krypning vid lm 14/610–14/680 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_0 [-]	b_1 [-]	r_0 $\sigma_\rho + \Delta\sigma < \sigma_c$	r_1 [-]
Lera - vCl	2	17	50	2	0,5	1,1	10000	230
	8	17	50	1,5	0,67	1,1	3600	230

Beräkning av sättningar utförs med syftet att uppskatta om det kan uppkomma skadliga sättningar under befintlig E4 vid en grundvattensänkning på 0,5 till 3 meter. Känslighetsanalysen utförs vid lm 14/560 och lm 14/620 för 12 m respektive 8 m lera. Beräknade sättningar redovisas i Figur 3.9–Figur 3.10.



Figur 3.9. Beräknade sättningar vid lm 14/560 för 1 till 3 sänkning och 12 m lera – Med och utan krypning.



Figur 3.10. Beräknade sättningar vid lm 14/620 för 0,5 till 2 m sänkning och 8 m lera – Med och utan krypning.

Tabell 36. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan på befintlig E4 vid lm 14/500–14/680.

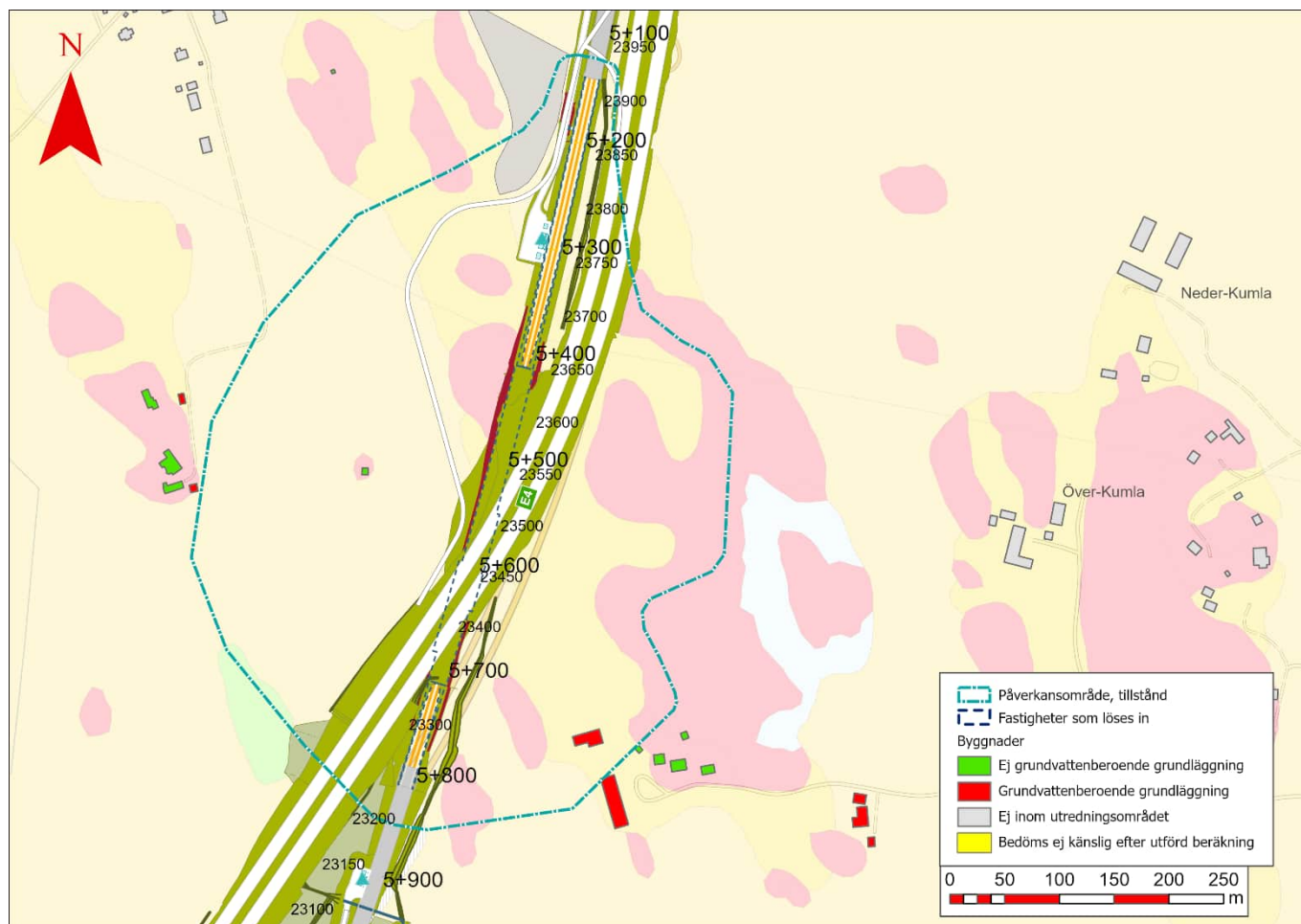
Km E4	Km Järnväg	Grundläggning	Avsänkning storlek	Ler-mäktighet	Sättning storlek (cm)						Sättningskrav
					Utan kryp			Med kryp			
					2 år	10 år	40 år	2 år	10 år	40 år	
14/560	3+810	Möjligtvis vertikaldränering med sanddräner.	0,5 m	12 m	1	2	2	1	2	2	30 cm
			1 m		2	3	3	2	3	3	
			2 m		4	5	5	4	6	8	
			3 m		7	9	9	7	11	15	
14/620	3+875	Ingen info. Lera finns kvar under vägen.	0,5 m	8 m	<1	1	1	-	-	-	15 cm
			1 m		1	1	1	-	-	-	
			2 m		2	2	2	3	3	3	

Den bedömda grundvattensänkningen för delsträcka lm 14/500–14/610 ligger mellan 0 och 2 meter. Beräknad sättning med krypning vid 2 m sänkning efter 900 år är 12 cm, vilket betyder att sättningskravet uppfylls även om eventuella dräner har någon funktion kvar som skulle kunna påverka sättningsförloppet vid en grundvattensänkning.

Den bedömda grundvattensänkningen för delsträcka lm 14/610–14/680 ligger mellan 0 och 0,5 meter.



3.3 Passage E4 Järna, km 5+100–5+900



Figur 3.11. Påverkansområde för grundvattensänkning vid passage E4 Järna.

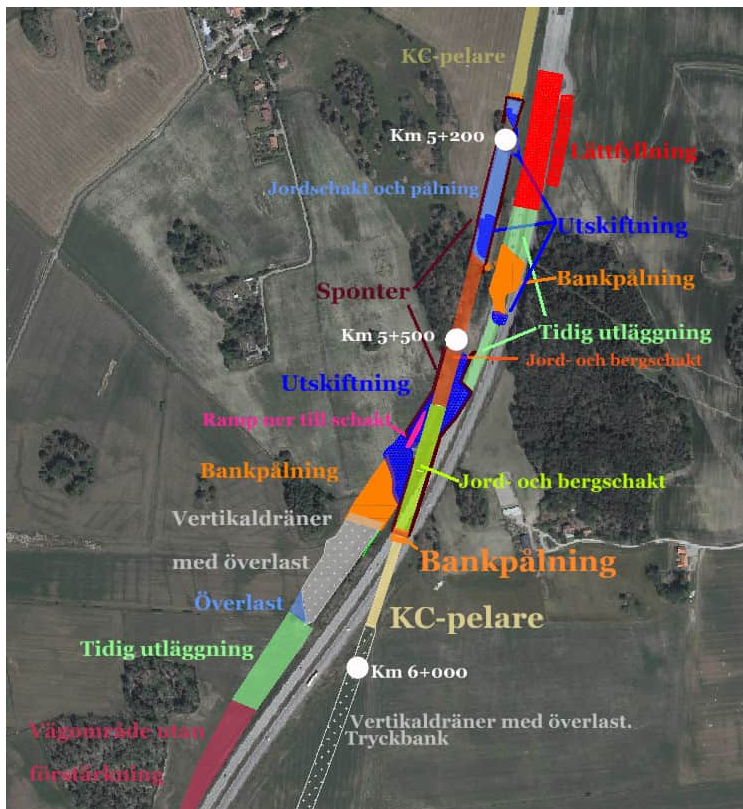
Vid passage E4 Järna läggs E4 om med en ny sträckning som passerar över planerad betongtunnel för Ostlänken. Merparten av ny E4 utförs därför efter att betongtunneln är färdigställd. Under byggtiden för ny E4 utförs en omledning av E4 som utförs som en breddning på befintlig vägs östra sida mellan km 5+010 och 5+510.

Längs sträckan utförs flera olika förstärkningsåtgärder för ny E4, se Figur 3.12. Av förstärkningsåtgärderna som ligger inom påverkansområdet för grundvattensänkning i byggskedet bedöms åtgärderna lättfyllning och vertikal dränering med överlast som grundvattenberoende med risk för skadliga sättningar till följd av en grundvattensänkning. För de sträckor med bankpålning bedöms ingen risk för skadliga sättningar kunna uppstå, men sättningar till följd av en grundvattensänkning kan medföra påhängslaster som ska tas i beaktande vid kommande detaljprojektering. För resterande sträckor utförs tidig utläggning ovan små mäktigheter av sättningsbenägen jord alternativt utskiftning och bedöms därför ej grundvattenberoende.

För att avgöra ifall skadliga sättningar kan uppkomma på ny E4 har en känslighetsanalys utförts vid 2 beräkningssektioner (km 5+230 och 5+800) för grundvattensänkningar mellan 0,5 och 2 eller 0,5 och 3 m.

Vid km 5+230 utförs en höjning av befintlig väg och förstärkning utförs med lättfyllning. Utan åtgärder bedöms grundvattenavsänkningen i byggskedet till 0,5 m på väster sida om E4 och mindre än 0,3 m på öster sida om E4. I sektionen går befintlig väg på ca 2,5 m hög bank i jämförelse med omkringliggande markyta. I utförd sättningsberäkning har hänsyn till konsolidering av jorden under befintlig bank tagits genom att först beräkna sättningar under en lång tid (50 år) tills en nära 100 procentig konsolideringsgrad uppnåtts. Därefter har sättningar med avseende på olika avsänkningar av grundvattnet beräknats.

Efter km 5+800 övergår ny E4 från förstärkning med bankpålning till förstärkning med vertikaldränering och överlast. Vertikaldräneringen sker med 6 m bank och 2 m överhöjning. I utförd känslighetsanalys har konsolidering av leran under banken tagits hänsyn till genom att sättningar till följd spänningsökningen av banken och överhöjningen först har beräknats under en lång tid (100 år) tills att en nära 100 procentig konsolideringsgrad uppnåtts. Därefter har sättningar till följd av olika grundvattensänkningar beräknats. Det verkliga sättningsförloppet med avseende på överlasten kommer att gå betydligt snabbare på grund av vertikaldräneringen. Utan åtgärder bedöms grundvattensänknings i byggskedet till 0,8 m på väster sida om E4 och 0,6 m på öster sida om E4.



Figur 3.12. Ny E4 och järnväg inklusive projekterad förstärkning vid trafikplats Järna.

Som indata till utförda sättningsberäkningar har resultat från utförda CRS-försök enligt Tabell 37 samt Figur 3.13 och Figur 3.14 används. Undersökningsspunkt 05G2014 och 05G2016 är utförda i kanten av befintlig bank under E4. I aktuella sektioner där punkterna är utförda går banken i nivå med omkringliggande marknivå.

Tabell 37. Indata till sättningsberäkningar under befintlig E4 vid km 5+230 och 5+800.

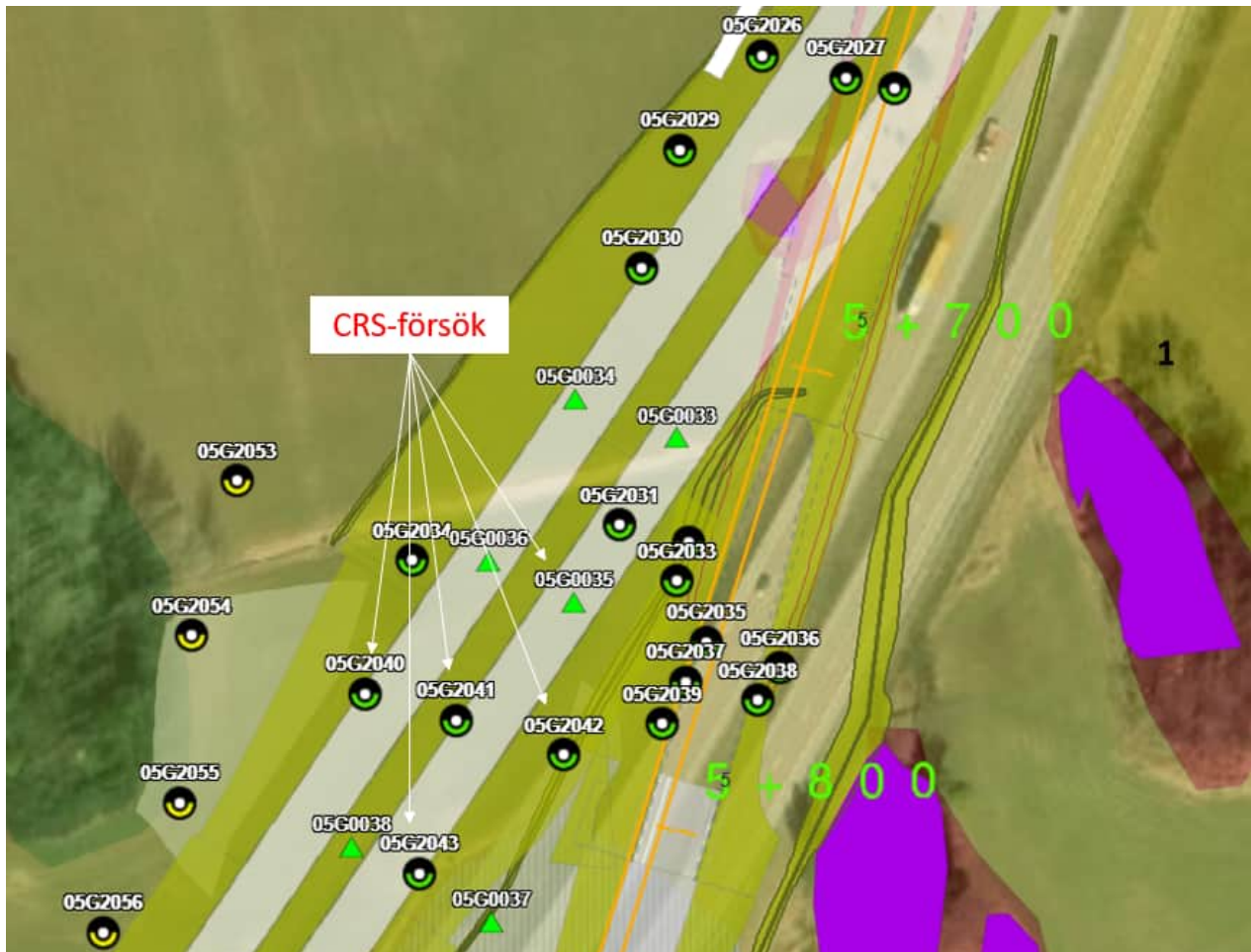
LM	CRS-försök	Lermäktighet (inkl. torrskorpa)	Torrskorpa	Bankhöjd	GV	MY	Hur mycket tål vägen? Sättningskrav för nybyggd väg
5+230	05G2014 05G2016 05G2020	5 m	1,5 m	2,5 m	Dim. Medelnivå +11,1 Valt djup: 1 m	Ca +12	Avstånd till friktionsjorden: 30 m Sättningskrav i längdled: 13 cm Totalsättningskrav: 30 cm



LM	CRS-försök	Lermäktighet (inkl. torrskorpa)	Torrskorpa	Bankhöjd	GV	MY	Hur mycket tål vägen? Sättningskrav för nybyggd väg
5+800	05G0035 05G2040 05G2041 05G2042 05G2043	8 m	2 m	6 m + 2 m överhöjning	Dim. Medelnivå +21,1 Valt djup: 2,5 m	Ca +23,5	Vid övergång mellan bankpålning/vertikaldränering med överlast - Sättningskrav i längdled: < 2 cm Totalsättningskrav: 30 cm



Figur 3.13. Utförda undersökningar och använda CRS-försök för beräkning vid km 5+200 – 5+450.



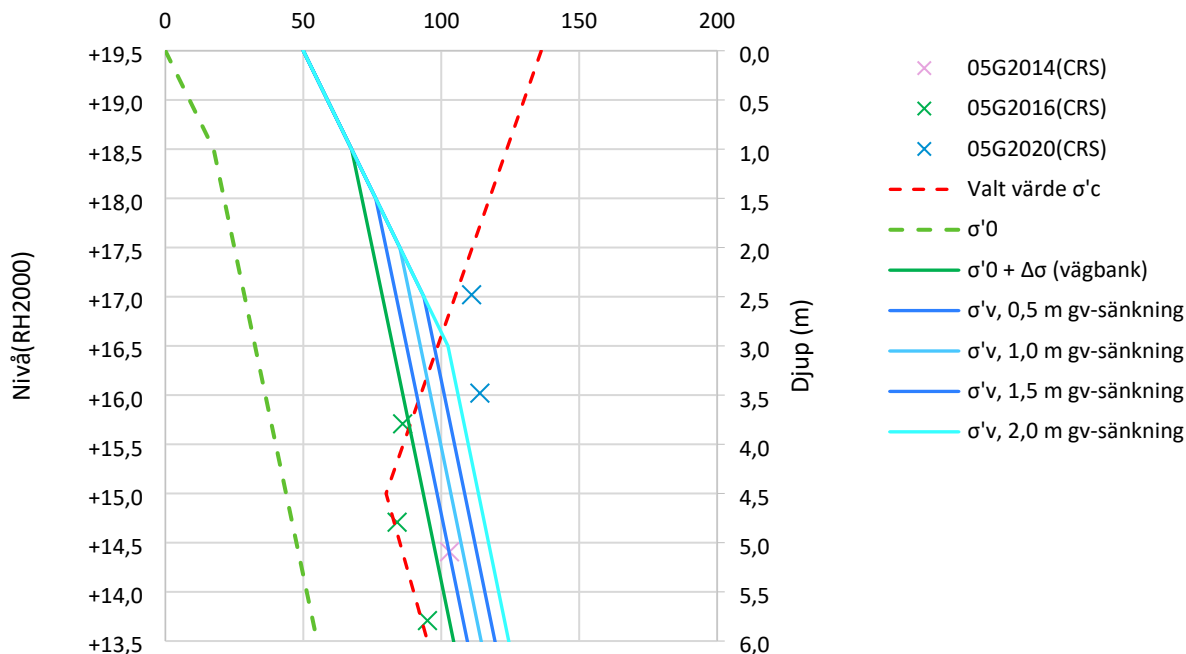
Figur 3.14. Utförda undersökningar och använda CRS-försök för beräkning vid km 5+800.

Antagna materialparametrar för utförda sättningsberäkningar med och utan krypdeformationer vid km 5+230 framgår av Tabell 38 och Tabell 39.

Tabell 38. Indata till sättningsberäkningar vid km 5+230.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Torrskorpelera	0	17,5	50	12500	750	18	136	140	1,0E-08	0,3154	3,8
	1,5	17,5	50	12500	750	18	118	140	1,0E-08	0,3154	3,8
Lera	1,5	17,5	20	5000	750	18	118	140	5,0E-10	0,0158	3,8
	2,5	17,5	20	5000	750	18	105	140	5,0E-10	0,0158	3,8
	3,5	17,5	20	5000	750	18	93	137	5,0E-10	0,0158	3,8
	4,5	17,5	20	5000	600	15	80	120	5,0E-10	0,0158	3,8
	5	17,5	20	5000	525	15	85	125	5,0E-10	0,0158	3,8

* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastisk lera.

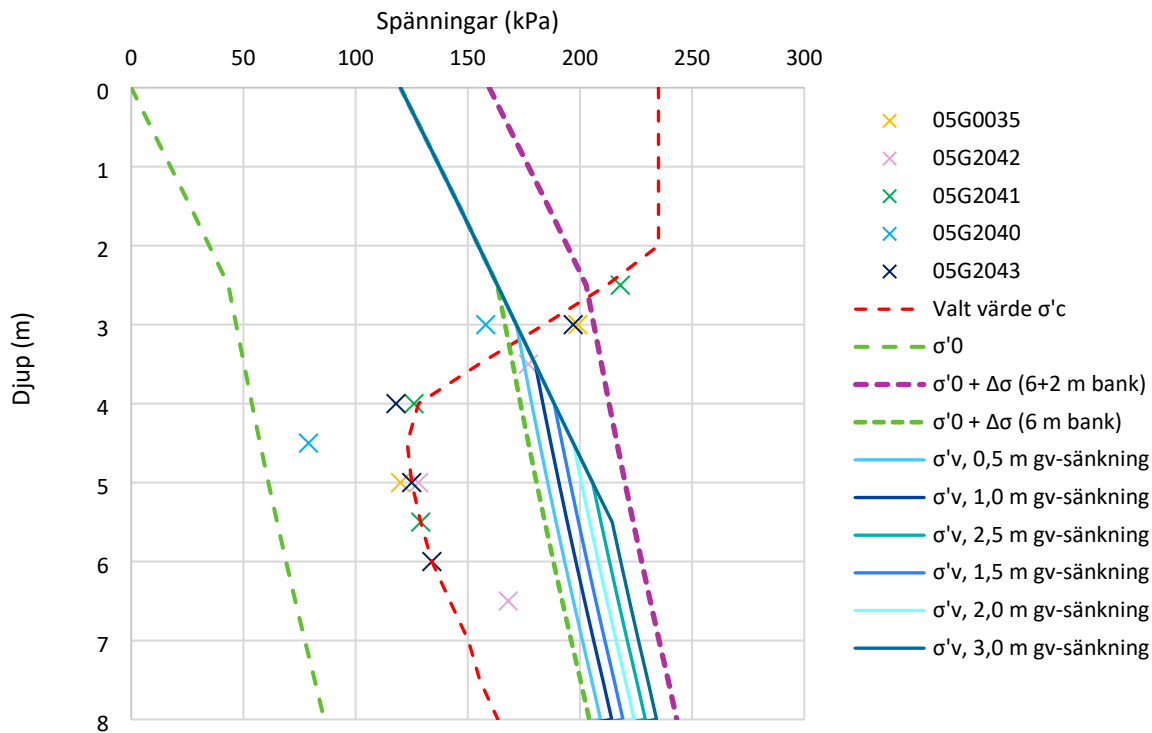


Figur 3.15 Spänningar under olika faser vid km 5+230, CRS-försök sammanställda efter nivå vid km 5+370 – 5+420, spänningar sammanställda efter motsvarande djup vid aktuell beräkningssektion.

Tabell 39. Indata till sättningsberäkningar med krypning vid km 5+230.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_0 [-]	b_1 [-]	r_0 [-]	r_1 [-]
Lera	2,5	17,5	60	3,65	0,27	1,1	12 684 – 4 967	164,5
	3,5	17,5	60	2,55	0,39	1,1	2 780 – 1 934	164,5
	4,5	17,5	60	1,83	0,55	1,1	1 548	164,5
	5,0	17,5	60	1,79	0,56	1,1	1 518	164,5

Antagna materialparametrar för utförda sättningsberäkningar med och utan krypning vid km 5+800 framgår av Tabell 40. Krypning har inte beaktats då effektivspänningarna till följd av grundvattensänkningen kommer att ligga under det förkonsolideringstryck som uppnåtts till följd av konsolideringen av lasten för vägbank och överlast.



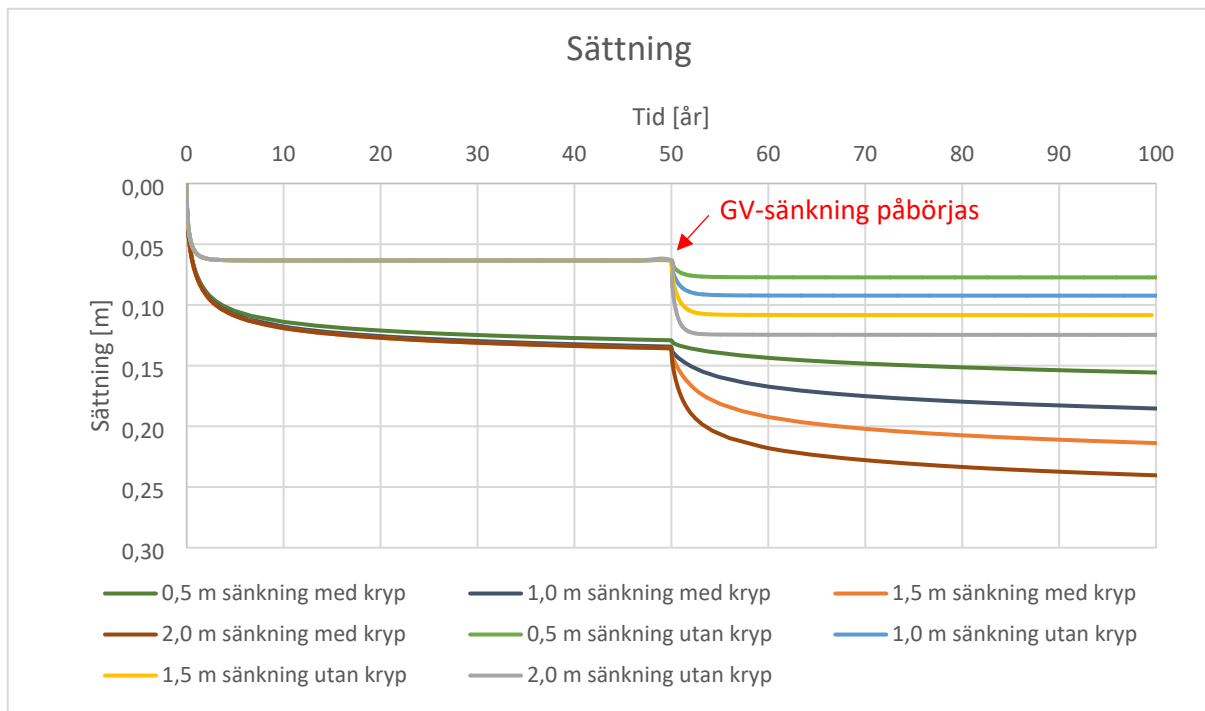
Figur 3.16 Spänningar under olika faser vid km 5+800.

Tabell 40. Indata till sättningsberäkningar vid km 5+800.

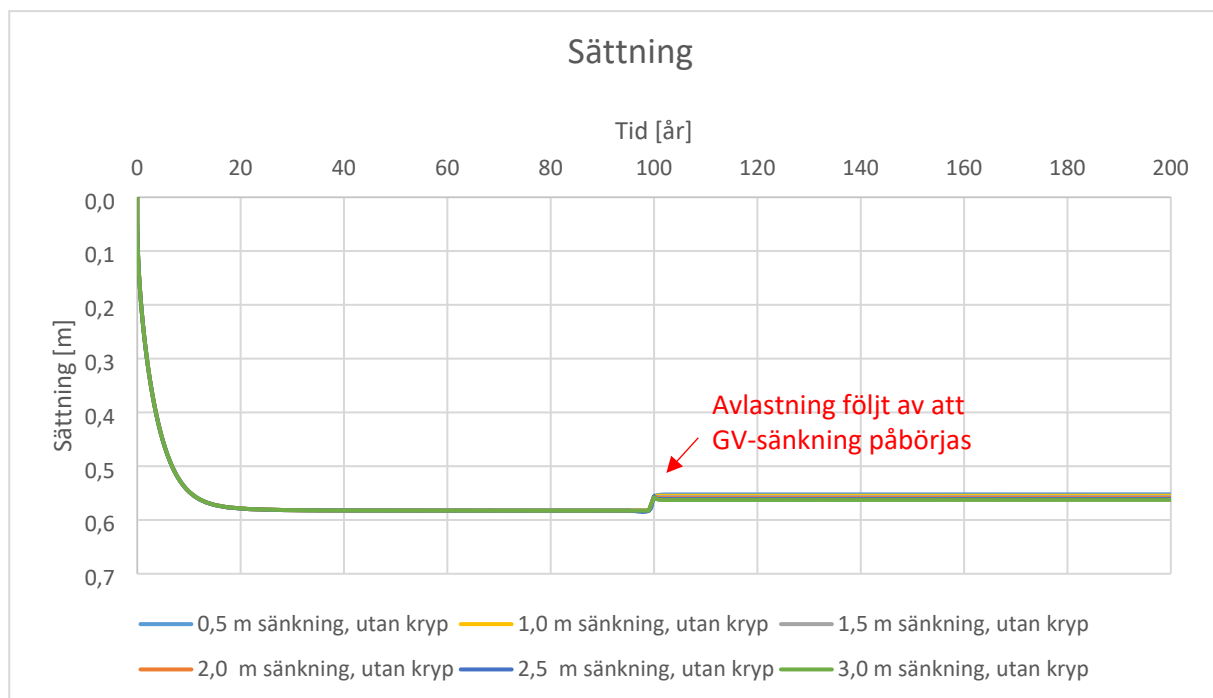
	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Torrskorpelera	0	17,5	44	11 000	2 800	11	235	420	1E-10	0,3154	3,8
	2	17,5	44	11 000	2 800	11	235	420	1E-10	0,3154	3,8
Lera	2	17,0	44	11 000	2 800	11	235	420	2,5E-10	0,0079	3,8
	4	17,5	22	5 500	700	13,4	128	170	3,7E-10	0,0117	3,8
	4	17,9	22	5 500	700	13,4	128	170	3,7E-10	0,0117	3,8
	6	17,9	22	5 500	700	15,8	134	170	4,9E-10	0,0155	3,8
	8	17,9	22	5 500	700	16	163	170	4,9E-10	0,0155	3,8

* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik lera.

Beräknade sättningar för olika stora grundvattensänkningar redovisas i Figur 3.17 och Figur 3.18.



Figur 3.17 Beräknade sättningar vid km 5+230 för 0,5 till 2 m sänkning av grundvatten – Med och utan krypning.



Figur 3.18 Beräknade sättningar vid km 5+800 för 0,5 till 3 m sänkning av grundvatten – Med och utan krypdeformationer.

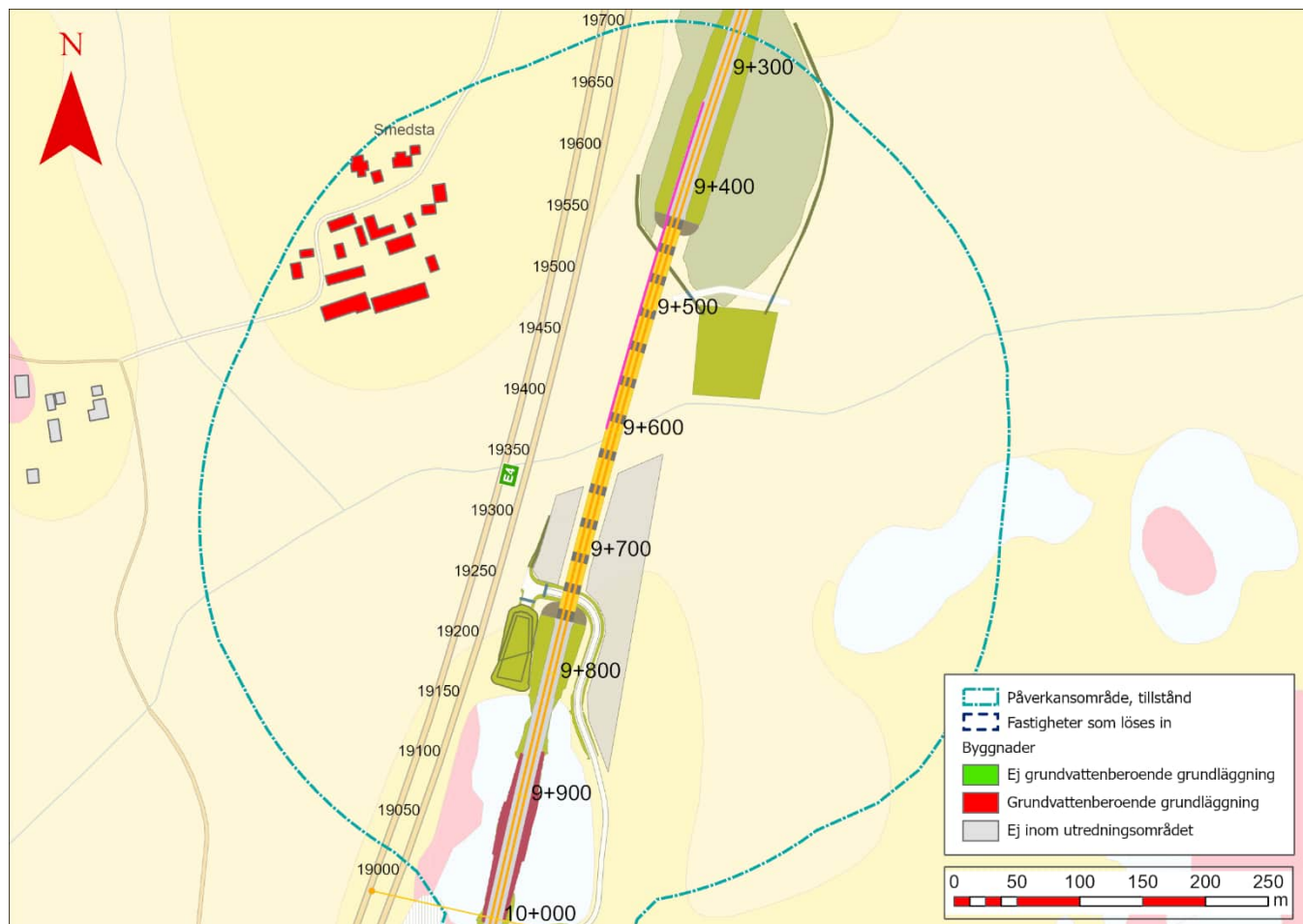
Beräknade sättningar med och utan krypning efter 2 respektive 10 år för varierande grundvattensänkningar framgår av Tabell 41 tillsammans med projekterad förstärkningsåtgärd samt sättningskrav.



Tabell 41. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan på ny E4 vid km 5+230 och 5+800.

Km Järnväg	Grundläggning	Avsänkingsstorlek	Lermäktighet	Sättningsstorlek (cm)				Sättningskrav
				Utan kryp		Med kryp		
				2 år	10 år	2 år	10 år	
5+230	Lättfyllning	0,5 m	5,5 m	1	1	1	1	13 cm
		1 m		3	3	2	3	
		1,5 m		4	4	3	6	
		2 m		6	6	5	8	
5+800	Vertikaldräner med överlast	0 – 3	8 m	< 1	< 1	-	-	< 2 cm

3.4 Skillebyån, km 9+300–10+000



Figur 3.19. E4 vid Skillebyån.

E4 kan påverkas av en tillfällig grundvattensänkning under tiden schaktning för brostöd pågår om ingen skyddsåtgärd vidtas.



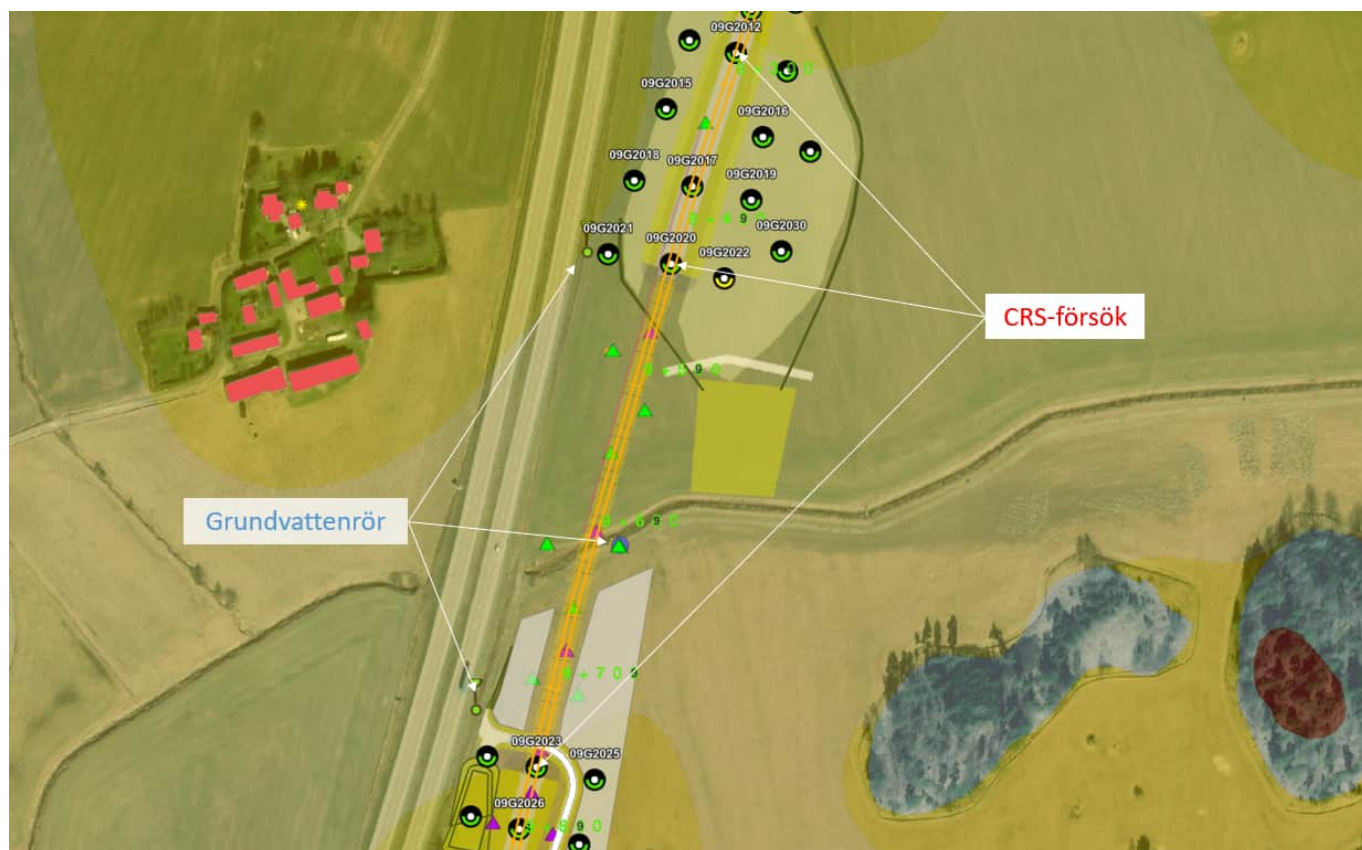
En känslighetsanalys har utförts för E4 för att veta för vilken grundvattensänkning det skulle uppkomma skadliga sättningar. Lättfyllning verkar ha använts på en liten delsträcka enligt de gamla handlingarna men det kvarstår osäkerheter kring vilken sträcka och i vilken omfattning.

Sättningar har beräknats vid ån där bankhöjden är den största (sektion lm 19/350) med och utan lättfyllning i vägbanken. Fältinventeringen 2018 visar att sättningar har uppkommit i E4 vid vald beräkningssektion. Sättningar har beräknats för oförstärkt jord, som funktion av den effektiva vertikala spänningsökningen i jorden.

Nedan redovisas sättningsberäkningar under befintlig E4 vid km 9+300–9+800 och med indata enligt Tabell 42–Tabell 44.

Tabell 42. Indata till sättningsberäkningar under befintlig E4 vid km 9+300–9+800.

KM	CRS-försök	Lermäktighet inkl. torrskorpa	Torrskorpa	Fyllning	GV	MY	Hur mycket tål vägen? Sättningskrav för nybyggd väg
9+300–9+800	09G2012 09G2020 09G2023	Beräknat sättning för 13 m	1 m	-	+24	+24	Avstånd till friktionsjord: 70 m Sättningskrav i längdled: 30 cm Totalsättningskrav: 30 cm



Figur 3.20. Utförda (gröna cirklar och trianglar) undersökningar vid km 9+300–9+800.

Tabell 43. Indata till sättningsberäkningar vid km 9+300–9+800– lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Torrskorpa	0	17,5	25	6250	1125	14	120	193	1,0E-08	0,315	3,7
	1	17,5	25	6250	1125	14	120	193	1,0E-08	0,315	3,7
Lera 1	1	15,9	14	3500	673	14	90	145	4,7E-10	0,0150	3,7
	3	15,9	14	3500	370	14	60	105	4,7E-10	0,0150	3,7
Lera 2	3	15,9	14	3500	370	16,5	60	105	4,7E-10	0,0150	3,7
	5	16,5	14	3500	370	16,5	60	105	4,7E-10	0,0150	3,7
Lera 3	5	16,5	14	3500	370	16,5	60	105	4,7E-10	0,0150	3,7
	13	18,8	14	3500	370	16,5	124	120	4,7E-10	0,0150	3,7

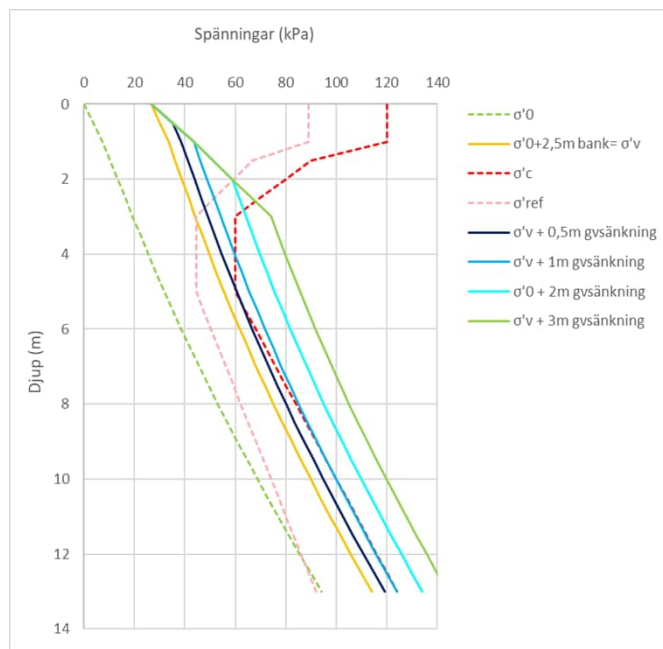
* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.

CRS-försök för utvärdering av beräkningsparametrarna har utförts på prover som har tagits i åkermarken ca 60 m från E4. Enligt dessa laboratorieförsök är leran överkonsoliderad. E4 går på ca 2,5 m bank vid sektion 19/350.

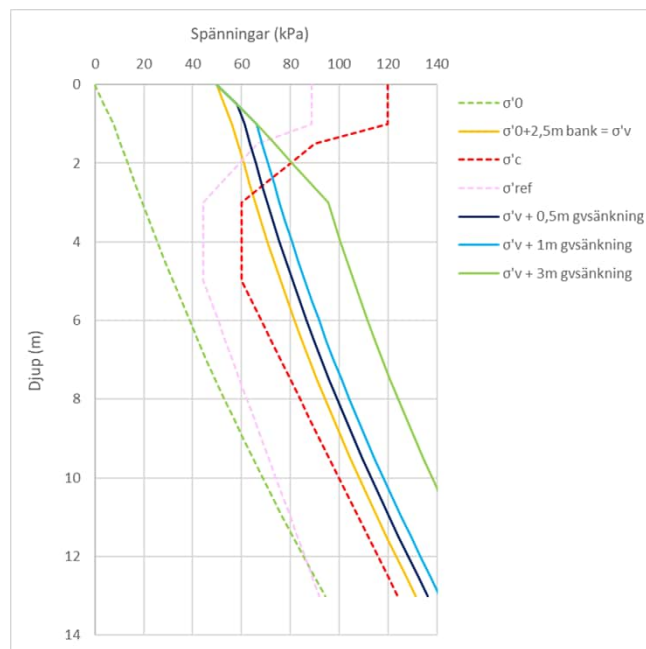
Sättningar beräknas först för spänningsökningen i jorden från den befintliga vägbanken under de första 40 till 50 åren utan och med lättfyllning i banken. Beräkningarna visar att det troligtvis pågår sättningar under E4. Resultaten redovisas i

Tabell 45. Sedan har sättningar beräknats vid en temporär grundvattensänkning på 0,5 till 3 meter. Vattenkvoten antas konservativt vara samma som före bankens anläggning. Resultaten redovisas i Tabell 46.

Effektivspänningen i jorden blir större än σ_{ref} från ca 1-3 m djup med last från banken och vid en grundvattensänkning, vilket betyder att krypdeformationer kommer att ske i lerlagret om grundvattennivån sänks under E4, se Figur 3.21 och Figur 3.22. Sättningar har därmed beräknats med och utan krypning.



Figur 3.21. Spänningar med lättfyllning i banken som motsvarar den ursprungliga lasten från jorden.

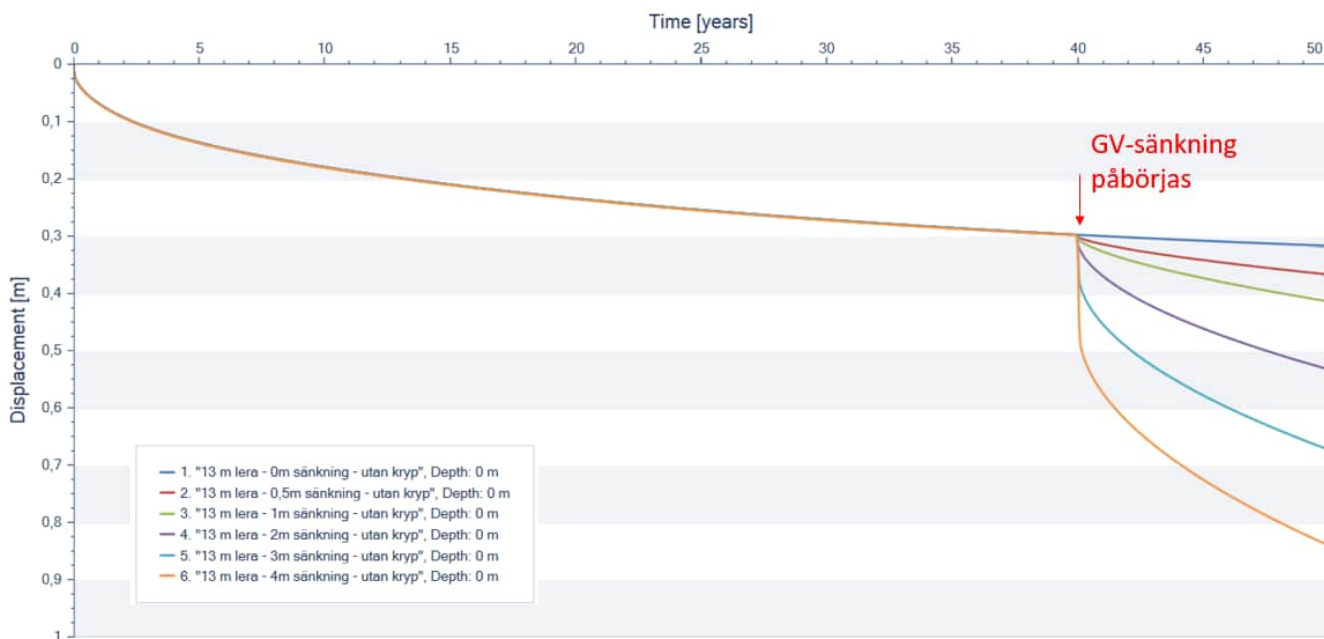


Figur 3.22. Spänningar med 2,5 m bank och ingen lättfyllning.

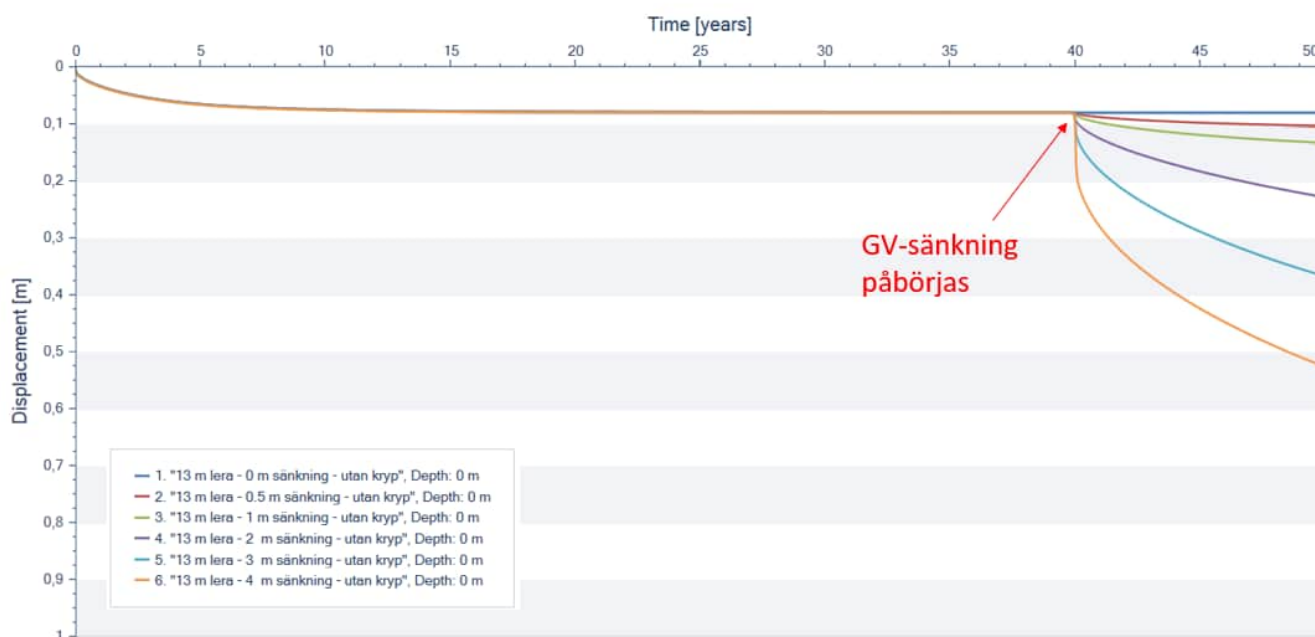
Tabell 44. Indata till sättningsberäkningar med krypning vid km 9+300–9+800 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_0 [-]	b_1 [-]	r_0		r_1 [-]
							$\sigma_\rho + \Delta\sigma < \sigma_\zeta$	$\sigma_\rho + \Delta\sigma > \sigma_\zeta$	
Lera 1	1	15,9	80	2	0,5	1,1	15000	-	110
	3	15,9	80	1	1	1,1	360	-	110
Lera 2	3	15,9	60	1	1	1,1	-	360	160
	5	16,5	60	1	1	1,1	-	420	160
Lera 3	5	16,5	60	1	1	1,1	-	420	160
	13	18,4	60	1	1	1,1	-	420	160

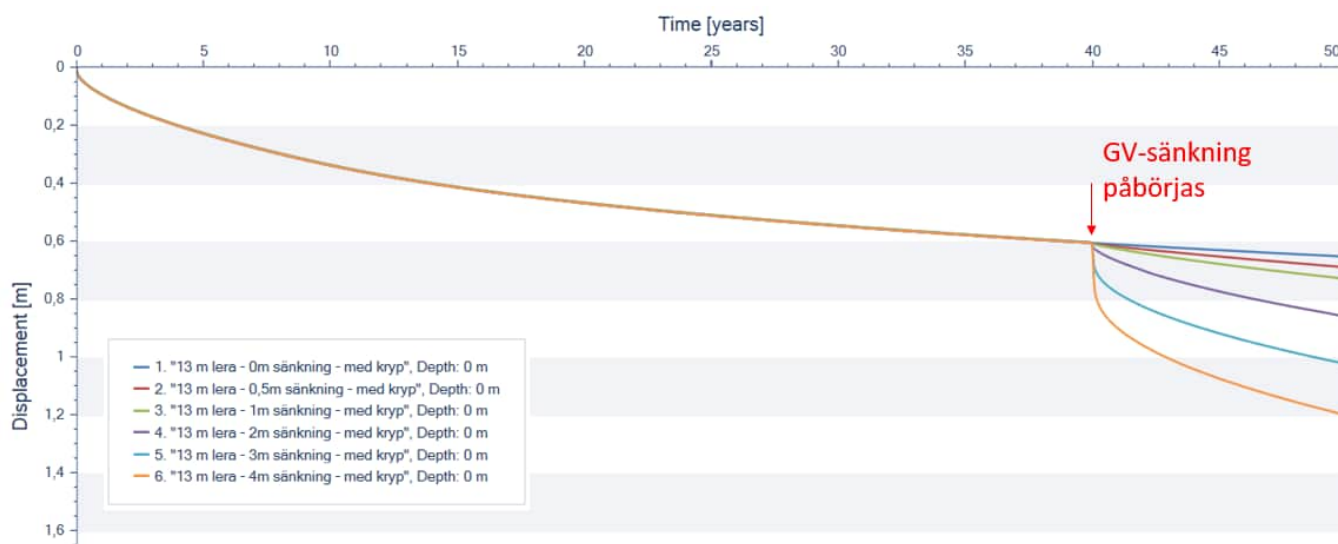
Beräkning av sättningar utförs för att bedöma vid vilken grundvattensänkning det kan uppkomma skadliga sättningar under befintlig E4. Bedömd grundvattensänkning utan skyddsåtgärder är ca 3-4 meter. Beräkningar utförs för 0,5 till 4 m grundvattensänkning och för 13 m lera varav den översta metern består av torrskorpelera. Resultaten framgår av Figur 3.23–Figur 3.26.



Figur 3.23. Beräknade sättningar vid Skillebyån för 0,5 till 4 m grundvattensänkning, 13 m lera, och 2,5 m bank utan lättfyllning – utan krypning.



Figur 3.24. Beräknade sättningar vid Skillebyån för 0,5 till 4 m grundvattensänkning, 13 m lera, och 2,5 m bank varav 1,5 m består av lättfyllning – utan krypning.



Figur 3.25. Beräknade sättningar vid Skillebyån för 0,5 till 4 m grundvattensänkning, 13 m lera, och 2,5 m bank utan lättfyllning – med krypning.



Figur 3.26. Beräknade sättningar vid Skillebyån för 0,5 till 4 m grundvattensänkning, 13 m lera, och 2,5 m bank varav 1,5 m består av lättfyllning – med krypning.

Tabell 45. Grundläggning och pågående sättningar under befintlig E4 vid km 9+300-9+800.

Km E4	Km Järnväg	Grundläggning	Ler-mäktighet	Sättning storlek (cm)				Sättningskrav
				Utan kryp		Med kryp		
				40 år (idag)	50 år	40 år (idag)	50 år	
19/100 - 19/650 2,5 m bank	9+300 - 9+800	Inga åtgärder Lera finns kvar under vägen. Inventerade sättningar finns vid ån.	13 m	30	32	61	65	30 cm
19/100 - 19/650 2,5 m bank varav 1,5 m består av lättfyllning	9+300 - 9+800	Inga åtgärder Lera finns kvar under vägen. Inventerade sättningar finns vid ån.	13 m	8	8	16	16	30 cm



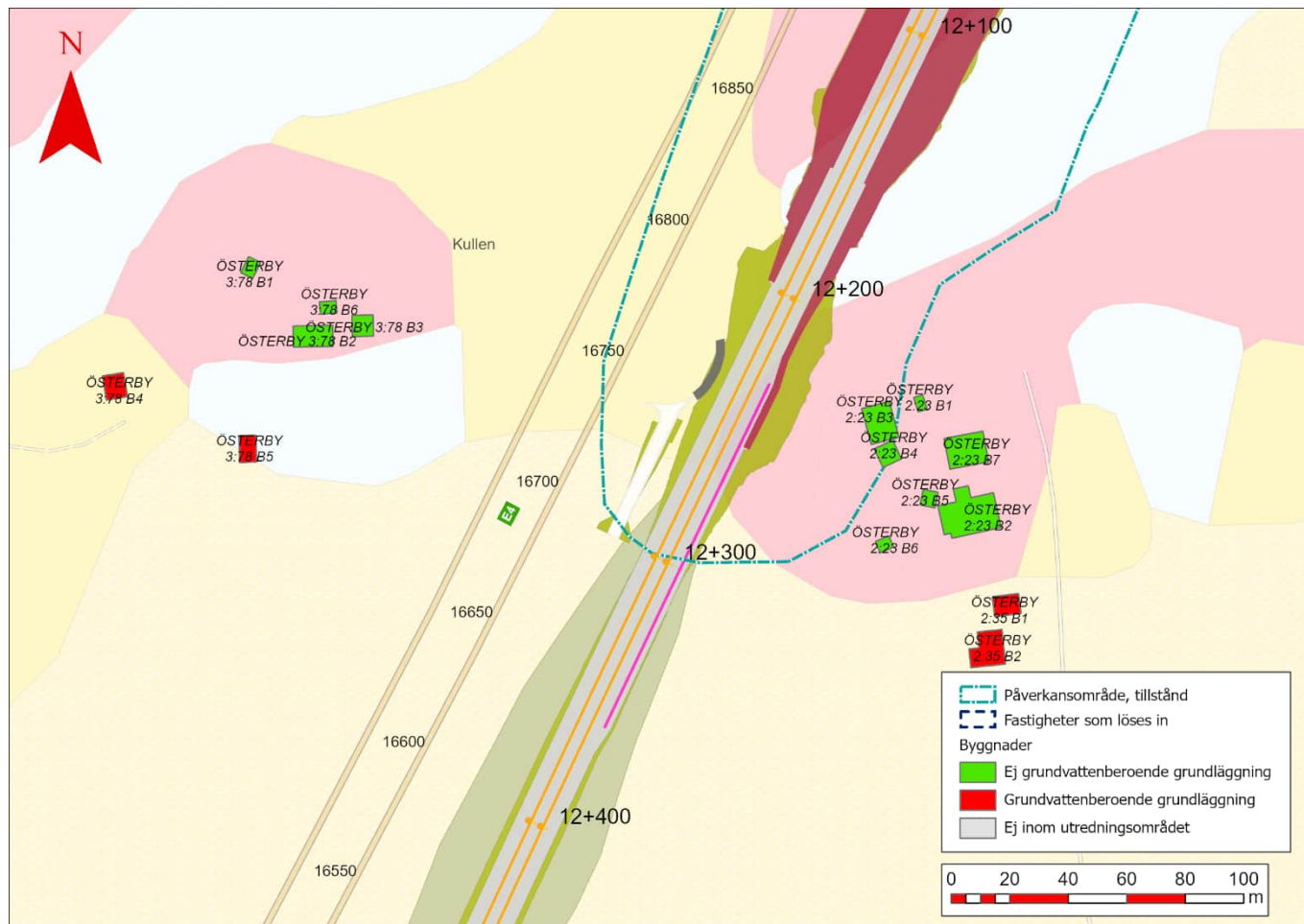
Tabell 46. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan på befintlig E4 vid km 9+300-9+800 (exklusive tidigare och pågående sättningar).

Km E4	Km Järnväg	Grundläggning	Avsänkning storlek	Ler-mäktighet	Sättning storlek (cm)				Sättnings-krav
					Utan kryp		Med kryp		
					2 år	10 år	2 år	10 år	
19/100 - 19/650 2,5 m bank	9+300 - 9+800	Inga åtgärder Lera finns kvar under vägen. Inventerade sättningar finns vid ån.	0,5 m	13 m	2	5	2	4	30 cm (Troligtvis överskrider sättningskravet med tidigare och pågående sättningar redan)
			1 m		4	9	3	8	
			2 m		10	21	9	21	
			3 m (bedömd 3-4 m)		20	35	22	35	
			4 m		32	54	35	59	
19/100 - 19/650 2,5 m bank varav 1,5 m består av lättfyllning	9+300 - 9+800	Inga åtgärder Lera finns kvar under vägen. Inventerade sättningar finns vid ån.	0,5 m	13 m	1	2	1	2	30 cm
			1 m		3	5	2	5	
			2 m		6	15	6	15	
			3 m (bedömd 3-4 m)		14	29	15	33	
			4 m		25	45	31	55	

Totalsättning med krypning under E4 från byggnation av banken når ca 0,1 och 0,6 m efter 40 år, beroende på om lättfyllning har använts i banken eller ej. Totalsättningskravet för nybyggd väg är 0,3 m. Vid grundvattensänkningar uppkommer ytterligare sättningar som ökar med storleken på avsänkningarna.

Bedömd avsänkning är 3 till 4 m om inga skyddsåtgärder vidtas. Sättningar från grundvattensänkningen överskrider totalsättningskravet på 0,3 m vid 4 m grundvattensänkning och efter 2 år om pågående sättningar under banken försummas. Totalsättning från byggnation av E4 och efter 2 år vid 3 m sänkning blir ca 0,8 m totalt utan lättfyllning och ca 0,3 m med lättfyllning. Större avsänkningar än 0,5-1 m kan ej tolereras för aktuell delsträcka.

3.5 Vreta, km 12+200–12+300



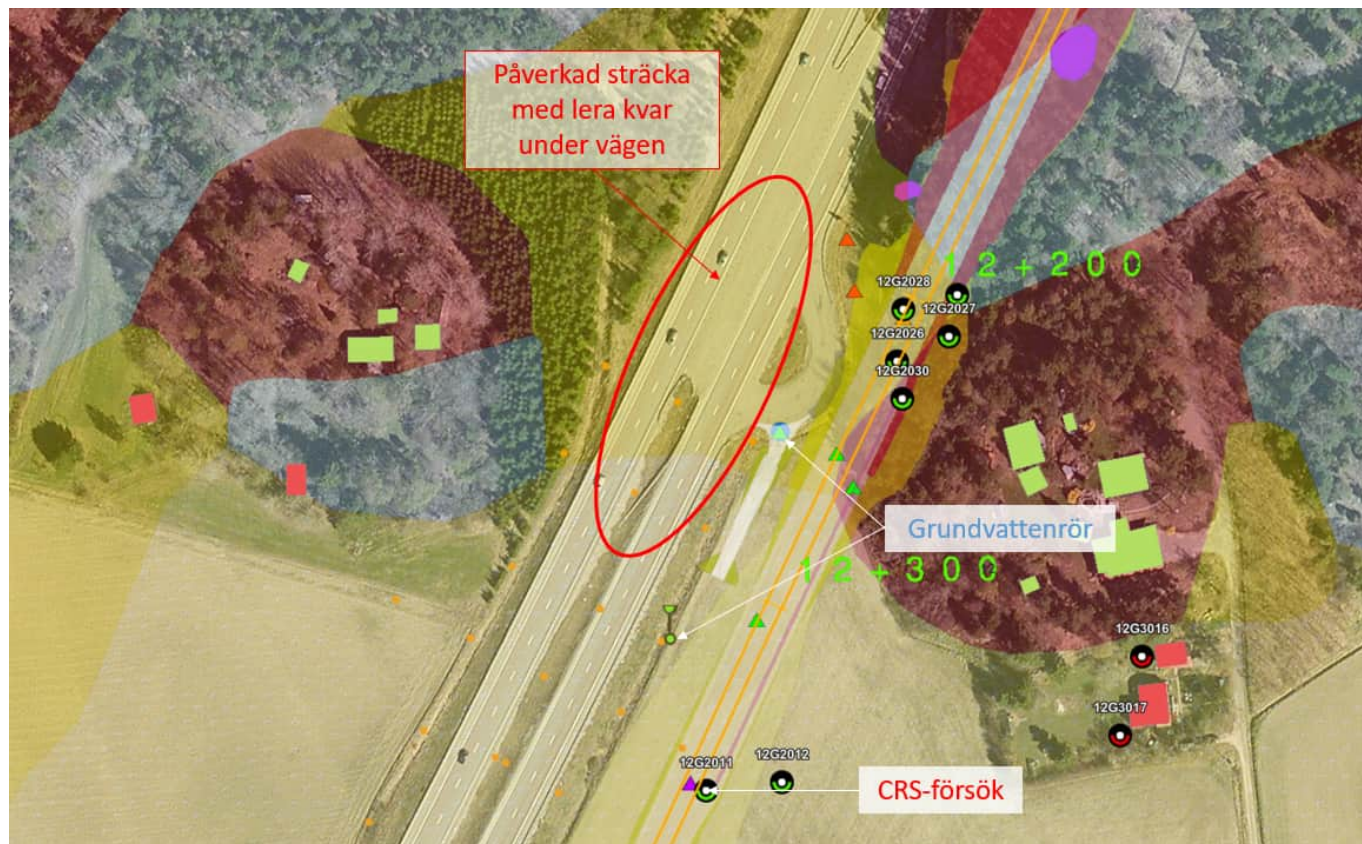
Figur 3.27. E4 vid km 12+200–12+300.

E4 kommer att påverkas av en permanent grundvattensänkning. E4 går från låglänt terräng på ca 2 m bank vid lm 16/600 upp mot bergshöjden på lm 17/000. Inga sättningar eller grundförstärkningsmetoder har inventerats för befintlig E4 för denna sträcka.

Nedan redovisas sättningsberäkningar under befintlig E4 vid km 12+200 (E4 längdmätning 16/800) och vid 12+300 (E4 längdmätning 16/700) och med indata enligt Tabell 47–Tabell 49.

Tabell 47. Indata till sättningsberäkningar under befintlig E4 vid km 12+200–12+300.

KM	CRS-försök	Lermäktighet	Torrskorpa	Fyllning	GV	MY	Hur mycket tål vägen? Sättningskrav för nybyggd väg
12+200	12G2011	Beräknat sättning för 2 m	1 m	-	+26	+26	Avstånd mellan punkter: 100 m Sättningskrav i längdled: 43 cm
12+300	12G2011	Beräknat sättning för 7 m	1 m	2 m	+19	+20	Totalsättningskrav: 30 cm



Figur 3.28. Utförda (gröna cirklar och trianglar) undersökningar vid km 12+200–12+300. Orange prickar redovisar arkiv punkter.

Tabell 48. Indata till sättningsberäkningar vid km 12+200–12+300 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Torrskorpa	0	18,5	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1
	1	18,5	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1
Lera 1 - vCl(fsasi)	1	18	12	3000	250	15	70	80	4,0E-10	0,0125	3,5
	5	16	12	3000	250	15	50	80	4,0E-10	0,0125	3,5
Lera 2 - vCl(sifsa)	5	16	12	3000	250	15	50	80	4,0E-10	0,0125	3,5
	7	16	12	3000	250	15	60	80	4,0E-10	0,0125	3,5

* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.

Tabell 49. Indata till sättningsberäkningar med krypning vid km 12+200–12+300 – lerparametrar.

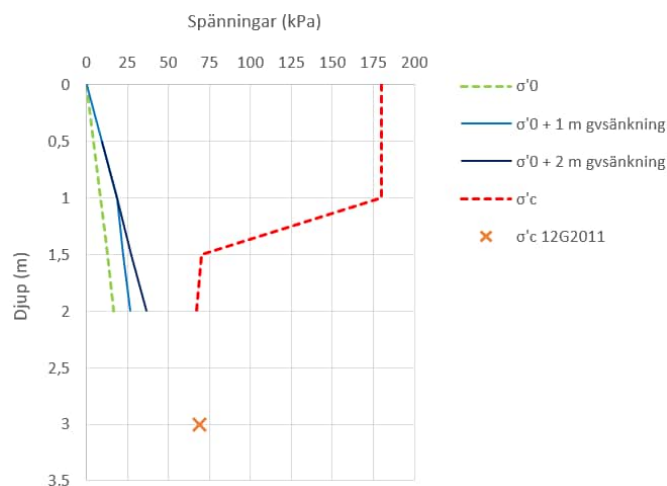
	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_o [-]	b_1 [-]	r_0 $\sigma_\rho + \Delta\sigma > \sigma_c$	r_1 [-]
Lera 1 - vCl(fsasi)	1	18	40	2	0,5	1,1	1880	390
	5	16	75	1	1	1,1	365	115
Lera 2 - vCl(sifsa)	5	16	75	1	1	1,1	365	115
	7	16	80	1	1	1,1	360	110



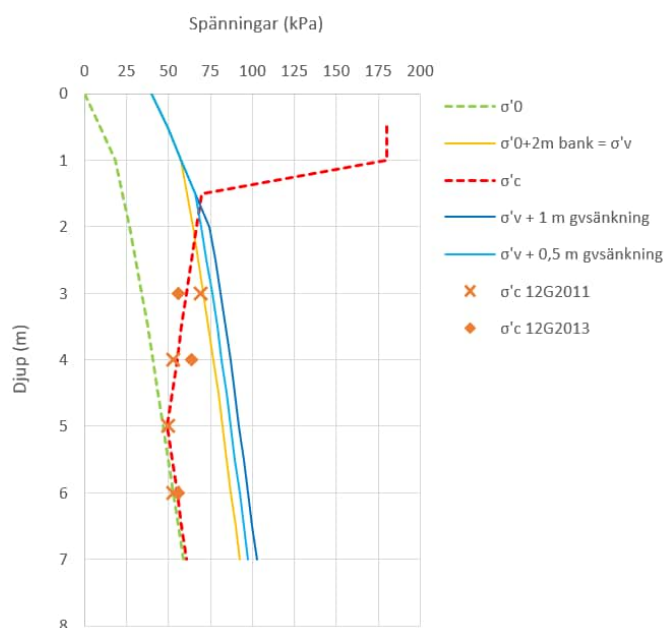
CRS-försök som har använts för bedömning av beräkningsparametrarna kommer från prover som tagits på sidan av E4 i åkermarken. E4 går på upp till 2 m bank vid lm 16/700. Sättningar beräknas först för spänningsökningen i jorden från banken med och utan krypning vid denna sektion, se Figur 3.32. Beräkningarna visar att det troligtvis pågår sättningar under E4. Storleksordningen på sättningarna för de kommande åren redovisas i Tabell 50. Sättningar beräknas sedan för 0,5 till 1 m grundvattensänkning med och utan krypning. Vattenkvoten antas konservativt vara densamma som före bankens anläggning. Spänningsdiagrammet som framgår av Figur 3.30 visar att effektivspänningen i jorden till följd av en grundvattensänkning är större än förkonsolideringstrycket från ca 2 m.

Vid sektion 16/800 är effektivspänningen i jorden efter 1 till 2 meter grundvattensänkning fortfarande lägre än σ_{ref} , vilket betyder att inga krypdeformationer kommer att ske i lerlagret vid dessa avsänkningar, se Figur 3.29. Sättningar från 1 till 2 m grundvattensänkning har således beräknats utan krypning vid denna sektion, se Figur 3.31.

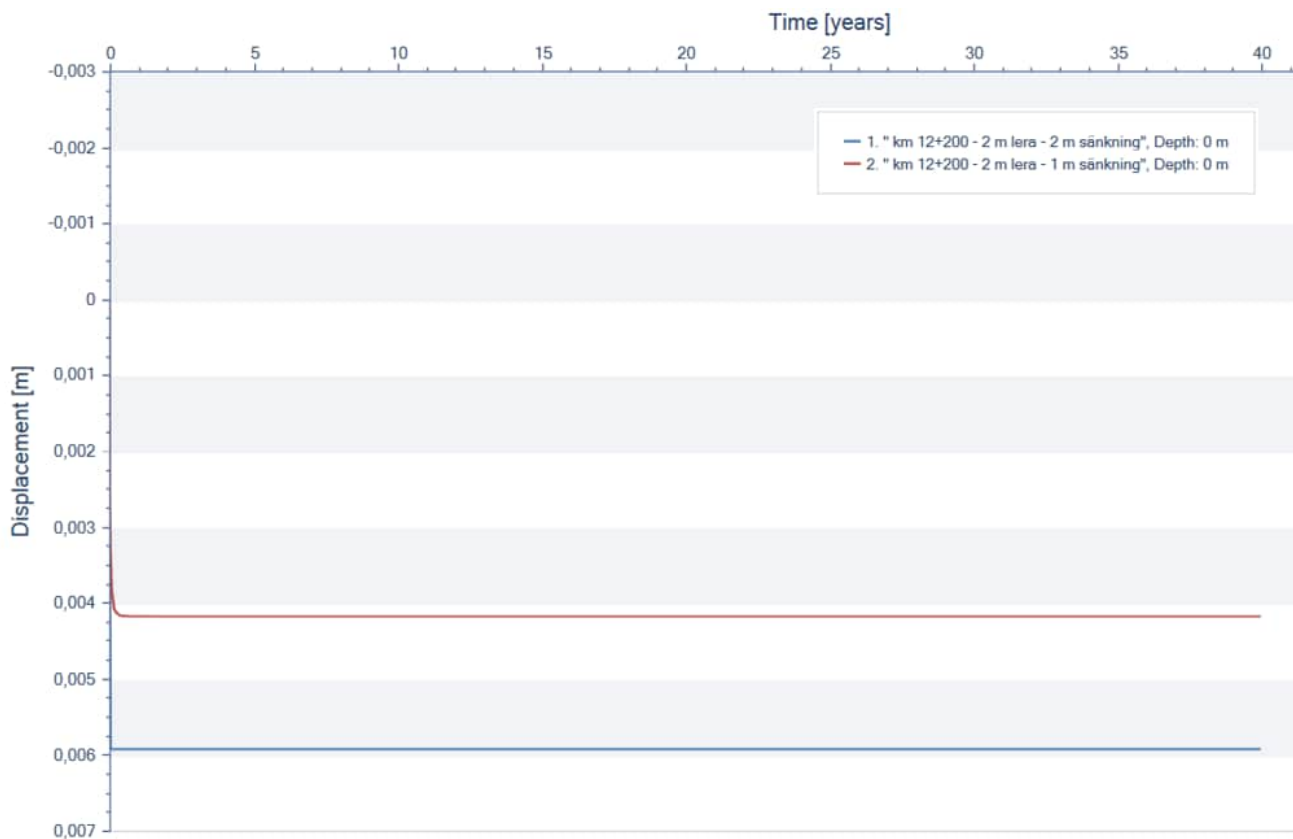
Beräkning av sättningar utförs med syftet att uppskatta om det kan uppkomma skadliga sättningar under befintlig E4 med bedömd grundvattensänkning i området och för att se från vilken grundvattensänkning det kan uppkomma skadliga sättningar. Beräkningar utförs vid km 12+200 och km 12+300 för 2 m respektive 7 m lera och för olika grundvattensänkningar. Beräknade sättningar redovisas i Figur 3.31—Figur 3.32.



Figur 3.29. Spänningar under olika faser vid lm 16/800.



Figur 3.30. Spänningar under olika faser vid lm 16/700.



Figur 3.31. Beräknade sättningar vid km 12+200 för 1 till 2 m grundvattensänkning och 2 m lera – Utan krypning.



Figur 3.32. Beräknade sättningar vid km 12+300 för 0,5 till 1 m grundvattensänkning och 7 m lera – Med och utan krypning.



Tabell 50. Grundläggning och pågående sättningar under befintlig E4 vid km 12+200–12+300.

Km E4	Km Järnväg	Grundläggning	Ler- mäktighet	Sättning storlek (cm)						Sättnings- krav
				Utan kryp			Med kryp			
				40 år (idag)	60 år	80 år	40 år (idag)	60 år	80 år	
16/700 2 m bank	12+300	Ingen åtgärd. Lera finns kvar under vägen.	7 m	47	50	51	65	73	77	30 cm

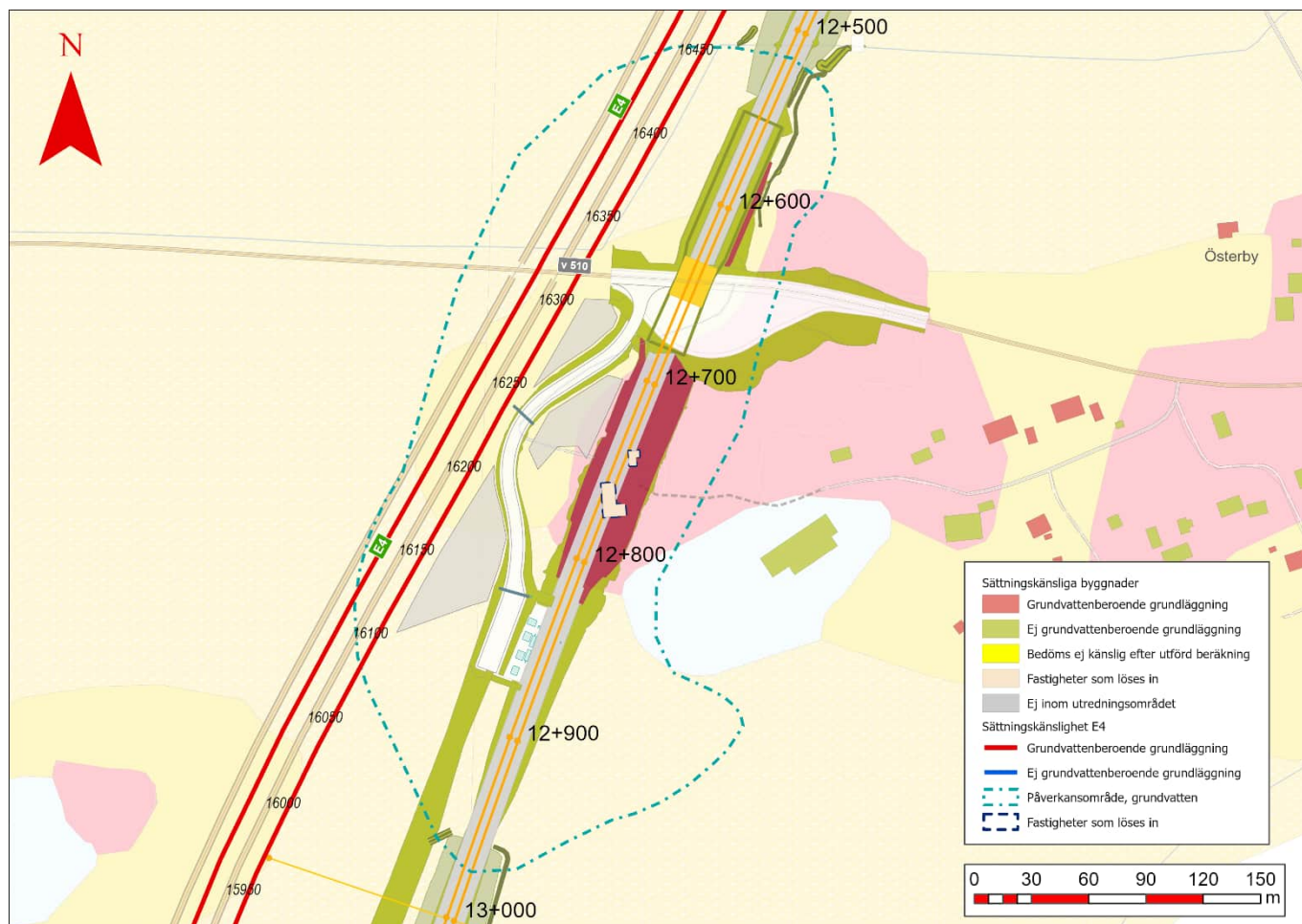
Tabell 51. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan på befintlig E4 vid km 12+200–12+300 (exklusive tidigare och pågående sättningar).

Km E4	Km Järnväg	Grundläggning	Avsänkning storlek	Lermäktighet	Sättning storlek (cm)	
					Utan kryp	Med kryp
					40 år	40 år
16/800	12+200	Ingen åtgärd. Lera kan finnas kvar under vägen.	Bedömt 1 m	2 m	< 1	-
			2 m		< 1	-
16/700	12+300	Ingen åtgärd. Lera finns kvar under vägen.	Bedömt < 0,5 m	7 m	13	21
			1 m		20	29

Totalsättning med krypning för 0,5 m grundvattensänkning under E4 vid 16/700 blir ca 0,3 m om 40 år om man tar hänsyn till pågående sättningar under banken och ca 1 m totalt från byggnation av E4.



3.6 E4 och Väg 510, km 12+500–12+970



Figur 3.33. Km 12+500–12+970.

Spårslinjen går i skärning genom en bergshöjd mellan cirka km 12+500 och 13+000. Mellan ca km 12+680 och 12+820 utgörs skärningen av en bergskärning och norr och söder om denna en jordskärning. E4 ligger i låg profil ungefär 60 m väst om skärningen och kan komma att påverkas av en grundvattensänkning från skärningen i byggskedet. Avsänkningens storlek bestäms under E4 i den mest kritiska sektionen till att bli minimal med realistiskt antaganden för jordens hydrauliska konduktivitet.

En känslighetsanalys har utförts för E4 för att veta om det skulle uppkomma skadliga sättningar vid 0,5–1,5 m grundvattensänkning. Sättningar har beräknats vid 1 sektion för vart och ett av de två körfälten.

Nedan redovisas sättningsberäkningar vid km 12+600 och med indata enligt Tabell 52–Tabell 56.



Tabell 52: Indata till sättningsberäkningar under befintlig E4 vid km 12+600.

Punkt ID	CRS-försök	Lermäktighet	Torrskorpa	Fyllning	GV	MY	Hur mycket tål vägen? Sättningskrav för nybyggd väg
12G2002	4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 17 m	18 m	Ca 1,5 m	Ca 2 m (0,5 m lättfyllning)	+15,1 12G2001G 12G2005G 12G2017G	+16	Totalsättningskrav: 30 cm
12G2003	3, 4, 5, 7, 9, 11, 13 m	15,5 m	Ca 1,5 m	Ca 1 m	+15,9 12G2001G 12G2005G 12G2017G	+16,4	



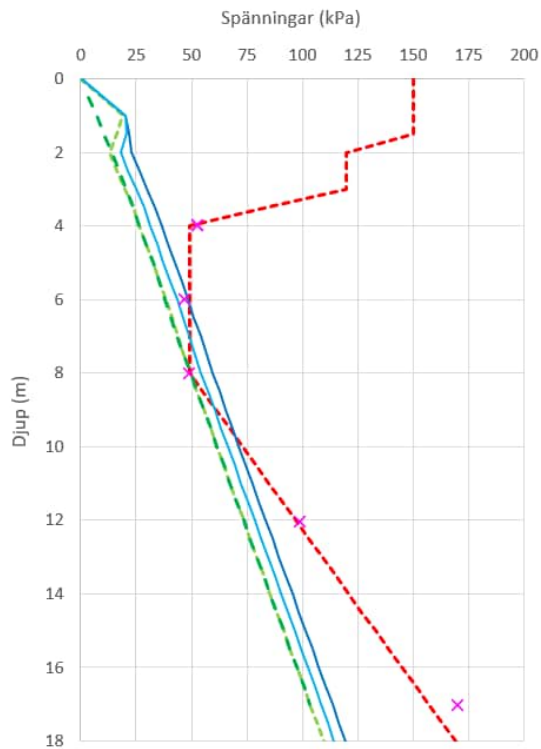
Figur 3.34. Utförda undersökningar (gröna cirklar) vid km 12+600.

Den västra halvan av E4 har byggts upp med lättfyllning och utskiftning för att lasten från banken ska motsvara den ursprungliga lasten från jorden, se spänningsdiagrammet i Figur 3.35.

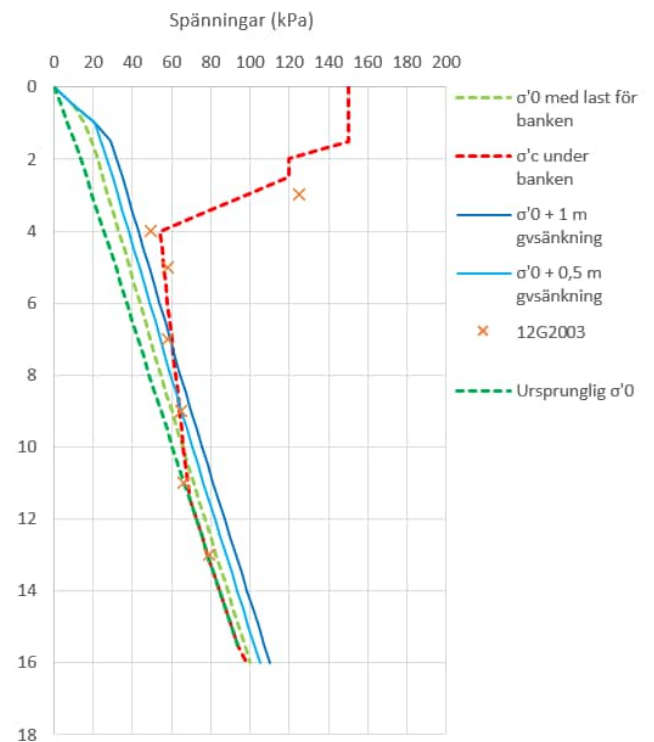
Den östra halvan går på ca 0,5 m bank och har byggts upp utan lättfyllning. Enligt utförda CRS-försök på båda punkter har jorden under det östra körfältet ännu inte konsoliderats för last från banken, se spänningsdiagrammet i Figur 3.36.

Sättningsberäkningar beräknas först för spänningsökningen i jorden från banken för det östra körfältet med och utan krypning, se Figur 3.38. Beräkningarna visar att det troligtvis pågår sättningar under E4. Storleksordningen på sättningarna för de kommande åren redovisas i Tabell 57. Sättningsberäkningar beräknas sedan för 0,5 till 1,5 m grundvattensänkning med och utan krypning. Vattenkvoten antas konservativt vara densamma som före bankens

anläggning. Spänningsdiagrammet som framgår av Figur 3.36 visar att effektivspänningen i jorden till följd av en grundvattensänkning är större än förkonsolideringstrycket från ca 10 meter.



Figur 3.35. Spänningar under olika faser vid lm 16/800.



Figur 3.36. Spänningar under olika faser vid lm 16/700.



Tabell 53. Indata till sättningsberäkningar i punkt 12G2002 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Fyllning	0	12	-	20000	20000	12	150	300	0,1	3153600	1
	2	12	-	20000	20000	12	150	300	0,1	3153600	1
Torrskorpa	2	17	30	7500	7500	12	120	300	1,0E-08	0,315	1
	3,5	17	30	7500	7500	12	120	300	1,0E-08	0,315	1
Lera 1	3,5	16	22	5500	1736	11,8	51	238	5,5E-10	0,0173	3
	5	16	10	2500	370	13,5	51	81	5,5E-10	0,0173	3
Lera 2	5	16	10	2500	370	13,5	51	81	5,5E-10	0,0173	3
	6	16	9	2250	627	15,7	51	98	5,5E-10	0,0173	3
Lera 3	6	15,5	9	2250	627	15,7	51	98	5,5E-10	0,0173	3
	8	15,5	12	3000	370	13,7	51	81	4,7E-9	0,1482	3
Lera 4	8	16	12	3000	370	13,7	51	81	4,7E-9	0,1482	3
	10	16	13	3250	370	13,5	73	81	5,5E-10	0,0173	3
Lera 5	10	16	13	3250	370	13,5	73	81	5,5E-10	0,0173	3
	12	16	16	4000	682	14,2	97	184	5,5E-10	0,0173	3
Lera 6	12	16	16	4000	682	14,2	97	184	5,5E-10	0,0173	3
	14	16	19	4750	450	13,4	121	200	1,3E-10	0,0041	3
Lera 7	14	16	19	4750	450	13,4	121	200	1,3E-10	0,0041	3
	18	16	25	6250	492	13,4	169	224	2,2E-10	0,0069	3

* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.



Tabell 54. Indata till sättningsberäkningar med krypning i punkt 12G2002 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_0 [-]	b_1 [-]	r_0 $\sigma_\rho + \Delta\sigma > \sigma_\zeta$	r_1 [-]
Lera 1	3,5	16	55	2	0,5	1,1	1700	190
	5	16	55	1,5	0,7	1,1	1275	190
Lera 2	5	16	80	1,4	0,7	1,1	1200	110
	6	16	80	1,3	0,75	1,1	930	110
Lera 3	6	15,5	80	1,3	0,75	1,1	930	110
	8	15,5	80	1	1	1,1	360	110
Lera 4	8	16	80	1	1	1,1	360	110
	10	16	80	1,2	0,8	1,1	770	110
Lera 5	10	16	70	1,2	0,8	1,1	800	130
	12	16	70	1,3	0,75	1,1	950	130
Lera 6	12	16	70	1,3	0,75	1,1	950	130
	14	16	70	1,4	0,7	1,1	1100	130
Lera 7	14	16	70	1,4	0,7	1,1	1100	130
	18	16	70	1,5	0,7	1,1	1200	130



Tabell 55. Indata till sättningsberäkningar i punkt 12G2003 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	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
	1,5	17	30	7500	7500	12	120	300	1,0E-08	0,315	1
Lera 1	1,5	17	22	5500	1472	11	120	193	2,1E-10	0,0066	3
	3,5	16	10	2500	545	15	54	92	1,4E-9	0,0442	3
Lera 2	3,5	16	10	2500	545	15	54	92	1,4E-9	0,0442	3
	4,5	16	10	2500	371	14	56	86	8,2E-10	0,0259	3
Lera 3	4,5	16	10	2500	371	14	56	86	8,2E-10	0,0259	3
	6,5	15,5	12	3000	256	13	60	101	6,3E-10	0,0199	3
Lera 4	6,5	15,5	12	3000	256	13	60	101	6,3E-10	0,0199	3
	8,5	16	13	3250	365	15	64	118	5,1E-10	0,0161	3
Lera 5	8,5	16	13	3250	365	15	64	118	5,1E-10	0,0161	3
	10,5	16	14	3500	481	17	69	123	6,8E-10	0,0214	3
Lera 6	10,5	16	14	3500	481	17	69	123	6,8E-10	0,0214	3
	12,5	16	17	4250	549	17	81	132	4,5E-10	0,0142	3
Lera 7	12,5	16	17	4250	549	17	81	132	4,5E-10	0,0142	3
	15,5	16	20	5000	549	17	99	132	4,5E-10	0,0142	3

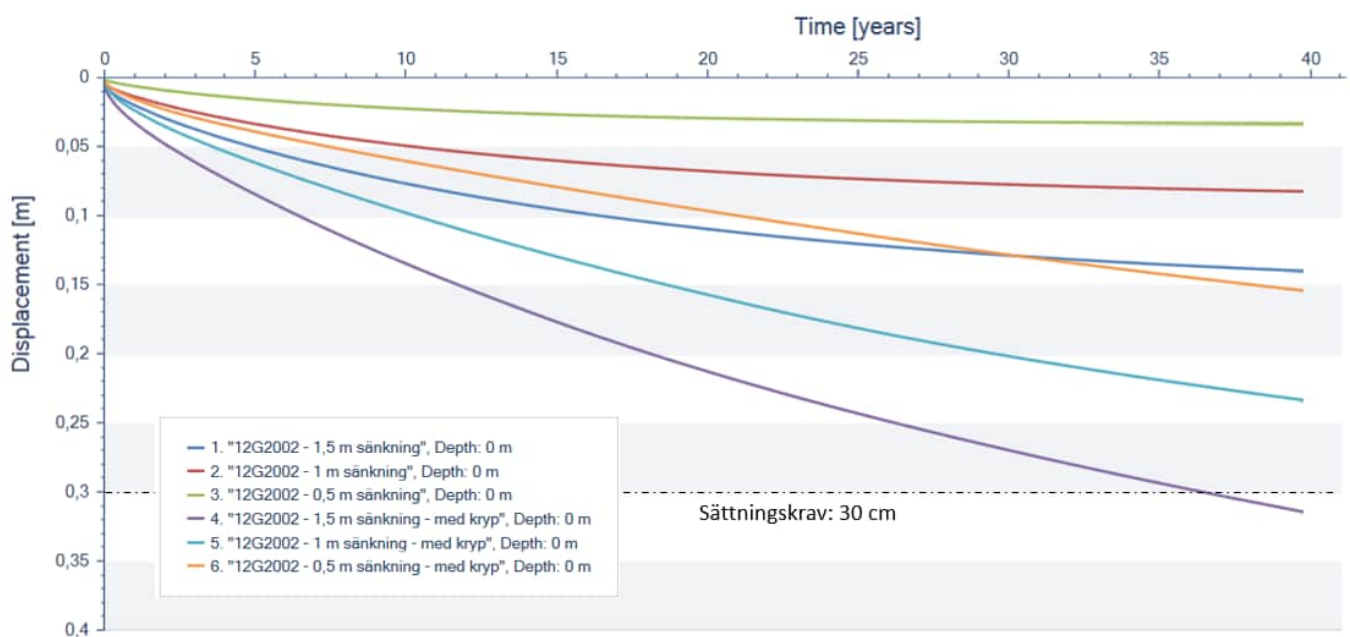
* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.



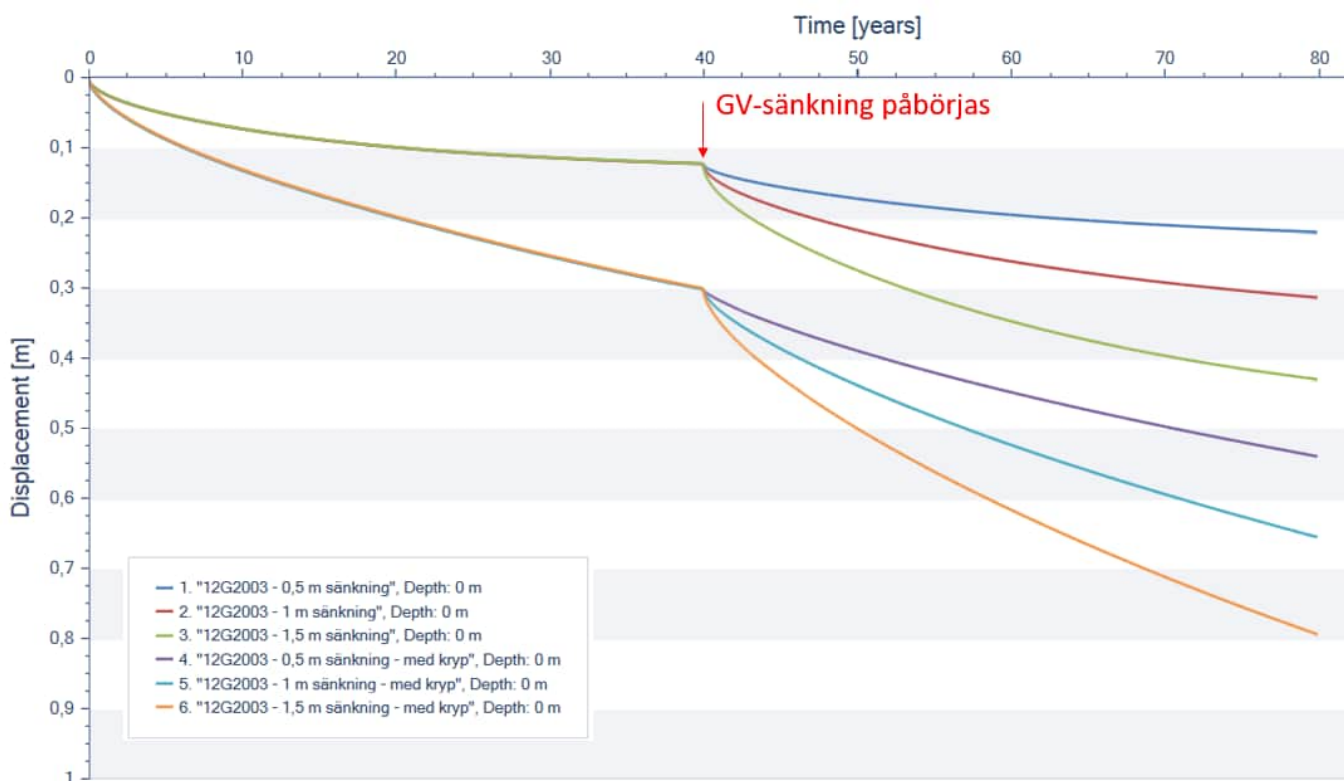
Tabell 56. Indata till sättningsberäkningar med krypning i punkt 12G2003 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_0 [-]	b_1 [-]	r_0 $\sigma_0 + \Delta\sigma > \sigma_c$	r_1 [-]
Lera 2	3,5	16	55	2	0,5	1,1	1700	190
	4,5	16	55	1,7	0,6	1,1	1470	190
Lera 3	4,5	16	80	1,7	0,6	1,1	1400	110
	6,5	15,5	80	1,2	0,8	1,1	780	110
Lera 4	6,5	15,5	80	1,2	0,8	1,1	780	110
	8,5	16	80	1	1	1,1	360	110
Lera 5	8,5	16	70	1	1	1,1	380	130
	10,5	16	70	1	1	1,1	380	130
Lera 6	10,5	16	70	1	1	1,1	380	130
	12,5	16	70	1	1	1,1	380	130
Lera 7	12,5	16	70	1	1	1,1	380	130
	15,5	16	70	1	1	1,1	380	130

Beräkning av sättningar utfördes med syftet att uppskatta om det kan uppkomma skadliga sättningar under befintlig E4 vid km 12+600 på grund av den temporära grundvattensänkningen från skärningen. Beräkningar utförs för punkt 12G2002 och punkt 12G2003 och för 0,5 till 1,5 m grundvattensänkning. Beräknade sättningar redovisas i Figur 3.37 och Figur 3.38.



Figur 3.37. Beräknade sättningar vid punkt 12G2002 för 0,5–1,5 m grundvattensänkning – Med och utan krypning.



Figur 3.38. Beräknade sättningar vid punkt 12G2003 för 0,5–1,5 m grundvattensänkning – Med och utan krypning.

Tabell 57. Grundläggning och pågående sättningar under befintlig E4 vid km 12+600.

Km E4	Km Järnväg	Grundläggning	Ler-mäktighet	Sättning storlek (cm)						Sättningskrav
				Utan kryp			Med kryp			
				40 år (idag)	60 år	80 år	40 år (idag)	60 år	80 år	
16/700 2 m bank	12+300	Ingen åtgärd. Lera finns kvar under vägen.	7 m	12	13	14	27	32	36	30 cm



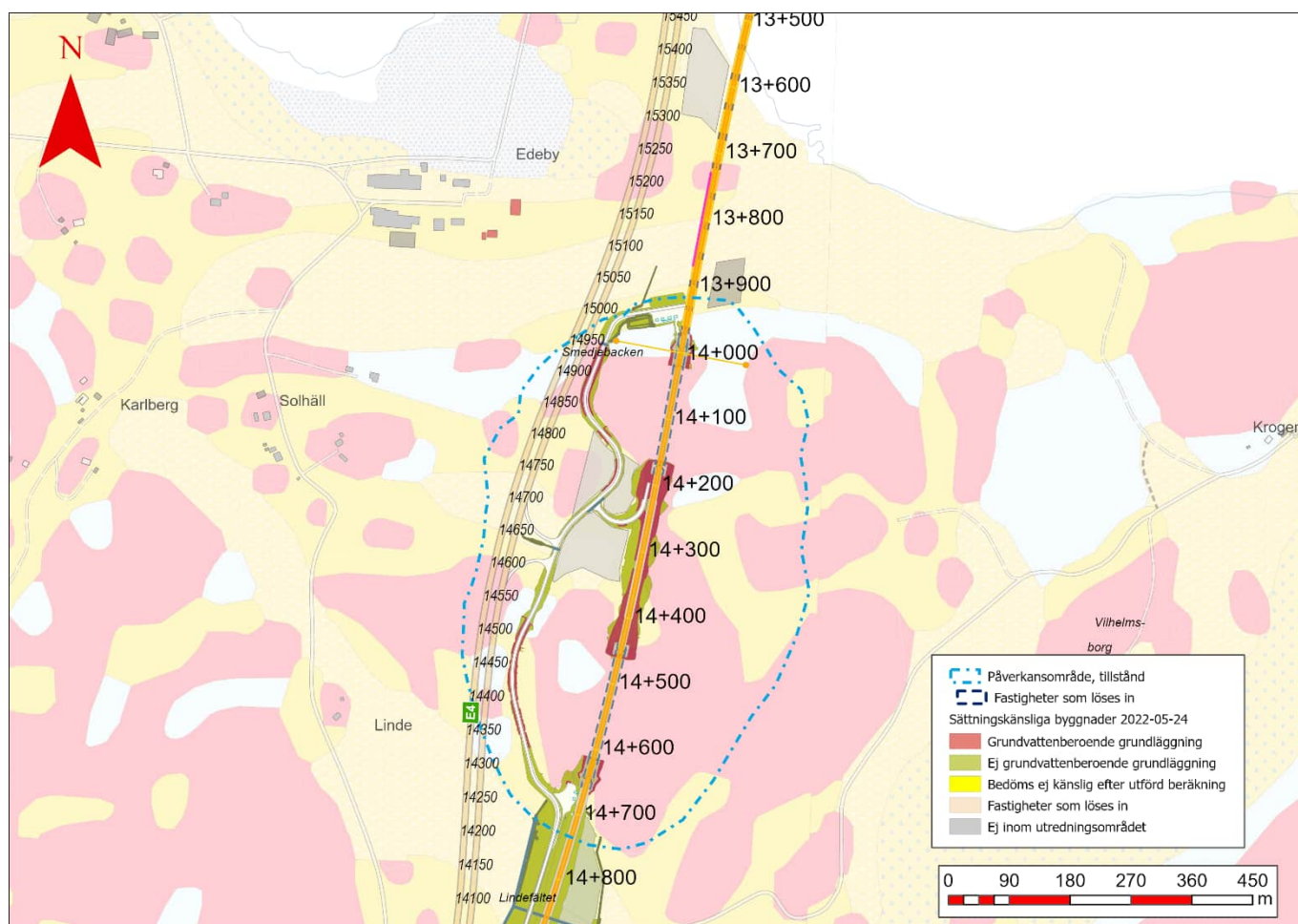
Tabell 58. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan på befintlig E4 vid km 12+600 (exklusive tidigare och pågående sättningar).

Km E4	Km Järnväg	Grundläggning	Avsänkning storlek	Ler-mäktighet	Sättning storlek (cm)						Sättningskrav
					Utan kryp			Med kryp			
					2 år	10 år	40 år	2 år	10 år	40 år	
16/450– 16/350 Västra körfält	12+600	Lättyllning	Bedömt 0,5 m	12G2002 18 m	1	2	3	2	6	15	30 cm
			1 m		2	5	8	4	10	23	
			1,5 m		3	8	14	5	14	31	
16/450– 16/350 Östra körfält	12+600	Ingen åtgärd	Bedömt 0,5 m	12G2003 16 m	2	5	10	2	9	24	30 cm
			1 m		4	10	19	4	13	35	
			1,5 m		6	16	25	7	20	49	

Totalsättning med krypning för 0,5 m grundvattensänkning under E4 vid 16/400 blir mindre än 0,1 m efter 2 år om man tar hänsyn till pågående sättningar under banken och ca 0,3 m totalt från byggnation av E4.



3.7 Mellan tunnlar, km 14+167–14+456



Figur 3.39. E4 mellan Edebytunnlarna.

Spårlinjen går i tunnel och i skärning vid aktuell delsträcka. Inläckande grundvatten i tunnlar och i skärning kommer att ledas bort permanent i både jord och berg. Befintlig E4 går i lerskärning ca 180 m väst om planerad skärning för järnvägen.

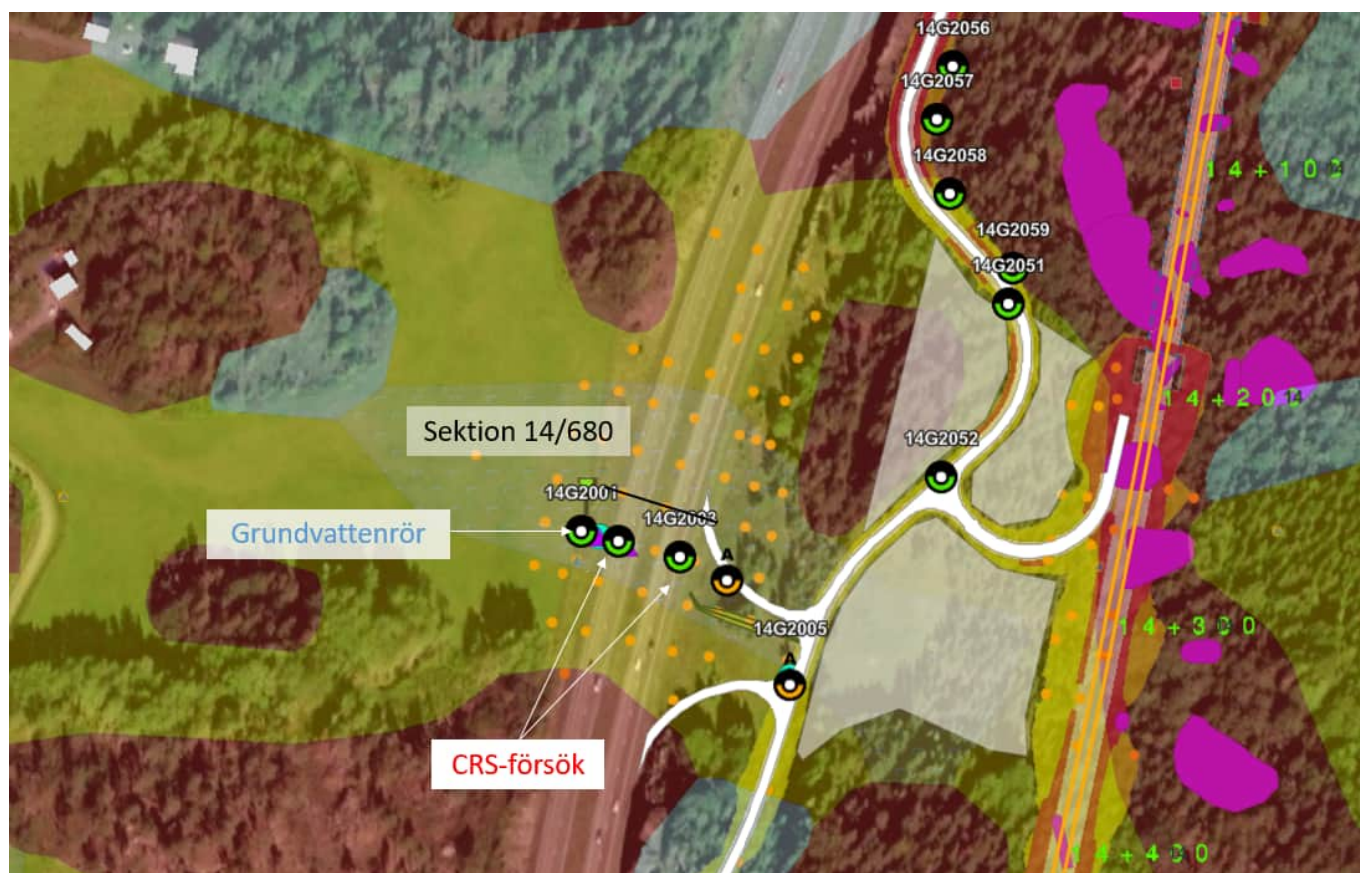
En känslighetsanalys har utförts för E4 för att veta om det skulle uppkomma skadliga sättningar vid 0,5–2 m grundvattensänkning. Sättningar har beräknats där det största lerdjupet påträffas (E4 längdmätning 14/680). Ingen förstärkning planerades vid denna sektion. Observera att befintlig E4 ligger i ca 3,5 m skärning jämfört med tidigare marknivå vid lm 14/680 enligt de sonderingar som utfördes innan byggnation av E4. Sedan har en meter fyllning lagts ut för vägbanken inom det utschaktade partiet.

Sättningar har beräknats för överkonsoliderad jord, se tabellen nedan (gamla marknivå ca +29 vid lm 14/680), som funktion av den effektiva vertikala spänningsökningen i jorden. I föreliggande kapitel redovisas sättningsberäkningar under befintlig E4 vid lm 14/640–14/840 (motsvarande ca 14+100–14+300 för järnvägen) och med indata enligt Tabell 59–Tabell 61.



Tabell 59. Indata till sättningsberäkningar under befintlig E4 vid lm 14/640–14/840.

LM	CRS-försök	Lermäktighet (inkl. torrskorpa)	Torrskorpa	Fyllning	GV	MY	Hur mycket tål vägen? Sättningskrav för nybyggd väg
14/680	14G2002 14G2003	10,5 m	0 m	1 m	+25,5 14G2026G	+25,5	Avstånd till friktionsjorden: 50 m Sättningskrav i längdled: 21 cm Totalsättningskrav: 30 cm



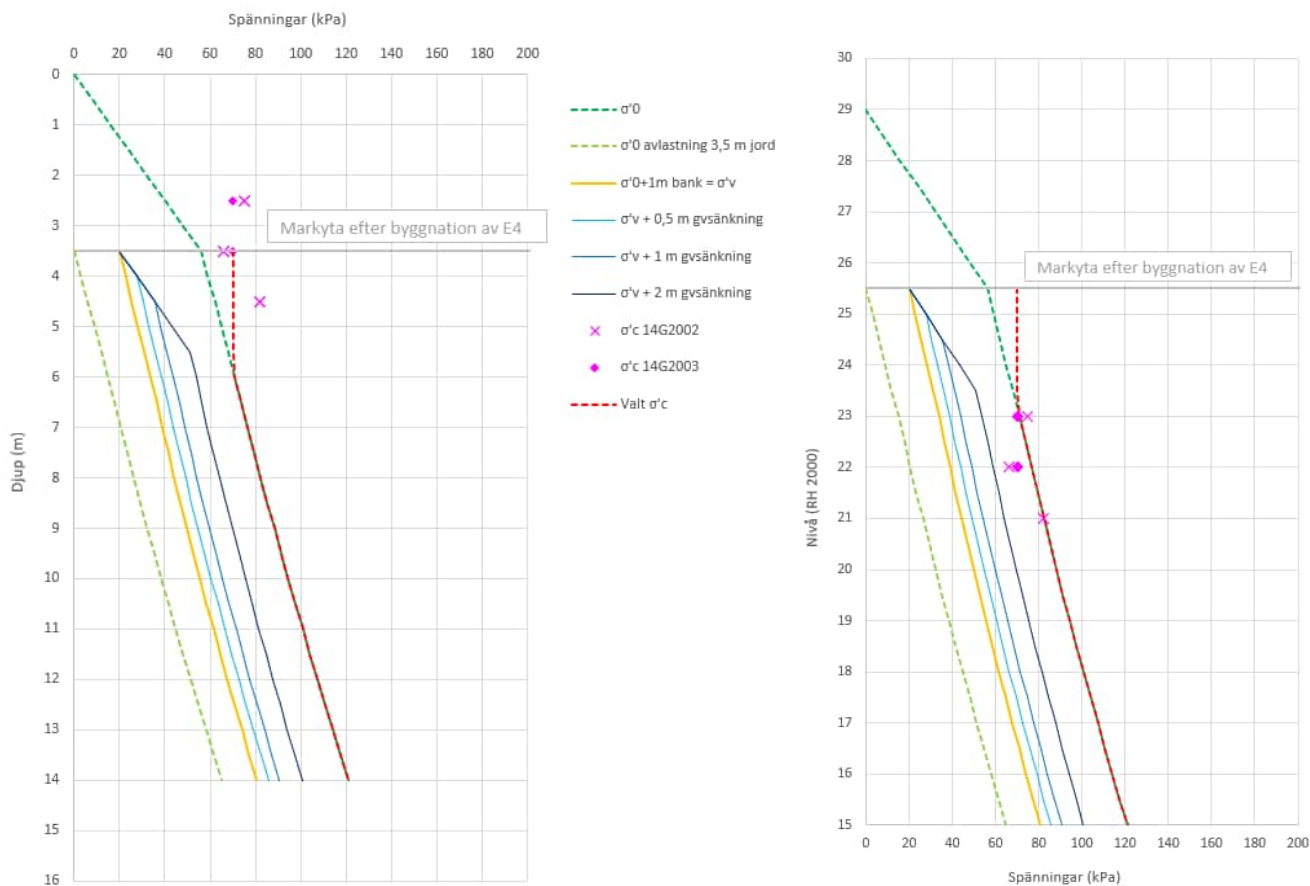
Figur 3.40. Utförda (gröna cirklar och orange prickar) undersökningar vid lm 14/640–14/840 (motsvarande 14+100–14+300 för järnvägen).

Tabell 60. Indata till sättningsberäkningar vid lm 14/640–14/840 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Lera 1	0	16	14	3500	400	10	70	130	4,0E-10	0,016	3
	2,5	16	14	3500	400	10	70	130	4,0E-10	0,016	3
Lera 2	2,5	15,5	14	3500	225	15	70	100	4,0E-10	0,016	3
	10,5	17	28	7000	225	15	120	120	4,0E-10	0,016	3

* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.

E4 ligger i 3,5 m skärning jämfört med tidigare marknivån och går på ca 1 m bank vid lm 14/680, se redovisning av spänningar i jorden i Figur 3.41. Sättningar beräknas först för spänningsökningen i jorden från banken med och utan krypning, se Figur 3.42. Sättningar från 0,5 till 2 m grundvattensänkning beräknas sen med och utan krypning. Vid 2 m avsänkning är effektivspänningen i jorden fortfarande lägre än bedömt förkonsolideringstryck.



Figur 3.41. Spänningar under olika faser vid lm 14/680. Spänningar mot djupet till vänster och spänningar i förhållande till höjdnivåerna till höger.

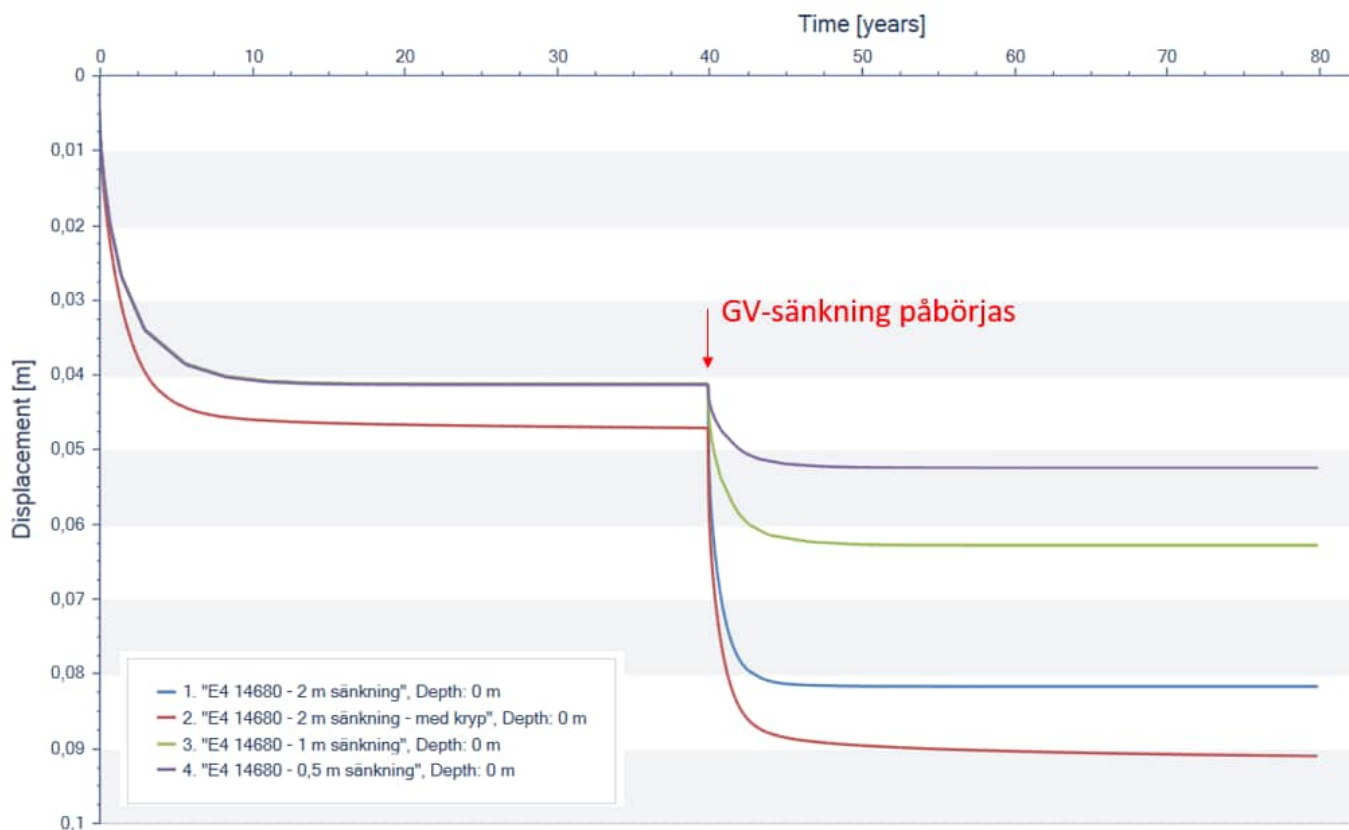
Leran är överkonsoliderad i området. Referensspänningen σ_{ref} avser en spänningsnivå för vilken leran krupit under mycket lång tid, dvs. kvarstående krypdeformationer är försumbara. Effektivspänningen med last från 0,5 till 1 m grundvattensänkning är lägre än σ_{ref} , vilket betyder att inga krypdeformationer kommer att ske i lerlagret vid dessa avsänkningar. Sättningar beräknas med krypning för 2 meter grundvattensänkning.

Tabell 61. Indata till sättningsberäkningar med krypning vid lm 14/640–14/840 – lerparametrar.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_0 [-]	b_1 [-]	r_0 $\sigma_\rho + \Delta\sigma < \sigma_\zeta$	r_1 [-]
Lera 2	2,5	15,5	80	2	0,5	1,1	30000	110
	10,5	17	80	1,5	0,7	1,1	4300	110

Beräkning av sättningar utförs med syftet att uppskatta om det kan uppkomma skadliga sättningar under befintlig E4 vid en grundvattensänkning på 0,5 till 2 meter. Känslighetsanalysen utförs vid lm 14/680 för 10,5 m lera. Beräknade sättningar redovisas i Figur 3.42 och i

Tabell 62.



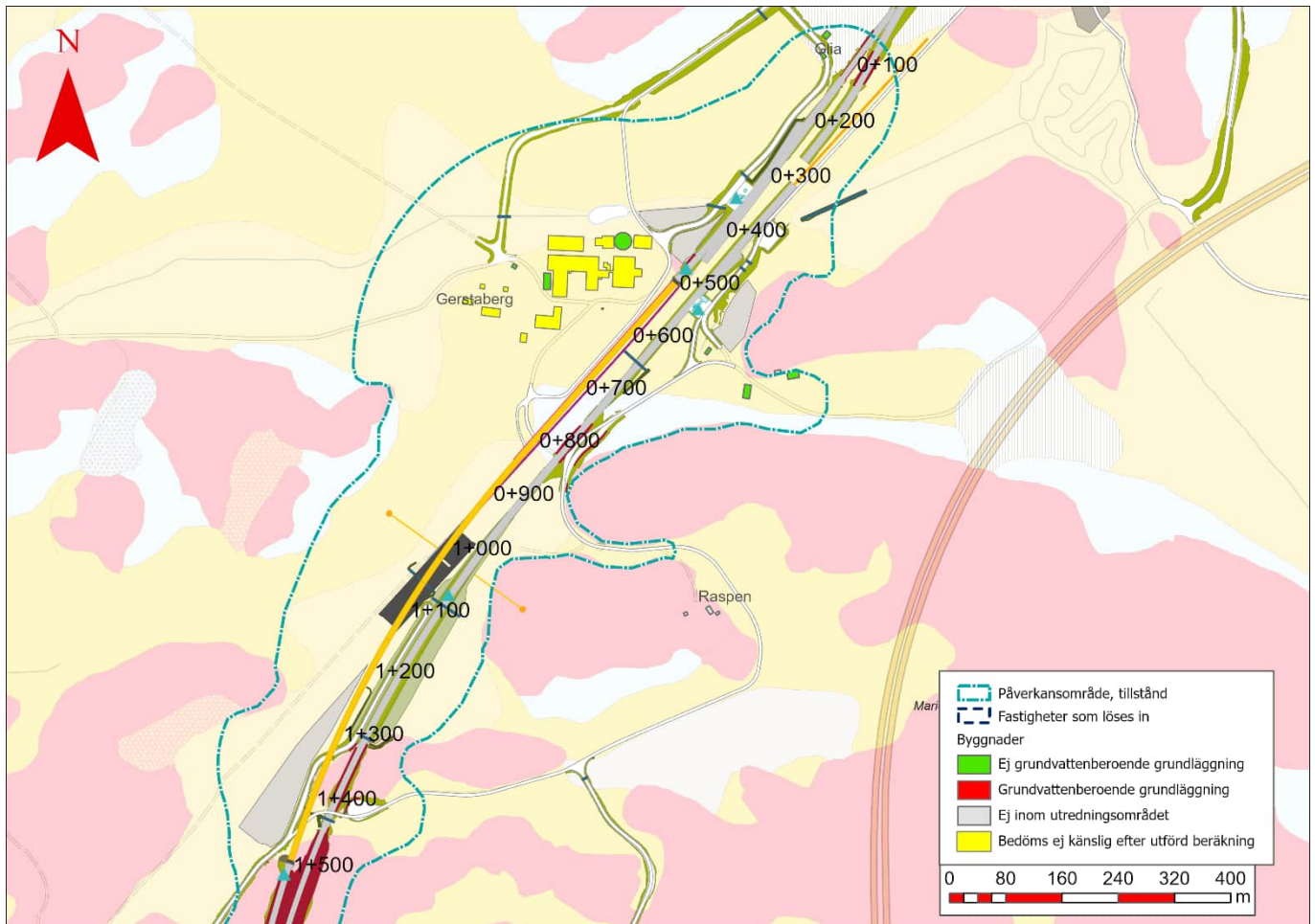
Figur 3.42. Beräknade sättningar vid lm 14/680 för 1 till 2 sänkning och 10,5 m lera – Med och utan krypning.

Tabell 62. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan på befintlig E4 vid lm 14/640–14/840.

Km E4	Km Järnväg	Grundläggning	Avsänkning storlek	Ler-mäktighet	Sättning storlek (cm)						Sättningskrav
					Utan kryp			Med kryp			
					2 år	10 år	40 år	2 år	10 år	40 år	
14/680	14+280	Ingen info. Lera finns kvar under vägen.	0,5 m	10,5 m	1	1	1	-	-	-	21 cm
			1 m		2	2	2	-	-	-	
			2 m		4	4	4	4	4	4	



4 Risksträckor befintlig järnväg



Figur 4.1. Befintlig järnväg vid delsträcka Gerstabergh, km 0+000-1+400.

Befintlig stambana kan påverkas av en tillfällig grundvattensänkning under tiden schaktning för brostöd och utskiftningar för planerade spår pågår om ingen skyddsåtgärd vidtas.

En känslighetsanalys har utförts för stambanan för att veta från vilken grundvattensänkning det skulle uppkomma skadliga sättningar. Sättningar har beräknats för 5 sektioner för sträckan fram till km 0+700 och i 5 sektioner för sträckan mellan km 0+800 och km 1+500. Sektionerna har bestämts utifrån befintlig fyllnings mäktighet och mäktighet på lera under fyllningen.

Nedan redovisas sättningsberäkningar under befintlig stambana med indata enligt Tabell 63 och Tabell 64.



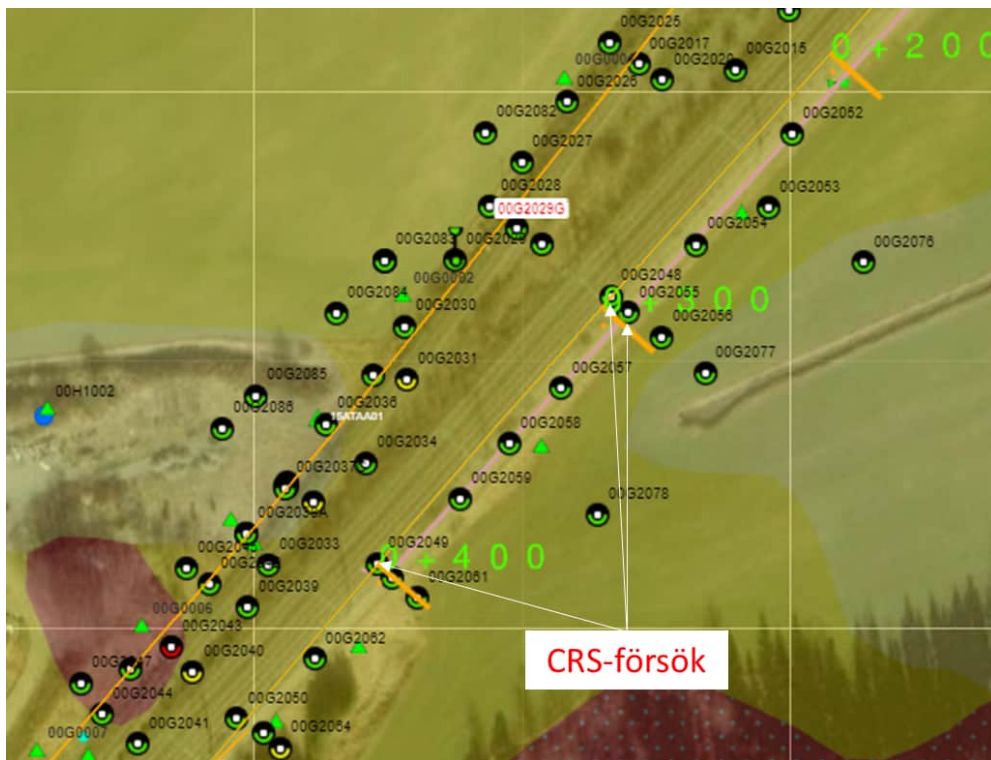
Tabell 63: Indata till sättningsberäkningar under befintlig stambana km 0+200 – km 0+700.

Beräkningsfall	Fyllning	Torrskorpa	Lera	GV	Avser km	Max avsänkning utan skyddsåtgärder	Sättningskrav
1	4 m	1 m	4 m	3 m u RUK	0+200 – 0+310	≈2,8 m	Valt gränsvärde: 10 cm.
2	4 m	1 m	4 m	2,5 m u RUK	0+200 – 0+310*		
3	5 m	0 m	6 m	3,5 m u RUK	0+310 – 0+450	≈2,8 m	
4	3 m	1 m	2 m	3 m u RUK	0+450 – 0+530	≈4,0 m	
5	2,5 m	1 m	4 m	2,5 m u RUK	0+530 – 0+680	≈5,4 m	

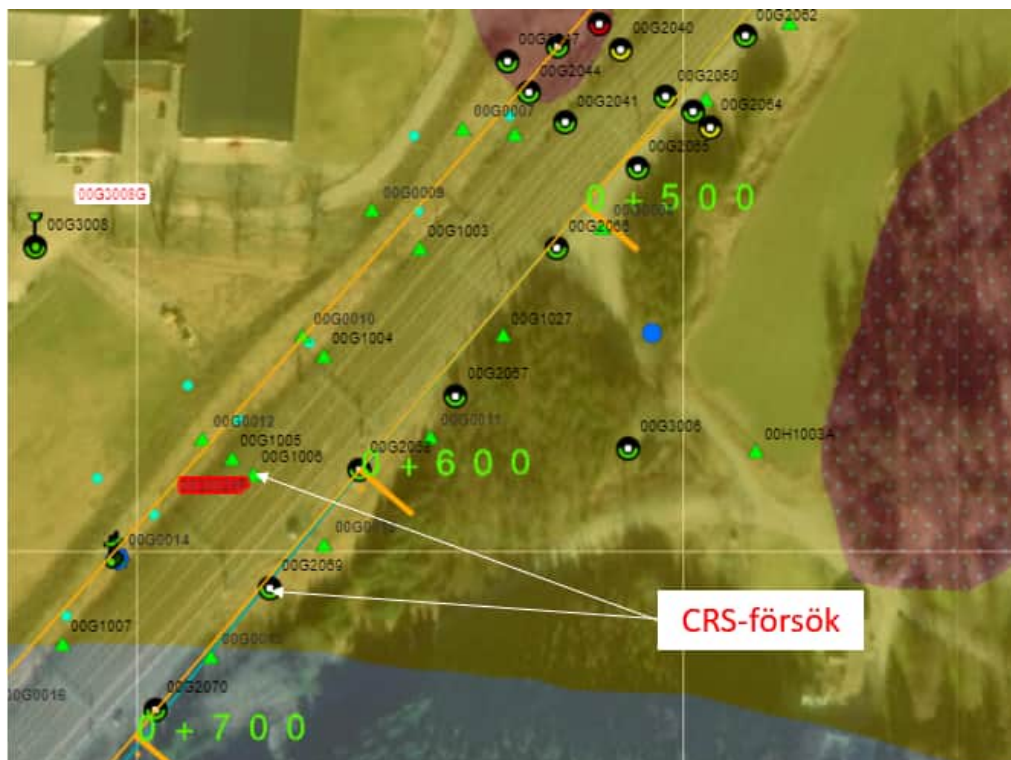
*Avser en kontroll med justerad ursprunglig grundvattenyta

Tabell 64: Indata till sättningsberäkningar under befintlig stambana km 0+800 – km 1+500.

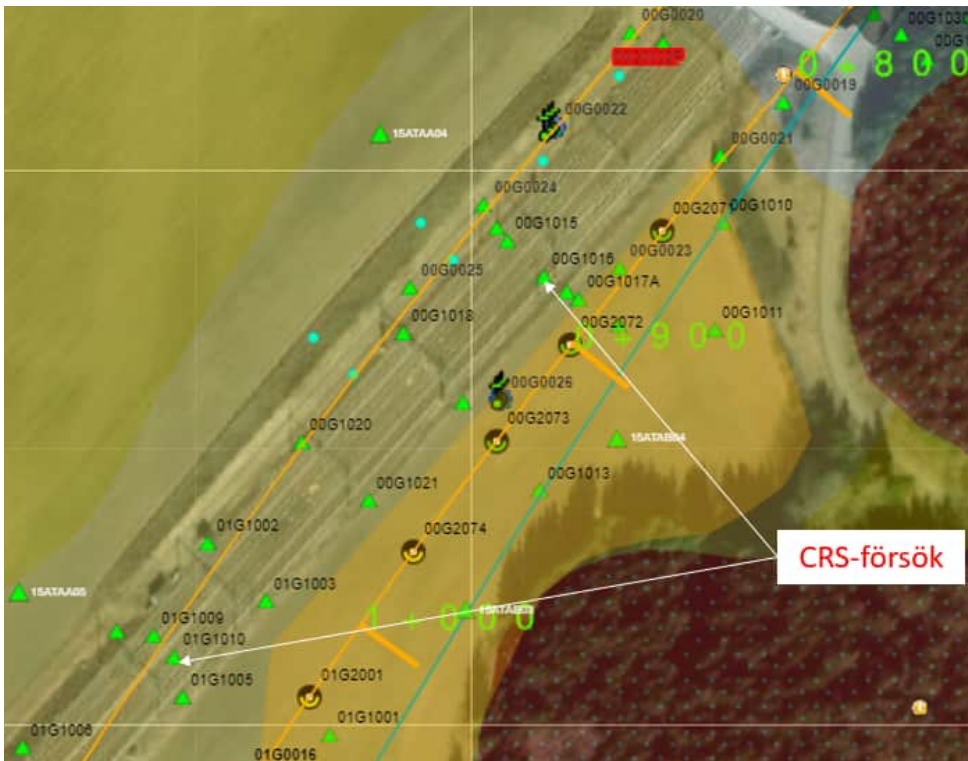
Beräkningsfall	Fyllning	Torrskorpa	Lera	GV	Avser km	Max avsänkning utan skyddsåtgärder	Sättningskrav
11	2 m	1 m	5 m	1,5 m u RUK	0+820 – 0+870	≈3,5 m	Valt gränsvärde: 10 cm.
12	2 m	1 m	9 m	1 m u RUK	0+870 – 1+130	≈3,7 m	
13	2,5 m	1 m	13 m	1,5 m u RUK	1+130 – 1+250	≈3,7 m	
14	2,5 m	1 m	5 m	2,5 m u RUK	1+250 – 1+370	≈3,3 m	
15	2,5 m	1 m	12,5 m	2,8 m u RUK	1+370 – 1+500	≈1,6 m	



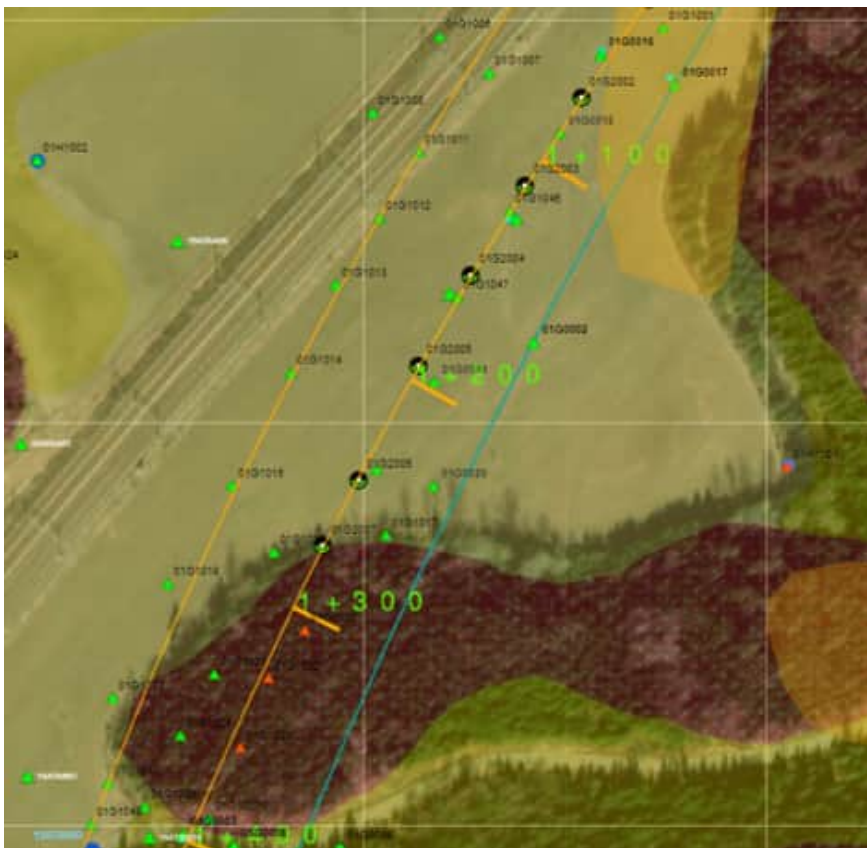
Figur 4.2. Utförda undersökningar mellan km 0+200 och km 0+450. Punkter med CRS-försök har markerats i figuren.



Figur 4.3. Utförda undersökningar mellan km 0+450 och km 0+700. Punkter med CRS-försök har markerats i figuren.

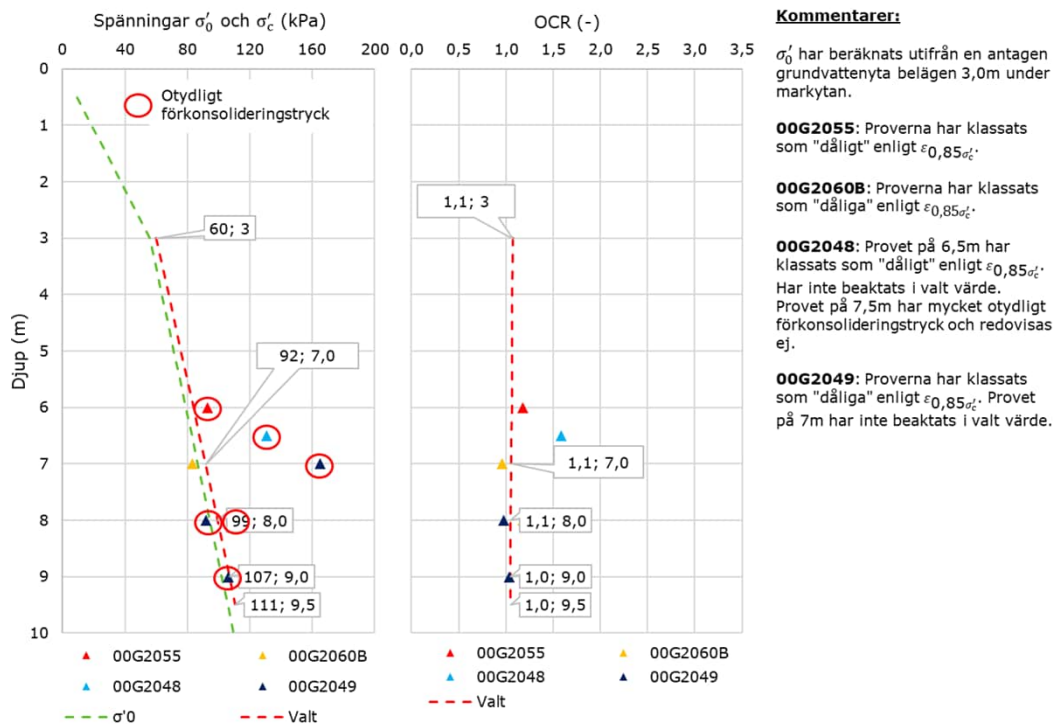


Figur 4.4. Utförda undersökningar mellan km 0+800 och km 1+000. Punkter med CRS-försök har markerats i figuren.

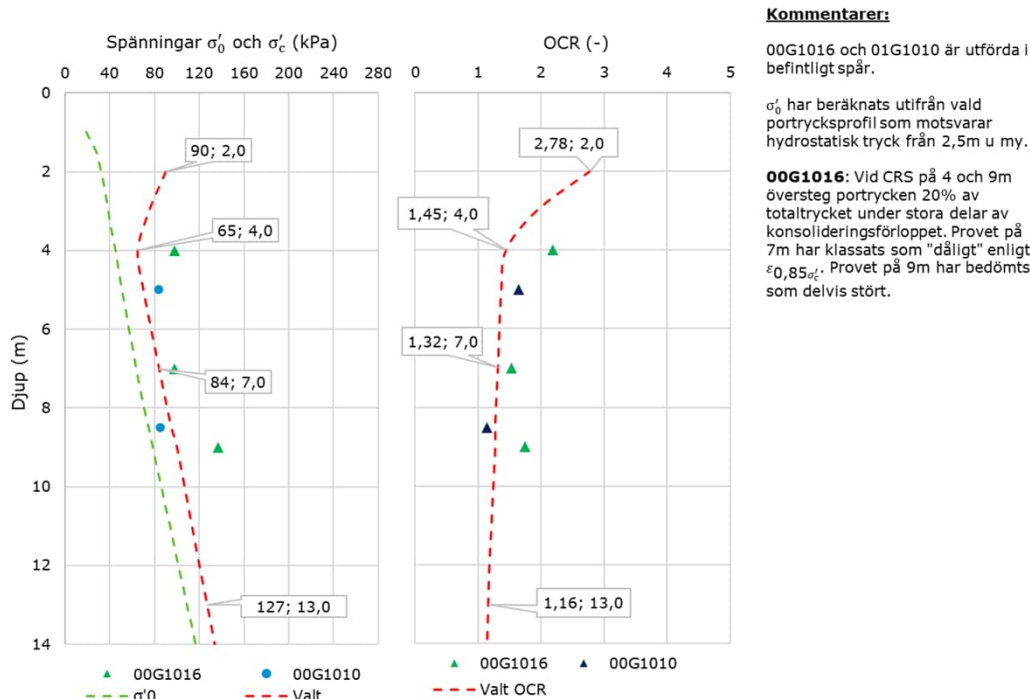


Figur 4.5. Utförda undersökningar mellan km 1+000 och km 1+400.

Följande överkonsolideringsgrad och förkonsolideringstryck har valts med utgångspunkt från utförda undersökningar. Då utförda undersökningar är få, har försiktiga värden valts.



Figur 4.6. Valda värden på förkonsolideringstryck och överkonsolideringsgrad mellan km 0+200 och km 0+700.



Figur 4.7. Valda värden på förkonsolideringstryck och överkonsolideringsgrad mellan km 0+800 och km 1+500.



I Tabell 65 - Tabell 82 redovisas indata till utförda sättningsberäkningar.

Tabell 65. Indata till sättningsberäkningar för beräkningsfall 1 och 2.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Fyllning	0	19	-	10000	10000	1	180	300	0,1	3153600	1
	4	19	-	10000	10000	1	180	300	0,1	3153600	1
Torrskorpa	4	18	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1
	5	18	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1
Lera	5	18	21	5250	1300	13,8	76	135	6,4E-10	0,0202	3,5
	9	18	21	5250	1720	15,1	107	178	5,3E-10	0,0167	3,4

* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.

Tabell 66. Indata till sättningsberäkningar med krypning för beräkningsfall 1 och 2.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_o [-]	b_1 [-]	r_0 [-]	r_1 [-]
Lera	5	18	46	1,1	0,91	1,1	765	290
	9	18	46	1,1	0,91	1,1	765	290

Tabell 67. Indata till sättningsberäkningar för beräkningsfall 3.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Fyllning	0	19	-	10000	10000	1	180	300	0,1	3153600	1
	5	19	-	10000	10000	1	180	300	0,1	3153600	1
Lera	5	18	21	5250	1300	13,8	86**	135	6,4E-10	0,0202	3,5
	11	18	21	5250	1890	15,6	132**	196	4,7E-10	0,0149	3,3

* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.

** Har höjts med 10 kPa för att erhålla liknandeförkonsolidering som på resterande sträcka.

Tabell 68. Indata till sättningsberäkningar med krypning för beräkningsfall 3.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_o [-]	b_1 [-]	r_0 [-]	r_1 [-]
Lera	5	18	46	1,1	0,91	1,1	765	290
	11	18	46	1,1	0,91	1,1	765	290



Tabell 69. Indata till sättningsberäkningar för beräkningsfall 4.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Fyllning	0	19	-	10000	10000	1	180	300	0,1	3153600	1
	3	19	-	10000	10000	1	180	300	0,1	3153600	1
Torrskorpa	3	18	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1
	4	18	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1
Lera	4	18	21	5250	1300	13,8	68	133	6,7E-10	0,0211	3,5
	6	18	21	5250	1470	14,3	84	151	5,6E-10	0,0192	3,4

* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.

Tabell 70. Indata till sättningsberäkningar med krypning för beräkningsfall 4.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_o [-]	b_1 [-]	r_0 [-]	r_1 [-]
Lera	4	18	46	1,1	0,91	1,1	765	290
	6	18	46	1,1	0,91	1,1	765	290

Tabell 71. Indata till sättningsberäkningar för beräkningsfall 5.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Fyllning	0	19	-	10000	10000	1	180	300	0,1	3153600	1
	2,5	19	-	10000	10000	1	180	300	0,1	3153600	1
Torrskorpa	2,5	18	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1
	3,5	18	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1
Lera	3,5	18	21	5250	1250	13,7	64	130	6,7E-10	0,0211	3,5
	7,5	18	21	5250	1575	14,7	95	165	5,7E-10	0,0179	3,4

* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.

Tabell 72. Indata till sättningsberäkningar med krypning för beräkningsfall 5.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_o [-]	b_1 [-]	r_0 [-]	r_1 [-]
Lera	4	18	46	1,1	0,91	1,1	765	290
	6	18	46	1,1	0,91	1,1	765	290



Tabell 73. Indata till sättningsberäkningar för beräkningsfall 11.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Fyllning	0	19	-	10000	10000	1	180	300	0,1	3153600	1
	2	19	-	10000	10000	1	180	300	0,1	3153600	1
Torrskorpa	2	19	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1
	3	16,5	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1
Lera 1	3	16,5	19	4750	500	13,9	75	130	3,0E-10	0,0095	3,5
	4	16,5	19	4750	500	14,1	65	130	3,0E-10	0,0095	3,4
Lera 2	4	16,5	19	4750	500	14,1	65	130	3,0E-10	0,0095	3,4
	5	16,5	19	4750	500	14,3	70	130	3,0E-10	0,0095	3,3
Lera 3	5	16,5	19	4750	500	14,3	70	130	3,0E-10	0,0095	3,3
	6	16,5	19	4750	500	14,5	77	130	3,0E-10	0,0095	3,2
Lera 4	6	16,5	19	4750	500	14,5	77	130	3,0E-10	0,0095	3,2
	7	17	19	4750	500	14,6	84	130	3,0E-10	0,0095	3,1
Lera 5	7	17	19	4750	500	14,6	84	130	3,0E-10	0,0095	3,1
	8	17,5	20	5000	650	14,8	91	150	3,0E-10	0,0095	3,0

* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.

Tabell 74. Indata till sättningsberäkningar med krympning för beräkningsfall 11.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_o [-]	b_1 [-]	r_0^* [-]	r_1 [-]
Lera 1	3	16,5	60	1,9	0,71	1,1	2700-7500	164
	4	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100-5600	164
Lera 2	4	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100-5600	164
	5	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100-3700	164
Lera 3	5	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100-3700	164
	6	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100-3400	164
Lera 4	6	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100-3400	164
	7	17	60	1,3	0,77	1,1	1000-2700	164
Lera 5	7	17	60	1,3	0,77	1,1	1000-2700	164
	8	17,5	45	1,3	0,77	1,1	1110-2500	288

* Beror på spänningsnivå i förhållande till förkonsolideringstryck då jordlagren generellt är lätt överkonsoliderade.



Tabell 75. Indata till sättningsberäkningar för beräkningsfall 12.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Fyllning	0	19	-	10000	10000	1	180	300	0,1	3153600	1
	2	19	-	10000	10000	1	180	300	0,1	3153600	1
Torrskorpa	2	19	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1
	3	16,5	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1
Lera 1	3	16,5	19	4750	500	13,9	75	130	3,0E-10	0,0095	3,5
	4	16,5	19	4750	500	14,1	65	130	3,0E-10	0,0095	3,4
Lera 2	4	16,5	19	4750	500	14,1	65	130	3,0E-10	0,0095	3,4
	5	16,5	19	4750	500	14,3	70	130	3,0E-10	0,0095	3,3
Lera 3	5	16,5	19	4750	500	14,3	70	130	3,0E-10	0,0095	3,3
	6	16,5	19	4750	500	14,5	77	130	3,0E-10	0,0095	3,2
Lera 4	6	16,5	19	4750	500	14,5	77	130	3,0E-10	0,0095	3,2
	7	17	19	4750	500	14,6	84	130	3,0E-10	0,0095	3,1
Lera 5	7	17	19	4750	500	14,6	84	130	3,0E-10	0,0095	3,1
	8	17,5	20	5000	650	14,8	91	150	3,0E-10	0,0095	3,0
Lera 6	8	17,5	20	5000	650	14,8	91	150	3,0E-10	0,0095	3,0
	10	18	22	5500	950	15,1	107	190	3,0E-10	0,0095	3,0
Lera 7	10	18	22	5500	950	15,1	107	190	3,0E-10	0,0095	3,0
	12	18	24	6000	1250	15,4	120	230	3,0E-10	0,0095	3,0

* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.

Tabell 76. Indata till sättningsberäkningar med krypning för beräkningsfall 11.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_0 [-]	b_1 [-]	r_0^* [-]	r_1 [-]
Lera 1	3	16,5	60	1,9	0,71	1,1	2600-12600	164
	4	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100-12600	164
Lera 2	4	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100-12600	164
	5	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100-12600	164
Lera 3	5	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100-12600	164
	6	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100-8300	164
Lera 4	6	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100-8300	164
	7	17	60	1,3	0,77	1,1	1000-5400	164
Lera 5	7	17	60	1,3	0,77	1,1	1000-5400	164
	8	17,5	45	1,3	0,77	1,1	1100-4200	288
Lera 6	8	17,5	45	1,3	0,77	1,1	1100-4200	288
	10	18	45	1,2	0,83	1,1	1000-2700	288
Lera 7	10	18	45	1,2	0,83	1,1	1000-2700	288
	12	18	45	1,2	0,83	1,1	950-2000	288

* Beror på spänningsnivå i förhållande till förkonsolideringstryck då jordlagren generellt är lätt överkonsoliderade.



Tabell 77. Indata till sättningsberäkningar för beräkningsfall 13.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Fyllning	0	19	-	10000	10000	1	180	300	0,1	3153600	1
	2,5	19	-	10000	10000	1	180	300	0,1	3153600	1
Torrskorpa	2,5	19	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1
	3,5	16,5	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1
Lera 1	3,5	16,5	19	4750	500	13,9	75	130	3,0E-10	0,0095	3,5
	4	16,5	19	4750	500	14,1	65	130	3,0E-10	0,0095	3,4
Lera 2	4	16,5	19	4750	500	14,1	65	130	3,0E-10	0,0095	3,4
	5	16,5	19	4750	500	14,3	70	130	3,0E-10	0,0095	3,3
Lera 3	5	16,5	19	4750	500	14,3	70	130	3,0E-10	0,0095	3,3
	6	16,5	19	4750	500	14,5	77	130	3,0E-10	0,0095	3,2
Lera 4	6	16,5	19	4750	500	14,5	77	130	3,0E-10	0,0095	3,2
	7	17	19	4750	500	14,6	84	130	3,0E-10	0,0095	3,1
Lera 5	7	17	19	4750	500	14,6	84	130	3,0E-10	0,0095	3,1
	8	17,5	20	5000	650	14,8	91	150	3,0E-10	0,0095	3,0
Lera 6	8	17,5	20	5000	650	14,8	91	150	3,0E-10	0,0095	3,0
	10	18	22	5500	950	15,1	107	190	3,0E-10	0,0095	2,9
Lera 7	10	18	22	5500	950	15,1	107	190	3,0E-10	0,0095	2,9
	13	18	25	6250	1400	15,6	127	250	3,0E-10	0,0095	2,6
Lera 8	13	18	25	6250	1400	15,6	127	250	3,0E-10	0,0095	2,6
	16	18	28	7000	1850	16,2	147	310	3,0E-10	0,0095	2,3

* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.

Tabell 78. Indata till sättningsberäkningar med krypning för beräkningsfall 13.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_0 [-]	b_1 [-]	r_0^* [-]	r_1 [-]
Lera 1	3,5	16,5	60	1,9	0,71	1,1	2350-6700	164
	4	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100-4400	164
Lera 2	4	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100-4400	164
	5	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100-3150	164
Lera 3	5	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100-3150	164
	6	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100-3000	164
Lera 4	6	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100-3000	164
	7	17	60	1,3	0,77	1,1	1000-2400	164
Lera 5	7	17	60	1,3	0,77	1,1	1000-2400	164
	8	17,5	45	1,3	0,77	1,1	1100-2350	288
Lera 6	8	17,5	45	1,3	0,77	1,1	1100-2350	288
	10	18	45	1,2	0,83	1,1	1000-1800	288
Lera 7	10	18	45	1,2	0,83	1,1	1000-1800	288
	13	18	45	1,2	0,83	1,1	950-1450	288
Lera 8	13	18	45	1,2	0,83	1,1	950-1450	288
	16	18	45	1,1	0,91	1,1	750-1000	288

* Beror på spänningsnivå i förhållande till förkonsolideringstryck då jordlagren generellt är lätt överkonsoliderade.



Tabell 79. Indata till sättningsberäkningar för beräkningsfall 14.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Fyllning	0	19	-	10000	10000	1	180	300	0,1	3153600	1
	2,5	19	-	10000	10000	1	180	300	0,1	3153600	1
Torrskorpa	2,5	19	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1
	3,5	16,5	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1
Lera 1	3,5	16,5	19	4750	500	13,9	75	130	3,0E-10	0,0095	3,5
	4	16,5	19	4750	500	14,1	65	130	3,0E-10	0,0095	3,4
Lera 2	4	16,5	19	4750	500	14,1	65	130	3,0E-10	0,0095	3,4
	5	16,5	19	4750	500	14,3	70	130	3,0E-10	0,0095	3,3
Lera 3	5	16,5	19	4750	500	14,3	70	130	3,0E-10	0,0095	3,3
	6	16,5	19	4750	500	14,5	77	130	3,0E-10	0,0095	3,2
Lera 4	6	16,5	19	4750	500	14,5	77	130	3,0E-10	0,0095	3,2
	7	17	19	4750	500	14,6	84	130	3,0E-10	0,0095	3,1
Lera 5	7	17	19	4750	500	14,6	84	130	3,0E-10	0,0095	3,1
	8	17,5	20	5000	650	14,8	91	150	3,0E-10	0,0095	3,0
Lera 6	8	17,5	20	5000	650	14,8	91	150	3,0E-10	0,0095	3,0
	8,5	18	20	5000	725	14,9	95	1600	3,0E-10	0,0095	3,0

* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.



Tabell 80. Indata till sättningsberäkningar med krypning för beräkningsfall 14.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_0 [-]	b_1 [-]	r_0 [-]	r_1 [-]
Lera 1	3,5	16,5	60	1,9	0,71	1,1	1600	164
	4	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100	164
Lera 2	4	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100	164
	5	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100	164
Lera 3	5	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100	164
	6	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100	164
Lera 4	6	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1100	164
	7	17	60	1,3	0,77	1,1	1100	164
Lera 5	7	17	60	1,3	0,77	1,1	1000	164
	8	17,5	45	1,3	0,77	1,1	1000	288
Lera 6	8	17,5	45	1,3	0,77	1,1	1100	288
	8,5	18	45	1,2	0,83	1,1	1100	288



Tabell 81. Indata till sättningsberäkningar för beräkningsfall 15.

	Djup [m]	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	M_o^* [kPa]	M_L [kPa]	M' [-]	σ_c [kPa]	σ_L [kPa]	k_i [m/s]	k_i [m/år]	β_k [-]
Fyllning	0	19	-	10000	10000	1	180	300	0,1	3153600	1
	2,5	19	-	10000	10000	1	180	300	0,1	3153600	1
Torrskorpa	2,5	19	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1
	3,5	16,5	30	7500	7500	12	180	300	1,0E-08	0,315	1
Lera 1	3,5	16,5	19	4750	500	13,9	78	130	3,0E-10	0,0095	3,5
	4	16,5	19	4750	500	14,1	80	130	3,0E-10	0,0095	3,4
Lera 2	4	16,5	19	4750	500	14,1	80	130	3,0E-10	0,0095	3,4
	5	16,5	19	4750	500	14,3	84	130	3,0E-10	0,0095	3,3
Lera 3	5	16,5	19	4750	500	14,3	84	130	3,0E-10	0,0095	3,3
	6	16,5	19	4750	500	14,5	89	130	3,0E-10	0,0095	3,2
Lera 4	6	16,5	19	4750	500	14,5	89	130	3,0E-10	0,0095	3,2
	7	17	19	4750	500	14,6	94	130	3,0E-10	0,0095	3,1
Lera 5	7	17	19	4750	500	14,6	94	130	3,0E-10	0,0095	3,1
	8	17,5	20	5000	650	14,8	98	150	3,0E-10	0,0095	3,0
Lera 6	8	17,5	20	5000	650	14,8	98	150	3,0E-10	0,0095	3,0
	10	18	22	5500	950	15,1	109	190	3,0E-10	0,0095	2,9
Lera 7	10	18	22	5500	950	15,1	109	190	3,0E-10	0,0095	2,9
	13	18	25	6250	1400	15,6	133	250	3,0E-10	0,0095	2,6
Lera 8	13	18	25	6250	1400	15,6	122	250	3,0E-10	0,0095	2,6
	16	18	28	7000	1850	16,2	157	310	3,0E-10	0,0095	2,3

* Har beräknats enligt $250c_u$ enligt TK Geo 13 för högplastik och gyttjig lera.

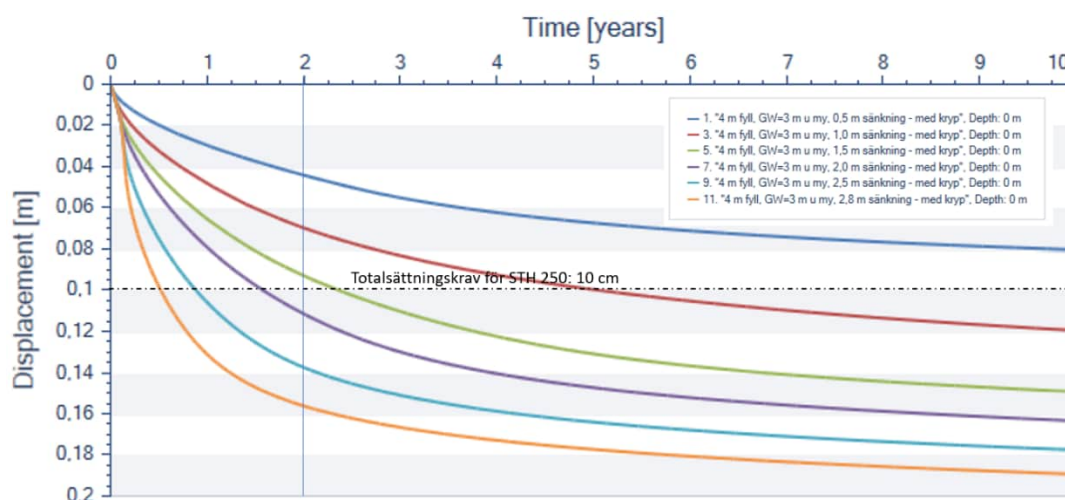


Tabell 82. Indata till sättningsberäkningar med krypning för beräkningsfall 15.

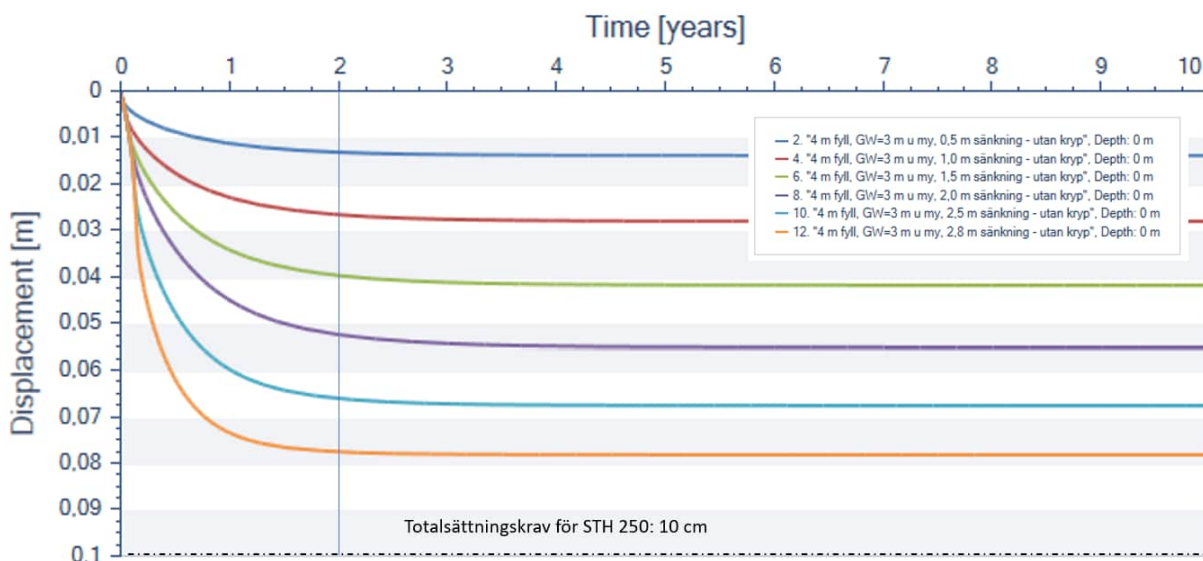
	Djup [m]	γ [kN/m ³]	w_N [%]	OCR [-]	b_0 [-]	b_1 [-]	r_0^* [-]	r_1 [-]
Lera 1	3,5	16,5	60	1,4	0,71	1,1	1150-3450	164
	4	16,5	60	1,3	0,77	1,1	1000-3450	164
Lera 2	4	16,5	60	1,3	0,77	1,1	1000-3450	164
	5	16,5	60	1,2	0,83	1,1	850-2050	164
Lera 3	5	16,5	60	1,2	0,83	1,1	850-2050	164
	6	16,5	60	1,2	0,83	1,1	850-1750	164
Lera 4	6	16,5	60	1,2	0,83	1,1	850-1750	164
	7	17	60	1,2	0,83	1,1	850-1500	164
Lera 5	7	17	60	1,2	0,83	1,1	850-1500	164
	8	17,5	45	1,1	0,83	1,1	750-1100	288
Lera 6	8	17,5	45	1,1	0,91	1,1	750-1100	288
	10	18	45	1,0	0,91	1,1	530	288
Lera 7	10	18	45	1,0	1,0	1,1	530	288
	13	18	45	1,0	1,0	1,1	530	288
Lera 8	13	18	45	1,0	1,0	1,1	530	288
	16	18	45	1,0	1,0	1,1	530	288

* Beror på spänningsnivå i förhållande till förkonsolideringstryck då jordlagren generellt är lätt överkonsoliderade.

Beräkning av sättningar utfördes med syftet att uppskatta om det kan uppkomma skadliga sättningar under befintlig stambana på grund av de temporära grundvattensänkningarna som erfordras i samband med utskiftningar och grundläggning av planerade broar. Beräknade sättningar med tillhörande bedömda grundvattensänkningar redovisas i Figur 4.8 - Figur 4.26 samt i Tabell 83 - Tabell 92.



Figur 4.8. Beräknade sättningar för beräkningsfall 1 för 0,5–2,8 m grundvattensänkning – med krypning.

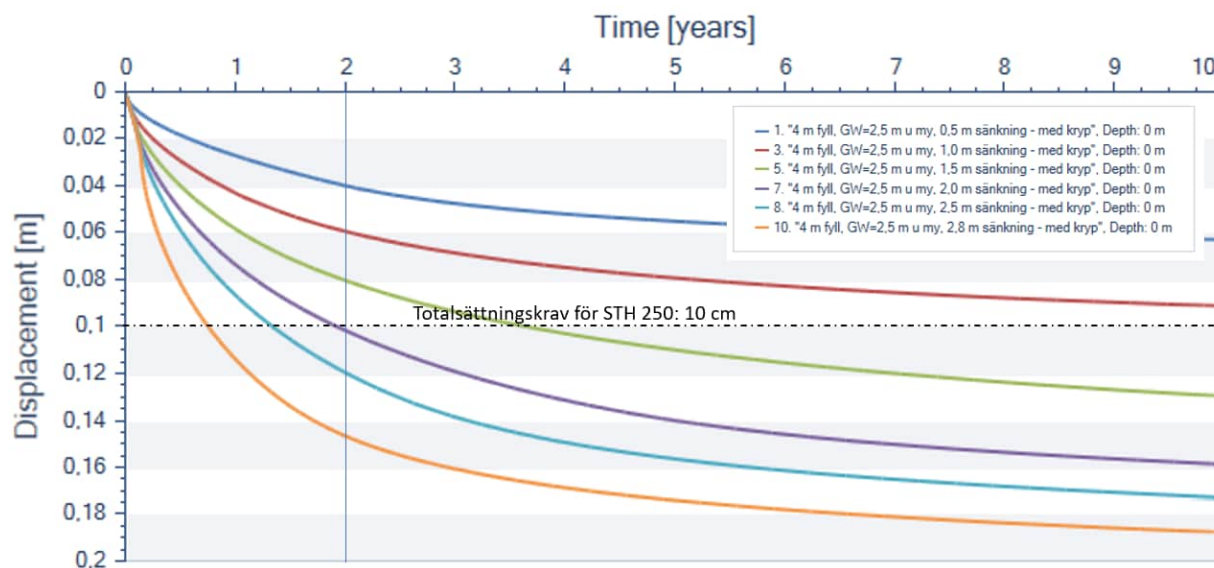


Figur 4.9. Beräknade sättningar för beräkningsfall 1 för 0,5–2,8 m grundvattensänkning –utan krypning.

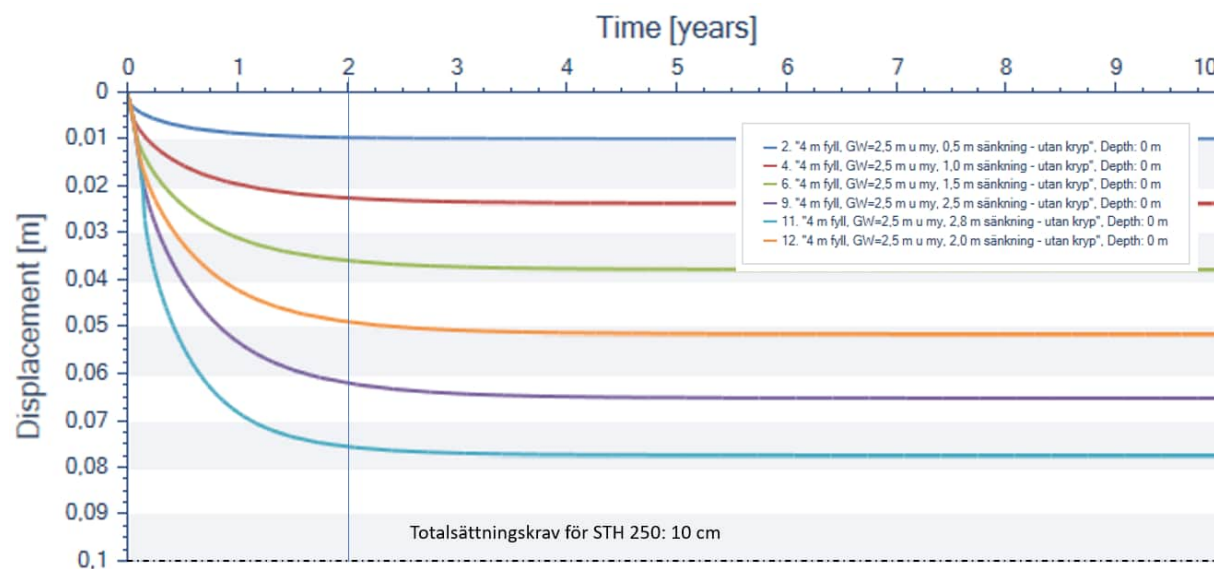
Tabell 83. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan på befintlig stambana för beräkningsfall 1.

Km Järnväg	Avsänkning (m)	Djup Grundvatten (m u my)	Underkant Lera (m u my)	Sättning storlek (cm)						Sättningskrav (cm)
				Utan kryp			Med kryp			
				3 mån	2 år	10 år	3 mån	2 år	10 år	
0+200 - 0+310	0,5	3,5	9	1	2	2	2	5	8	Valt gränsvärde: 10 cm.
	1	4		2	3	3	3	7	12	
	1,5	4,5		2	4	5	3	10	15	
	2	5		3	6	6	4	12	17	
	2,5	5,5		4	7	7	5	14	18	
	2,8	5,8		5	8	8	6	16	19	

Totalsättning med krypning för 2,8 meter grundvattensänkning under en bedömd byggtid på 2 år med krypning mellan km 0+200 och km 0+310 är ca 16 cm.



Figur 4.10. Beräknade sättningar för beräkningsfall 2 för 0,5–2,8 m grundvattensänkning – med krypning.

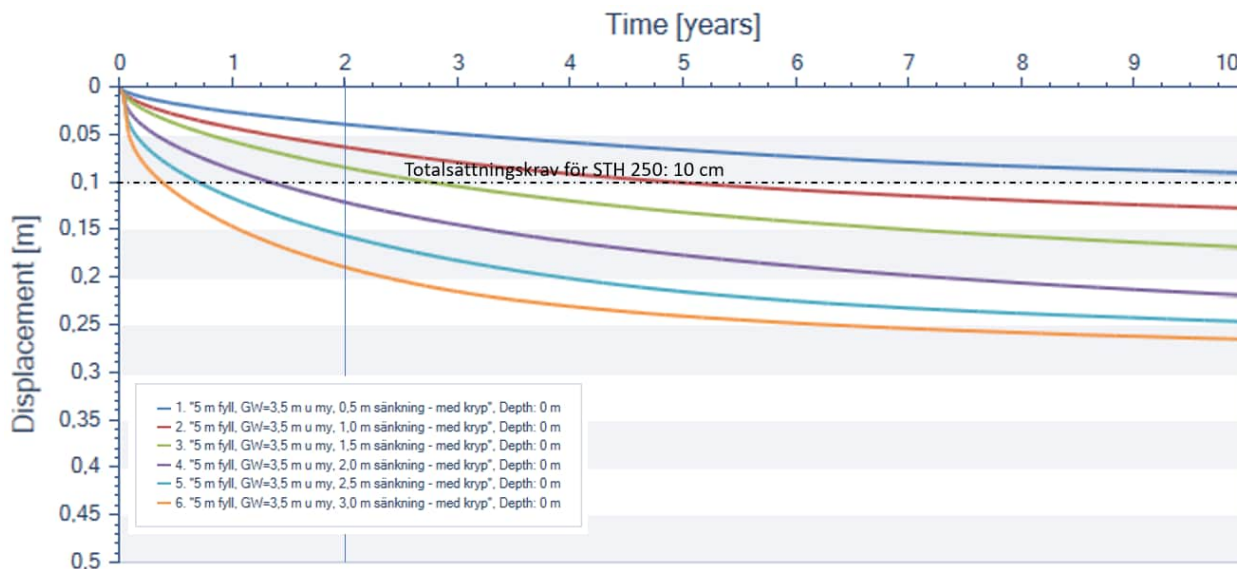


Figur 4.11. Beräknade sättningar för beräkningsfall 2 för 0,5–2,8 m grundvattensänkning –utan krypning.

Tabell 84. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan på befintlig stambana för beräkningsfall 2.

Km Järnväg	Avsänkning (m)	Djup Grundvatten (m u my)	Underkant Lera (m u my)	Sättning storlek (cm)						Sättningskrav (cm)
				Utan kryp			Med kryp			
				3 mån	2 år	10 år	3 mån	2 år	10 år	
0+200 - 0+310	0,5	3	9	1	1	1	2	5	7	Valt gränsvärde: 10 cm.
	1	3,5		2	3	3	2	7	10	
	1,5	4		2	4	4	3	9	13	
	2	4,5		3	5	6	4	10	16	
	2,5	5		3	7	7	4	12	18	
	2,8	5,3		4	8	8	5	15	19	

Totalsättning med krypning för 2,8 meter grundvattensänkning under en bedömd byggtid på 2 år med krypning mellan km 0+200 och km 0+310 är 15 cm om grundvattenytan ursprungligen är belägen 0,5 meter ovan den i beräkningsfall 1 antagna grundvattennivån.



Figur 4.12. Beräknade sättningar för beräkningsfall 3 för 0,5–3,0 m grundvattensänkning – med krypning.

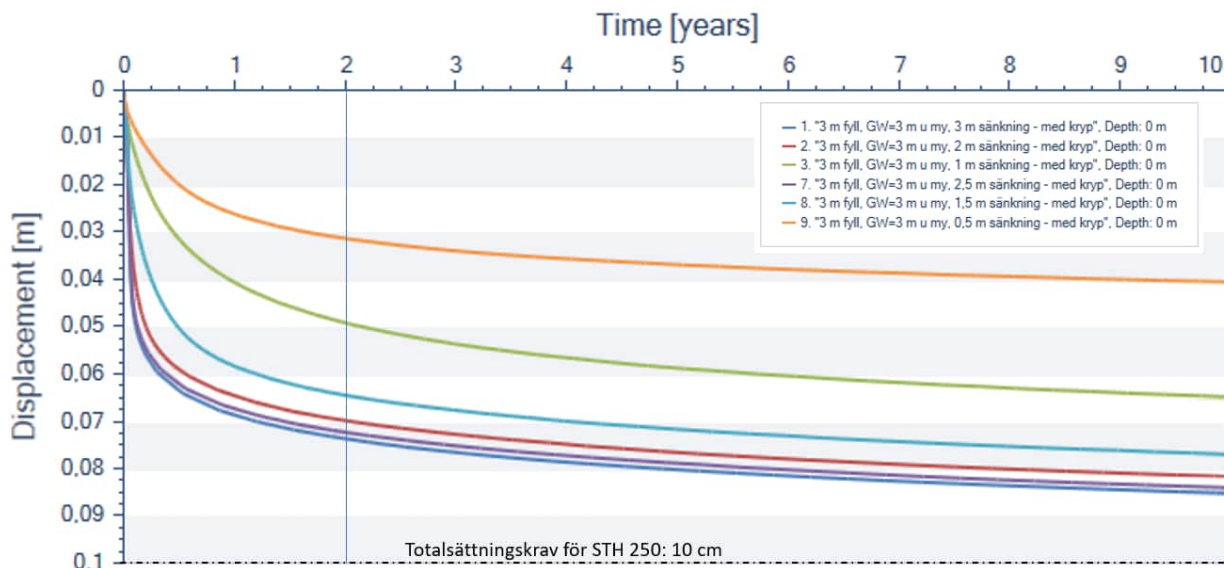


Figur 4.13. Beräknade sättningar för beräkningsfall 2 för 0,5–3,0 m grundvattensänkning –utan krypning.

Tabell 85. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan på befintlig stambana för beräkningsfall 3.

Km Järnväg	Avsänkning (m)	Djup Grundvatten (m u my)	Underkant Lera (m u my)	Sättning storlek (cm)				Sättningskrav (cm)
				Utan kryp		Med kryp		
				2 år	10 år	2 år	10 år	
0+310-0+450	0,5	4	11	2	2	4	10	Valt gränsvärde: 10 cm.
	1	4,5		3	4	7	13	
	1,5	5		5	6	9	17	
	2	5,5		7	8	12	22	
	2,5	6		8	9	16	25	
	3	6,5		10	10	19	27	

Totalsättning med krypning för 3 meter grundvattensänkning (förväntad grundvattensänkning är ca 2,8 meter) under byggtiden med krypning mellan km 0+310 och km 0+450 är 16 – 19 cm.

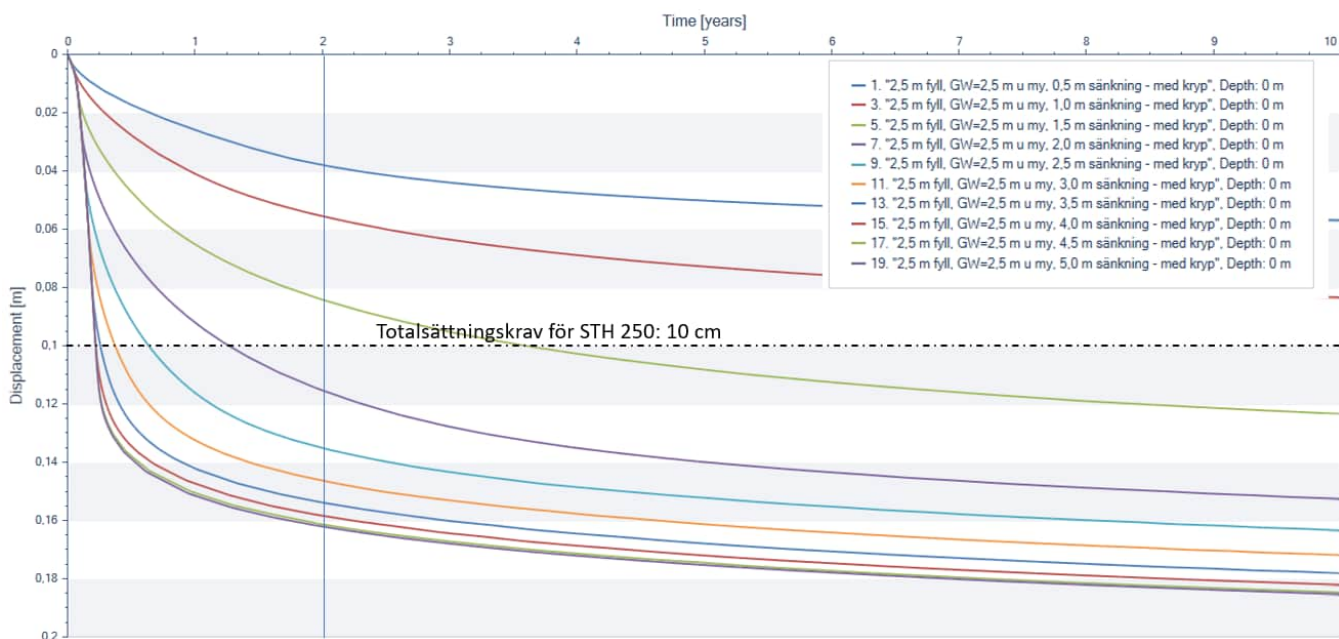


Figur 4.14. Beräknade sättningar för beräkningsfall 4 för 0,5–3,0 m grundvattensänkning – med krypning.

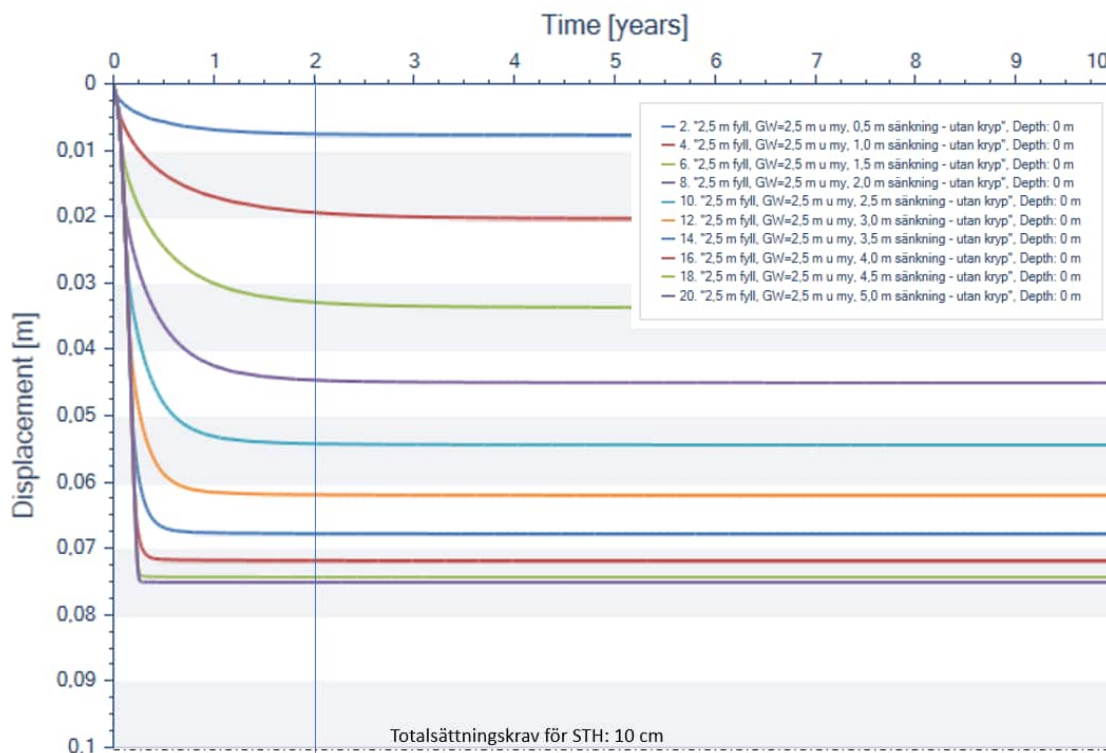
Tabell 86. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan på befintlig stambana för beräkningsfall 4.

Km Järnväg	Avsänkning (m)	Djup Grundvatten (m u my)	Underkant Lera (m u my)	Sättning storlek (cm)				Sättningskrav (cm)
				Utan kryp		Med kryp		
				2 år	10 år	2 år	10 år	
0+450- 0+530	0,5	3,5	6	-	-	4	5	Valt gränsvärde: 10 cm.
	1	4		-	-	5	7	
	1,5	4,5		-	-	7	8	
	2	5		-	-	8	9	
	2,5	5,5		-	-	8	9	
	3	6		-	-	8	9	

Totalsättning med krypning för 3 meter grundvattensänkning (förväntad grundvattensänkning är ca 4 meter) under byggtiden med krypning mellan km 0+450 och km 0+530 är ca 8 cm.



Figur 4.15. Beräknade sättningar för beräkningsfall 5 för 0,5–5,0 m grundvattensänkning – med krypning.



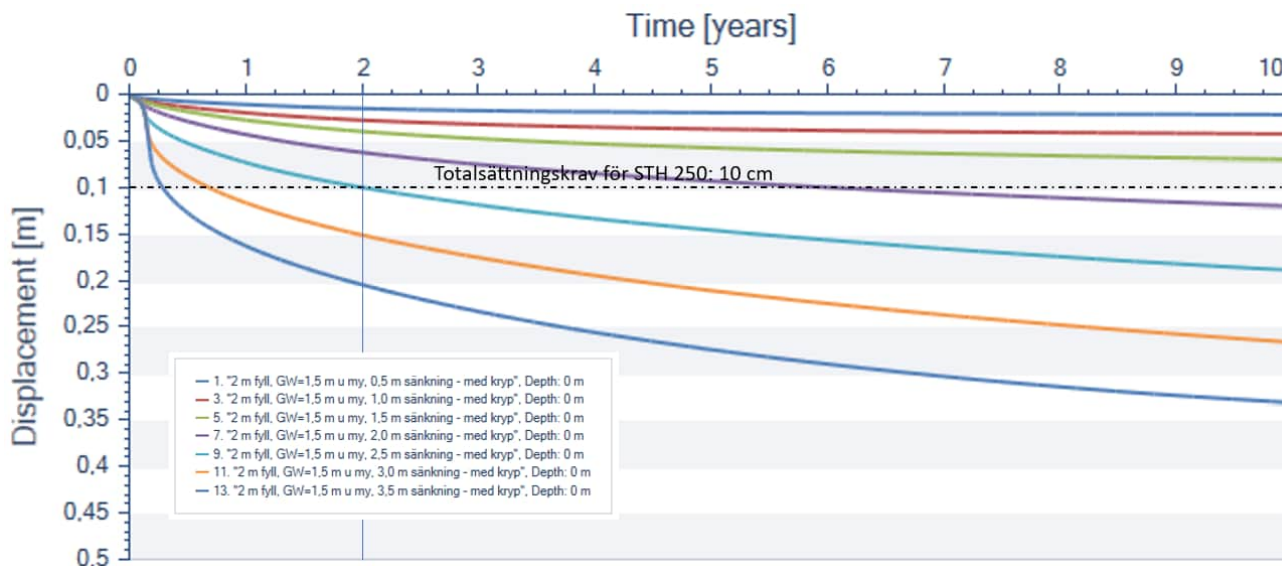
Figur 4.16. Beräknade sättningar för beräkningsfall 5 för 0,5–5,0 m grundvattensänkning –utan krypning.



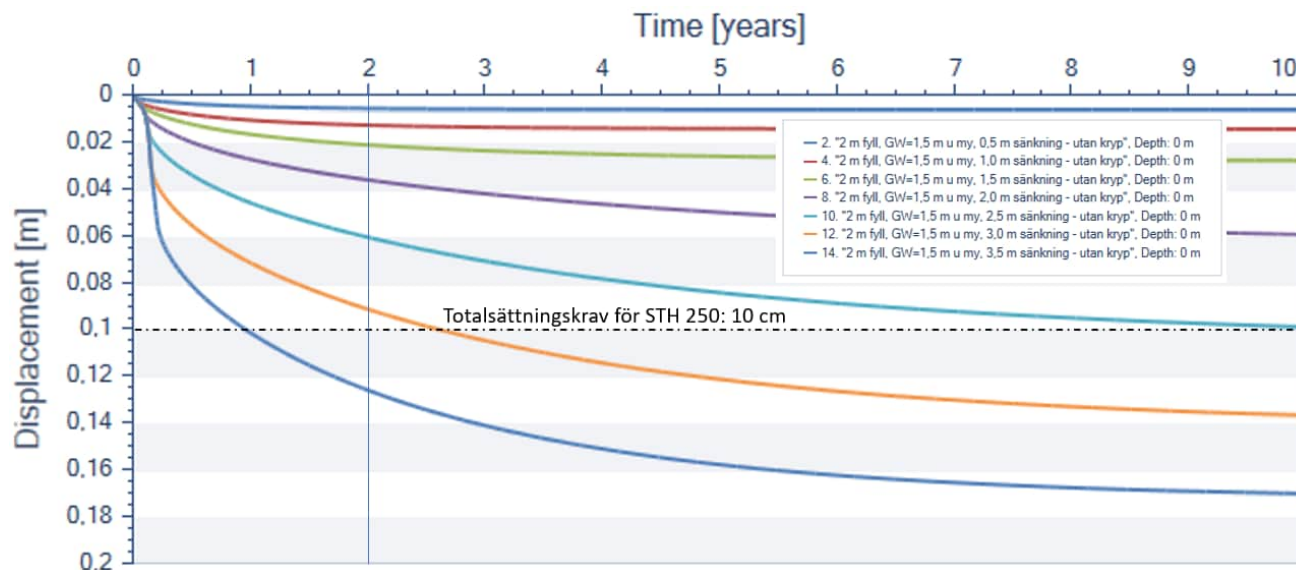
Tabell 87. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan på befintlig stambana för beräkningsfall 5.

Km Järnväg	Avsänkning (m)	Djup Grundvatten (m u my)	Underkant Lera (m u my)	Sättning storlek (cm)				Sättningskrav (cm)
				Utan kryp		Med kryp		
				2 år	10 år	2 år	10 år	
0+530- 0+680	0,5	3	7,5	1	1	4	6	Valt gränsvärde: 10 cm.
	1	3,5		2	2	6	9	
	1,5	4		4	4	9	13	
	2	4,5		5	5	12	16	
	2,5	5		6	6	14	17	
	3	5,5		7	7	15	18	
	3,5	6		7	7	16	18	
	4	6,5		8	8	16	19	
	4,5	7		8	8	17	19	
	5	7,5		8	8	17	19	

Totalsättning med krypning för 5 meter grundvattensänkning (förväntad grundvattensänkning är ca 5,4 meter) under byggtiden med krypning mellan km 0+530 och km 0+680 är ca 17 cm.



Figur 4.17. Beräknade sättningar för beräkningsfall 11 för 0,5–3,5 m grundvattensänkning – med krypning.

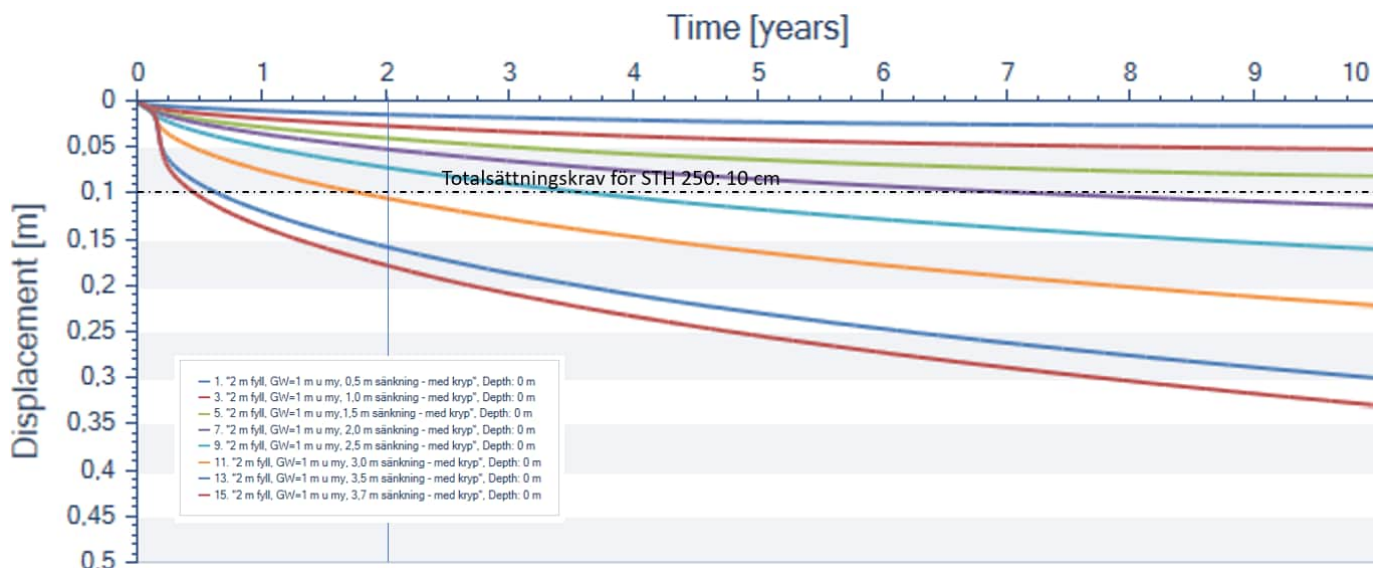


Figur 4.18. Beräknade sättningar för beräkningsfall 11 för 0,5–3,5 m grundvattensänkning –utan krypning.

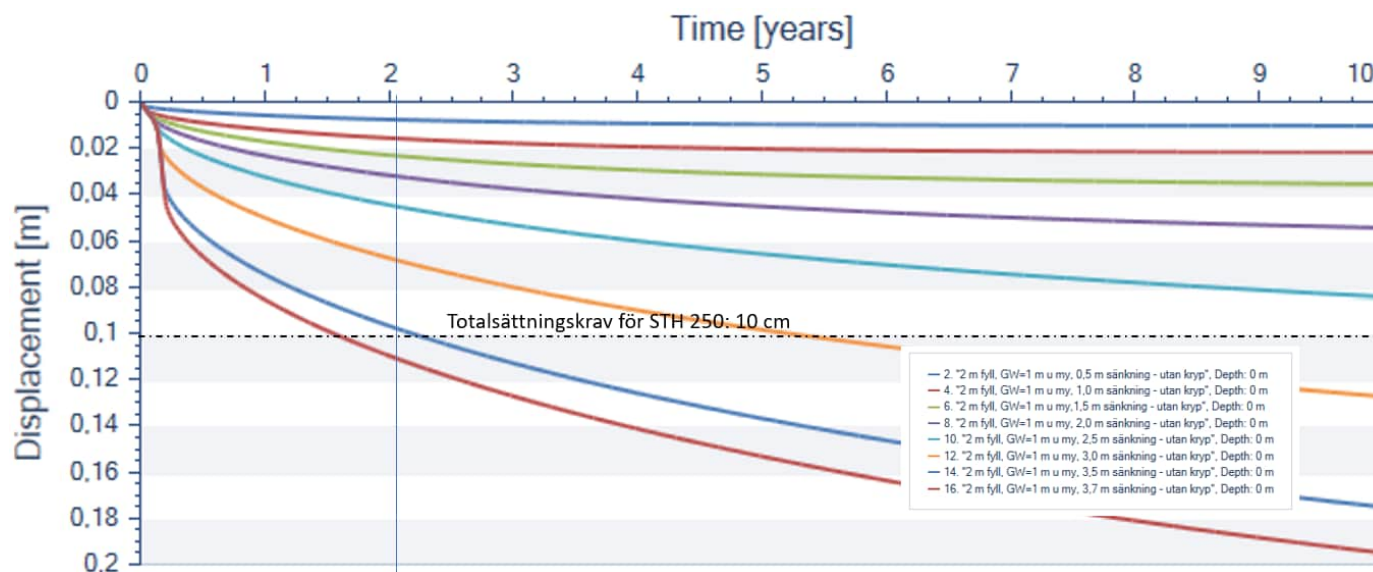
Tabell 88. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan på befintlig stambana för beräkningsfall 11.

Km Järnväg	Avsänkning (m)	Djup Grundvatten (m u my)	Underkant Lera (m u my)	Sättning storlek (cm)				Sättningskrav (cm)
				Utan kryp		Med kryp		
				2 år	10 år	2 år	10 år	
0+820 - 0+870	0,5	2	8	1	1	2	3	Valt gränsvärde: 10 cm.
	1	2,5		2	2	3	5	
	1,5	3,5		3	3	5	8	
	2	4,		4	6	7	13	
	2,5	4,5		7	10	10	19	
	3	5		9	14	15	27	
	3,5	5,5		13	18	21	34	

Totalsättning med krypning för 3,5 meter grundvattensänkning under byggtiden med krypning mellan km 0+820 och km 0+870 är ca 21 cm.



Figur 4.19. Beräknade sättningar för beräkningsfall 12 för 0,5–3,7 m grundvattensänkning – med krypning.



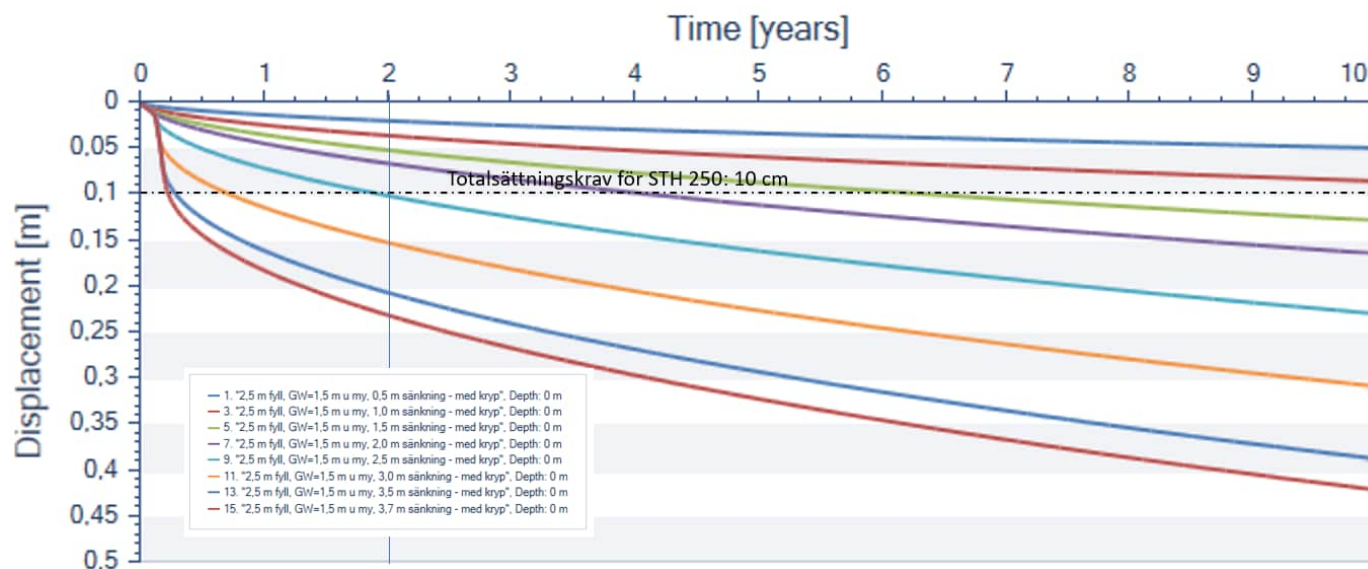
Figur 4.20. Beräknade sättningar för beräkningsfall 12 för 0,5–3,7 m grundvattensänkning –utan krypning.



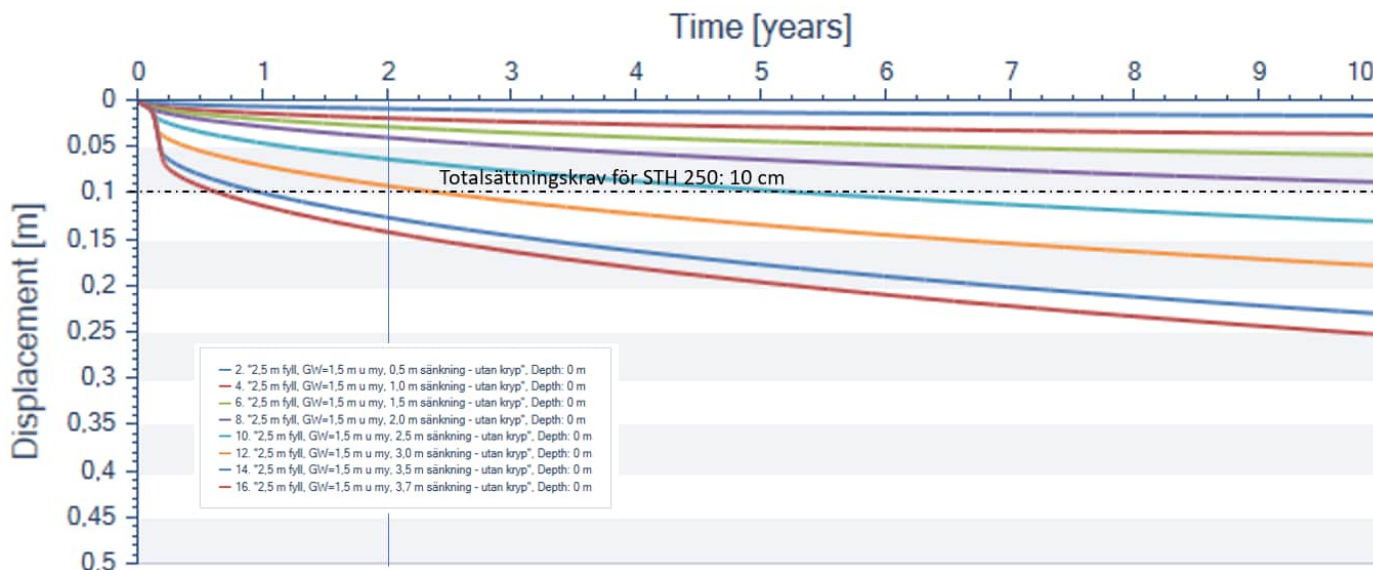
Tabell 89. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan på befintlig stambana för beräkningsfall 12.

Km Järnväg	Avsänkning (m)	Djup Grundvatten (m u my)	Underkant Lera (m u my)	Sättning storlek (cm)				Sättningskrav (cm)
				Utan kryp		Med kryp		
				2 år	10 år	2 år	10 år	
0+870 - 1+130	0,5	1,5	12	1	2	2	3	Valt gränsvärde: 10 cm.
	1	2		2	3	3	6	
	1,5	2,5		3	4	4	9	
	2	3		4	6	6	12	
	2,5	3,5		5	9	8	16	
	3	4		7	13	11	23	
	3,5	4,5		10	18	16	30	
	3,7	4,7		11	20	19	33	

Totalsättning med krypning för 3,7 meter grundvattensänkning under byggtiden med krypning mellan km 0+870 och km 1+130 är ca 19 cm.



Figur 4.21. Beräknade sättningar för beräkningsfall 13 för 0,5–3,7 m grundvattensänkning – med krypning.

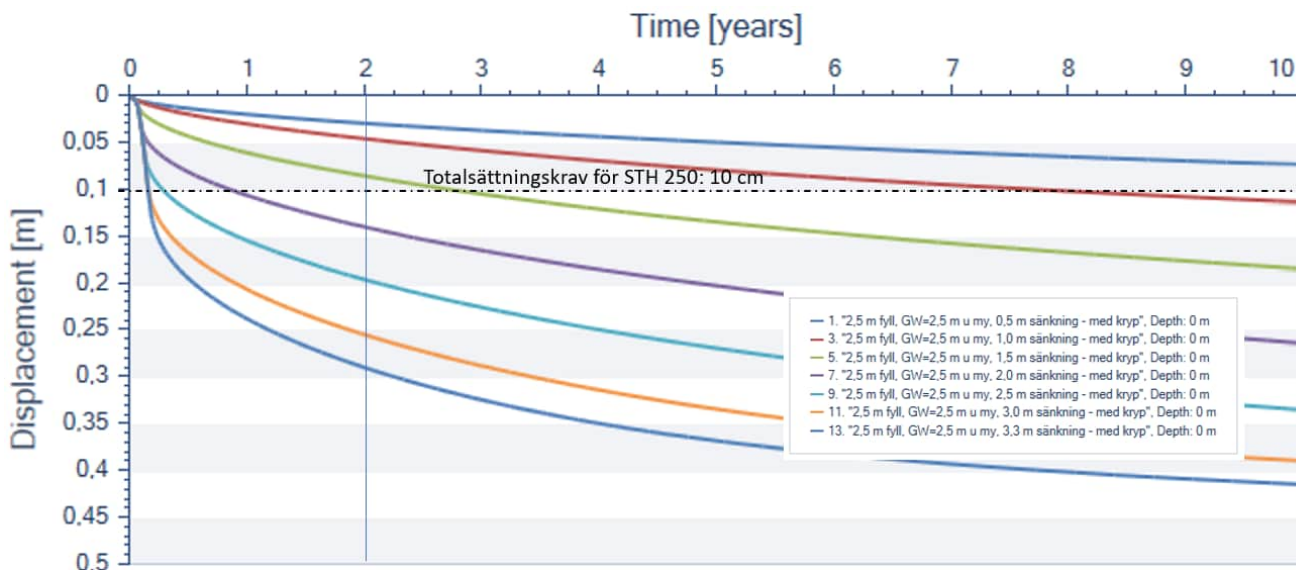


Figur 4.22. Beräknade sättningar för beräkningsfall 13 för 0,5–3,7 m grundvattensänkning –utan krypning.

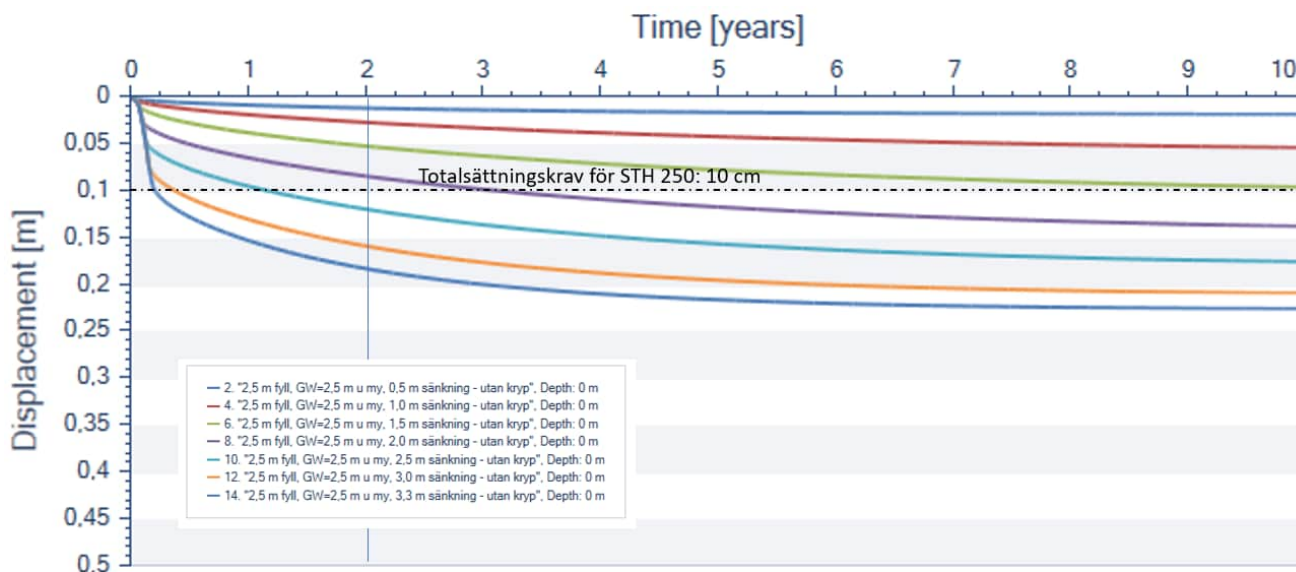
Tabell 90. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan på befintlig stambana för beräkningsfall 13.

Km Järnväg	Avsänkning (m)	Djup Grundvatten (m u my)	Underkant Lera (m u my)	Sättning storlek (cm)				Sättningskrav (cm)
				Utan kryp		Med kryp		
				2 år	10 år	2 år	10 år	
1+130 - 1+250	0,5	2	16,5	1	2	2	6	Valt gränsvärde: 10 cm.
	1	2,5		2	4	4	9	
	1,5	3		3	6	6	13	
	2	3,5		4	9	7	17	
	2,5	4		7	14	11	23	
	3	4,5		10	18	16	31	
	3,5	5		13	24	22	39	
	3,7	5,2		15	26	24	43	

Totalsättning med krypning för 3,7 meter grundvattensänkning under byggtiden med krypning mellan km 1+130 och km 1+250 är ca 24 cm.



Figur 4.23. Beräknade sättningar för beräkningsfall 14 för 0,5–3,7 m grundvattensänkning – med krypning.



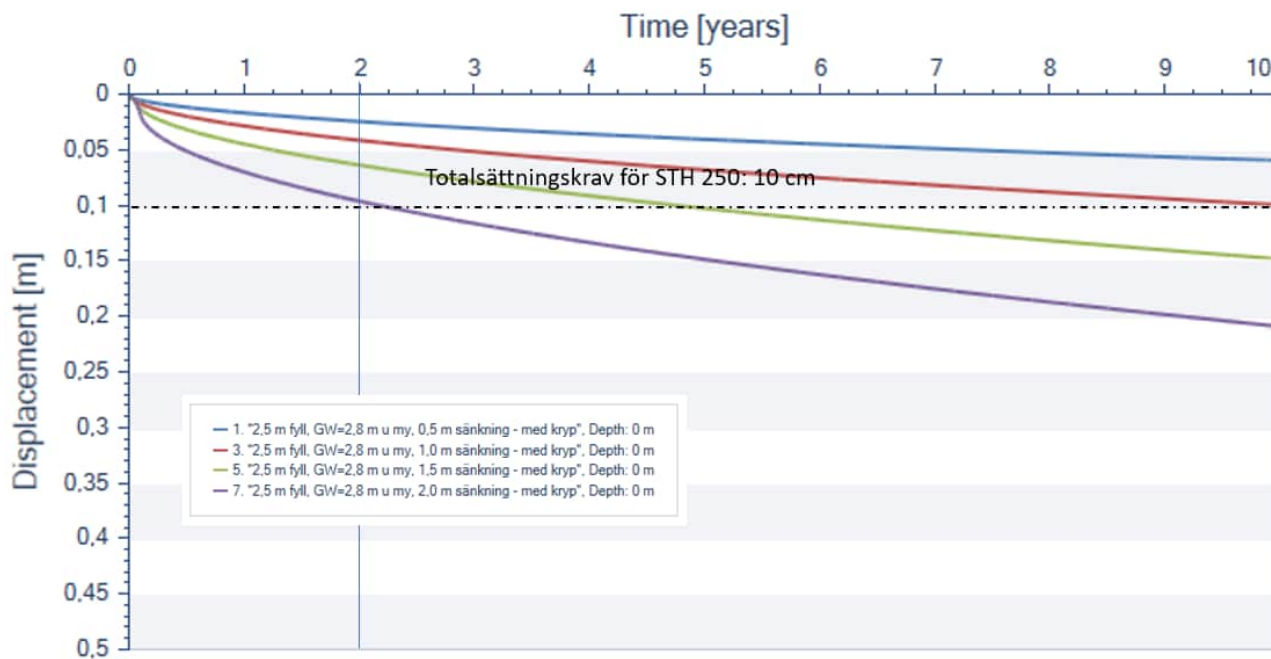
Figur 4.24. Beräknade sättningar för beräkningsfall 14 för 0,5–3,3 m grundvattensänkning –utan krypning.



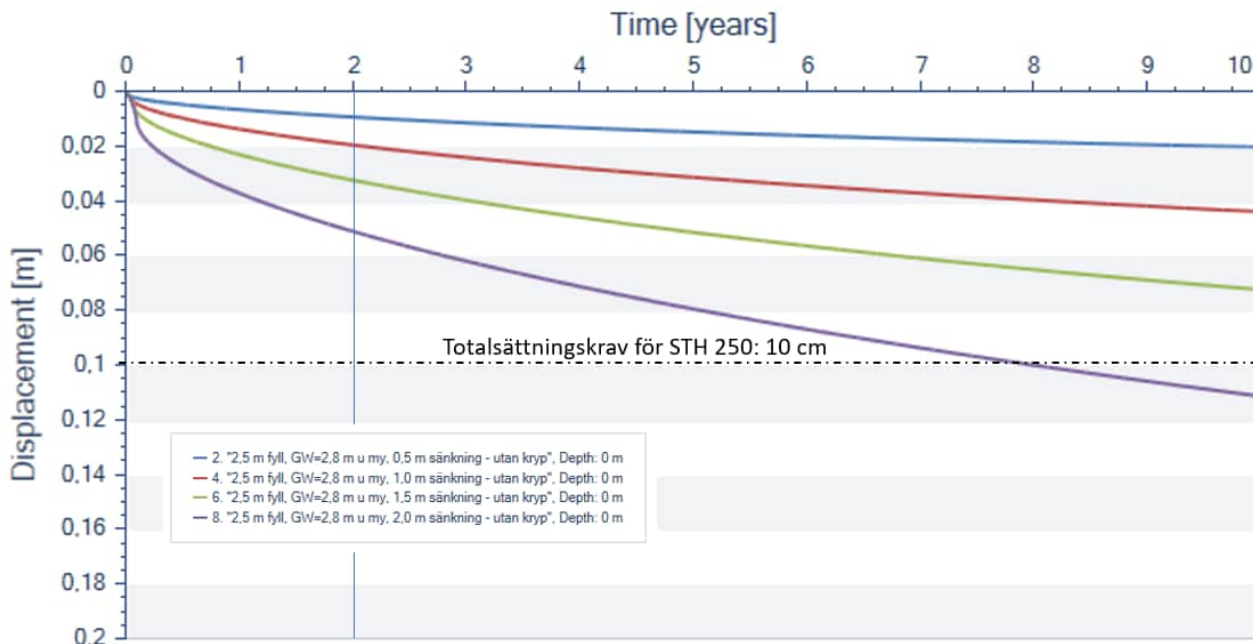
Tabell 91. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan på befintlig stambana för beräkningsfall 14.

Km Järnväg	Avsänkning (m)	Djup Grundvatten (m u my)	Underkant Lera (m u my)	Sättning storlek (cm)				Sättningskrav (cm)
				Utan kryp		Med kryp		
				2 år	10 år	2 år	10 år	
1+250 - 1+370	0,5	3	8,5		2	3	8	Valt gränsvärde: 10 cm.
	1	3,5		3	6	5	12	
	1,5	4		6	10	9	19	
	2	4,5		9	14	14	27	
	2,5	5		12	18	20	34	
	3	5,5		16	21	26	39	
	3,3	5,8		18	23	30	42	

Totalsättning med krypning för 3,3 meter grundvattensänkning under byggtiden med krypning mellan km 1+250 och km 1+370 är ca 30 cm.



Figur 4.25. Beräknade sättningar för beräkningsfall 15 för 0,5–2,0 m grundvattensänkning – med krypning.



Figur 4.26. Beräknade sättningar för beräkningsfall 15 för 0,5–2,0 m grundvattensänkning –utan krypning.

Tabell 92. Grundläggning, grundvattensänkning och påverkan på befintlig stambana för beräkningsfall 15.

Km Järnväg	Avsänkning (m)	Djup Grundvatten (m u my)	Underkant Lera (m u my)	Sättning storlek (cm)				Sättningskrav (cm)
				Utan kryp		Med kryp		
				2 år	10 år	2 år	10 år	
1+370 - 1+500	0,5	3,3	16	1	3	3	6	Valt gränsvärde: 10 cm.
	1	3,8		2	5	5	10	
	1,5	4,3		4	8	7	15	
	2	4,8		6	12	10	21	

Totalsättning med krypning för 2,0 meter grundvattensänkning (förväntad grundvattensänkning är ca 1,6 meter) under byggtiden med krypning mellan km 1+370 och km 1+500 är 7 – 10 cm.