

# PM Geoteknik

## Framnäs, Lidköping

### *Lidköping kommun*



Flygfoto över Framnäs Lidköping, hämtad från lantmäteriet 2021-05-17.

Datum: 2021-06-18	Rev. Datum:	Uppdragsnummer: 3220137
Handläggande Geotekniker:	Jakob Johansson, <a href="mailto:jakob.johansson@mitta.se">jakob.johansson@mitta.se</a>	
Uppdragsledare/ ansvarig:	Håkan Rosén, <a href="mailto:hakan.rosen@mitta.se">hakan.rosen@mitta.se</a>	
Utförande geotekniker:	Johannes Wanselius, <a href="mailto:johannes.wanselius@mitta.se">johannes.wanselius@mitta.se</a>	

## **ADMINISTRATIVA UPPGIFTER**

UPPDRAGSNAMN: Framnäs, Lidköping  
Geotekniskt PM

UPPDRAGSNUMMER: 3220137  
UPPRÄTTAD DATUM: 2021- 06 -18

BESTÄLLARE: Lidköping Kommun  
BESTÄLLARENS OMBUD:  
Bengt-Göran Nilsson

KONSULT: Mitta AB  
Organisationsnummer:  
556676-6647  
  
Handläggande geotekniker:  
Jakob Johansson  
  
Uppdragsledare/ansvarig:  
Håkan Rosén  
  
Utförande geotekniker:  
Johannes Wanselius  
  
Företagsadress:  
Gammelstadsvägen 5D, 972 41 Luleå  
Epost:  
hakan.rosen@mitta.se

## Innehåll

1 Uppdrag.....	5
2 Styrande dokument.....	5
3 Underlag.....	5
3.1 Tidigare utförd geoteknisk undersökning .....	5
3.2 Nu utförda geotekniska fält – och laboratorieundersökningar.....	5
4 Topografi och ytbeskaffenhet .....	6
5 Generella geotekniska förhållanden .....	6
5.1 Jordlagerföljd.....	6
5.1.1 Övre lager friktionsjord (sand) .....	6
5.1.2 Underliggande lager siltig lera.....	6
5.2 Sammanfattande och översikt av geotekniska förhållanden.....	7
5.3 Geohydrologiska förhållanden .....	8
6 Allmänna geotekniska parametrar .....	9
6.1 Sättningsparametrar erhållna från CRS-försök .....	10
6.1.1 Modul och modultal .....	10
6.1.2 Förkonsolideringstryck och $\sigma'_L$ .....	12
6.1.3 CV-tal .....	13
7 Odränerad skjuvhållfasthet uppmätta värden .....	13
7.1 Analys av skjuvhållfastheten, uppmätta värden .....	14
8 Sensitivitet .....	15
9 Geotekniska sättningsberäkningar .....	16
9.1 Spänningsnivåer .....	16
9.2 Metod för sättningsberäkningar .....	17
9.3 Jämförelse av beräknade sättningar .....	17
10 Krypsättningar .....	18
11 Stabilitetsförhållanden .....	18
12 Grundläggningsrekommendationer .....	18
12.1 Allmänt .....	18
12.2 Byggnader.....	18
12.3 Gator och VA .....	19
12.4 Mark .....	19
13 Mer geotekniska aspekter om grundläggning.....	20
13.1 Aktiv geoteknisk design.....	20
13.2 Schakter och fyllningar mm.....	20

14 Övrigt..... 21

15 Fortsatt geoprojektering ..... 21

**Tillhörande dokument: Markteknisk undersökningsrapport (MUR) Geoteknik Framnäs Lidköping**

**Bilaga 1 översikt av geotekniska förhållanden med beräknade sättningar**

**Bilaga 2 Sättningsberäkningar**

## 1 Uppdrag

Mitta AB har på uppdrag av Lidköping kommun utfört geotekniska undersökningar i Framnäsområdet i centrala Lidköping, se tillhörande MUR daterad 2021-06-17. Syftet med undersökningarna var att utgöra underlag för fortsatt planering av området. I samband med de geotekniska undersökningarna utfördes även miljögeotekniska undersökningar av Ensucon AB, något som redovisas i en separat rapport upprättad av Ensucon AB.

Detta geotekniska PM redogör bland annat för jordlagerföljd, jordens egenskaper och sätttningsberäkningar, med tyngdpunkt i sätttningsberäkningarna och konsolideringsförloppet i de djupare jordlagren av lerjord. Utifrån denna redogörelse ges grundläggningsrekommendationer för området.

## 2 Styrande dokument

För denna rapport har följande styrande dokument använts

- AMA 17
- TK Geo 13

## 3 Underlag

Detta PM baseras dels på underlag om tidigare utförda geotekniska undersökningar som tillhandahållits av beställaren, dels den av Mitta AB genomförda geotekniska utredningen.

### 3.1 Tidigare utförd geoteknisk undersökning

Underlag som har tillhandahållits av beställaren för geotekniska förhållanden i dels närliggande områden, dels i aktuellt område har sammanställts av Mitta AB och redovisas i tillhörande MUR och Bilaga

- Inventering av tidigare utförda geotekniska undersökningar daterad 2021-03-23.

### 3.2 Nu utförda geotekniska fält – och laboratorieundersökningar

Resultat från den av Mitta AB genomförda geotekniska undersökningen med tillhörande bilagor och laboratorieresultat redovisas i Markteknisk undersökningsrapport (MUR) geoteknik daterad 2021-06-17.

Utifrån tidigare geotekniska undersökningar fanns tydliga indikationer på att jordlagerföljden i området till stor del består av ett mäktigt lager lera. Utifrån denna information valdes för de geotekniska undersökningarna 5 borrhävar ut som så kallade karakteristiska borrhävar, där flera olika geotekniska undersökningsmetoder utfördes och ostörd provtagning utfördes på flera nivåer. Syftet var att ge en kvalitativ bild av hela området och för flera nivåer. Utöver detta utfördes även flera skruvprovtagningar i samband med Ensucon AB och deras miljöprovtagning, ner till dess att lerjorden först anträffades.

Således har i området har följande geotekniska fältundersökningar utförts:

- 5 CPT-sonderingar för bestämning av
- 3 Trycksonderingar
- 2 Viktsonderingar
- 5 Vingborr, för bestämning av lerans odränerade skjuvhållfasthet in-situ
- Ostörd provtagning i 5 karakteristiska provpunkter på 19 nivåer

- Störd provtagning med skruvborr i 44 punkter
- Montering av 5 grundvattenrör med avläsning

Följande laboratorieundersökningar har utförts:

- CRS utvärdering för 19 nivåer (4 – 20 meter under markyta) för bestämning av lerjordens sättningssparametrar
- Rutinundersökning för 22 störda jordprover

## **4 Topografi och ytbeskaffenhet**

Området är relativt flackt med höjdnivåer mellan ca +46 till +48,3. Där de lägre nivåerna i huvudsak anträffas mot Vänern. Marken i området utgörs dels av anlagda gräsytor (fotbollsplaner och Framnäs IP), dels av asfalterade ytor i form av väg och parkeringsytor.

## **5 Generella geotekniska förhållanden**

### **5.1 Jordlagerföljd**

Information om jordlagerföljden har erhållits ifrån fältundersökningar och laboratoriearbeten. Denna information har värderats och analyserats varefter en bedömning av jordlagerföljden har gjorts för hela området. Här värderas resultat från utförda laboratorieundersökningar högst följt av fältanteckningar.

#### **5.1.1 Övre lager friktionsjord (sand)**

Se tillhörande MUR med sektionsritningar för en överblick av jordlagerföljden för hela området. I området anträffas för det övre jordlagret nästan uteslutande fyllning med varierande nivåer (ca 0–1 meter under markytan), där större mäktigheter framför allt anträffas vid anlagda ytor (fotbollsplaner och parkeringsytor). Detta efterföljs av i huvudsak sand, som med djupet får ökat innehåll silt, och som vid omkring ca 3–4 meter övergår till en siltig lera. Dessa förhållanden är likartade de för tidigare utförda geotekniska undersökningar i närliggande områden.

#### **5.1.2 Underliggande lager siltig lera**

För den bedömda underliggande siltig leran har rutinundersökningar utförts på ostörda prover. En sammanfattning och tolkning av dessa undersökningar för hela områdets görs utifrån 5 karakteristiska provpunkter och 19 nivåer, se Tabell 1. Se även tillhörande MUR och laboratorieprotokoll för samtliga ostörda rutinundersökningar. Utifrån detta framgår att lerjorden med ökat djup övergår till en jord med mer siltig innehåll och med förekommande sandskikt.

Stopp har erhållits utifrån utförda vikt – och trycksonderingar vid ca 25–28 meter under markytan. Detta överensstämmer med tidigare undersökningar i närliggande områden där jorddjup och avslut i berg har anträffats omkring ca 28–34 m.

Jordlagret bedöms utifrån utförda skruvprovtagningar och siktningar tillhöra:

- Nivå 2,4–4,3 – tills ca 25–28 meter under markytan utifrån utförda vikt – och trycksonderingar.
  - Jordlagret (siltig lera) bedöms till tjälfarlighetsklass 4 och materialtyp 5A.

Tabell 1: Jordlagerföljd utifrån ostörda provtagningar och laboratorieundersökningar

Nivå (m u my)	Beskrivning
4	Bedöms i huvudsak som grå siltig lera. Även enstaka växtrester förekommer.
8	Bedöms i huvudsak som siltig lera. Även enstaka tunna sandskikt förekommer.
12	Bedöms i huvudsak som siltig lera. Även enstaka tunna sandskikt förekommer. Troligtvis följer mellan 12 – 16 meter ett jordlager av annan karaktär än tidigare jordlager.
16	Bedöms både som sandig siltig lera och grå ngt. sandig lerig silt. Även enstaka tunna sandskikt förekommer. Troligtvis följer mellan 16 – 20 meter ett jordlager av annan karaktär än tidigare jordlager.
20	Bedöms både som sandig siltig lera och grå ngt. sandig lerig silt. Även enstaka tunna sandskikt/sandkörtlar förekommer.

Vidare framgår utifrån utförda sonderingar och analyser av dels sättningparametrar, dels den odränerade skjuvhållfastheten hur jorden ändrar karaktär, först mellan 12–16 meter under markytan, där lerjordens permeabilitet och skjuvhållfasthet minskar. Efterföljt av detta ändrar jorden åter karaktär mellan åtminstone 16 – 20 meter under markytan, där skjuvhållfastheten och permeabiliteten åter ökar.

## 5.2 Sammanfattande och översikt av geotekniska förhållanden

Nedan redovisas en sammanfattning och översikt för de geotekniska förhållandena utifrån indelade områden. I Figur 1 redovisas en beskrivning av det övre jordlagret friktionsjord (sand), erhållna stopp från vikt – och trycksonderingar och beräknade sättningar för hela jordlagerföljden. Se även Bilaga 1 översikt av geotekniska förhållanden med beräknade sättningar. Ett stöd för nedanstående områdesindelning för det ytliga jordlagret baseras även på fältanteckningar från Ensucon. Sättningarna har beräknats för de 5 karakteristiska borrhöjningarna. Se Bilaga 2 för fullständiga sättningsberäkningar för respektive borrhöjning.



Figur 1: Översikt av geotekniska förhållanden och beräknande sättningar

### 5.3 Geohydrologiska förhållanden

De geohydrologiska förhållanden har bedömts utifrån 5 placerade grundvattenrör där grundvattennivåer uppmätts 1 gång 2021-05-04. Sammantaget bedöms grundvattennivån ligga omkring 1,0–1,5 meter under markytan, med undantag för provpunkt 21MI029 där grundvattennivån uppmättes till 2,65 meter under markytan. Utifrån uppmätta grundvattennivåer och marknivåmätningar beräknas grundvattengradienter. Se Tabell 2–3 för beräknande grundvattennivåer med avseende på RH2000, grundvattennivåer uppmätta av Ensucan 2021-05-04.



Tabell 2: Uppmätta grundvattennivåer av Ensucon 2021-05-04

Grundvattenrör	Grundvattennivå (RH 2000)
21MI002	+ 45,56
21MI028	+45,1
21MI029	+45,35
21MI037	+45,32
21MI043	+45,925

Tabell 3: Analys av nivåer och grundvattengradienter

Provpunkter för vilka lutning beräknas	Längd mellan provpunkter [m]	Höjdskillnad [m]	Lutning [%]
21MI002 - 21MI028	150	0,46	0,3
21MI002 - 21MI037	180	0,24	0,13
21MI043 - 21MI037	104	0,605	0,58
21MI043 - 21MI028	200	0,825	0,42
21MI043- 21MI002	212	0,365	0,17

Dessa grundvattenmätningar och ovanstående beräkningar visar på en grundvattengradient som går i nordlig och nordostlig riktning mot Väneren. Även om uppmätta skillnader är relativt små, vilket innebär att gradienten är låg. Ytterligare grundvattenmätningar bör under en längre period utföras för att få ett mer tillförlitligt värde då grundvattennivåer fluktuerar under året.

## 6 Allmänna geotekniska parametrar

Utifrån undersökningsresultat och laboratorieanalys har en utvärdering av jordens deformations- och hållfasthetsegenskaper utförts.

## 6.1 Sättningsparametrar erhållna från CRS-försök

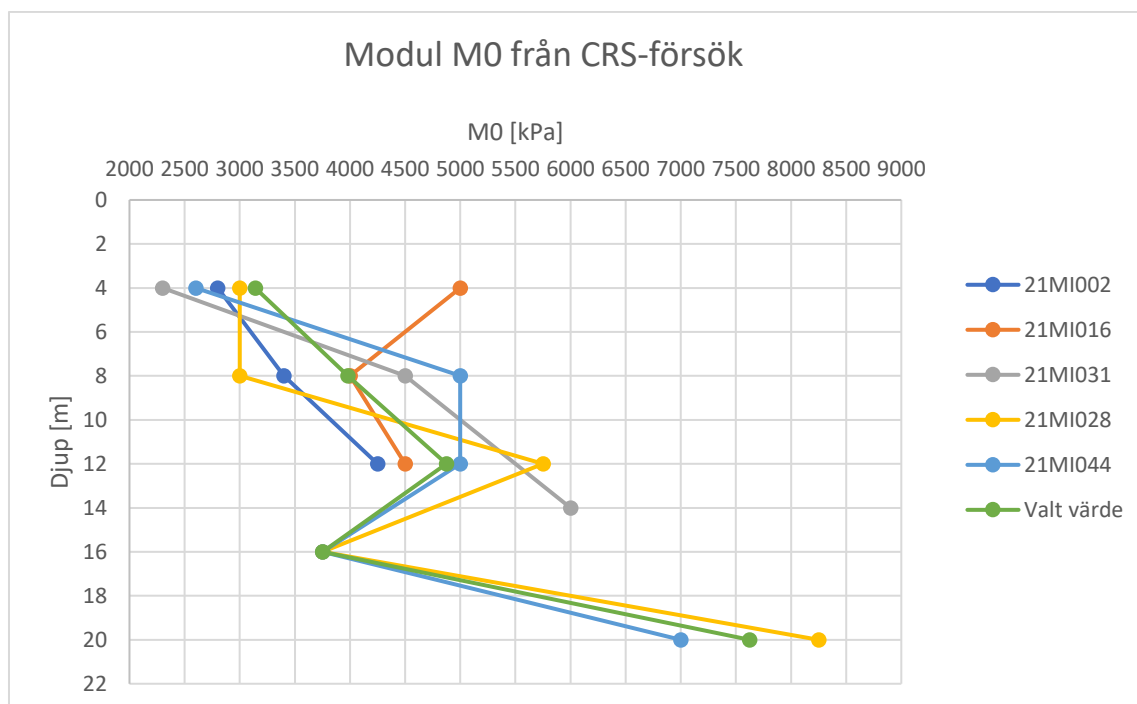
Följande kapitel ger ett karakteristiskt medelvärde för geotekniska sättningsparametrar erhållna från utförda CRS-försök och 5 karakteristiska borrh punkter.

Karakteristiska sättningsparametrar har erhållits utifrån utförda CRS-försök, se tillhörande MUR för laboratorieprotokoll. Dessa parametrar sammanställs och medelvärden beräknas för hela området, se Figur 2–7.

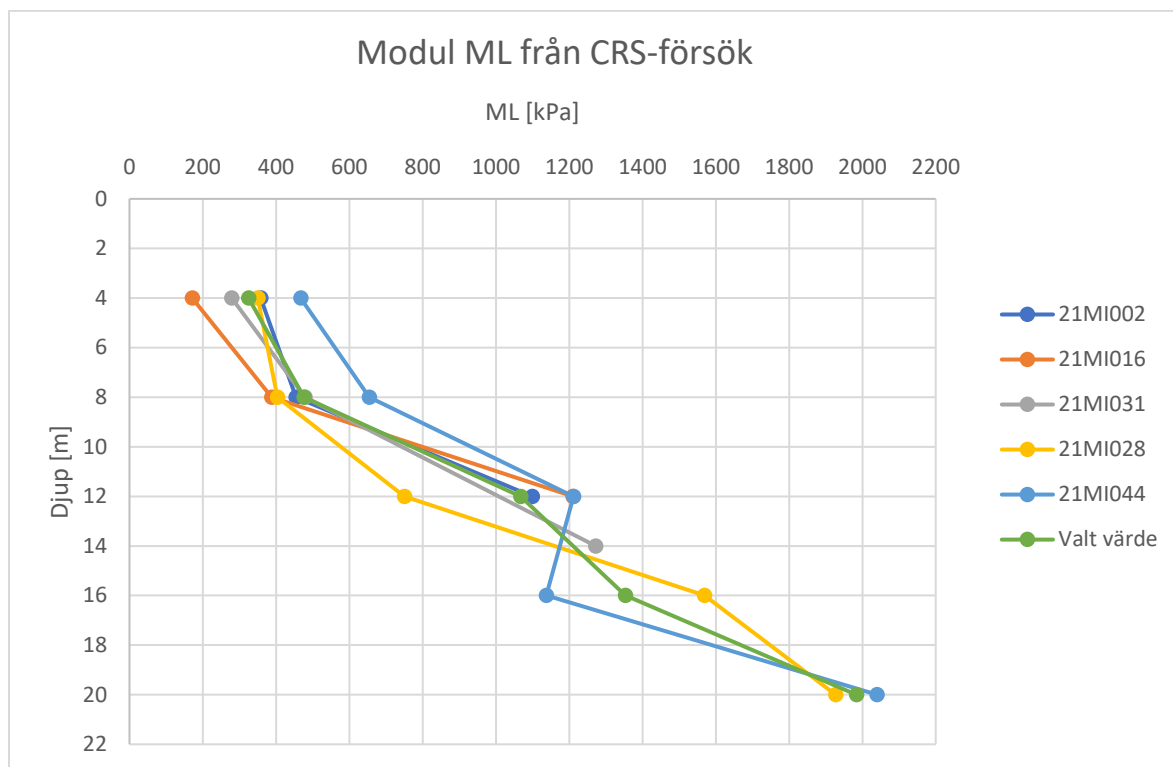
En utvärdering av Figur 2–7 visar på att jorden är av relativt enhetlig karaktär till djupet 8–12 m varefter en jord av siltigare karaktär anträffas. Från djupet 12–16 m fås generellt sett flackare modultal och lägre cv-tal (lägre permeabilitet), något som indikerar på en annan typ av jord än den överliggande. Mellan 16 – 20 meter ökar modul – och cv-talen åter, vilket tyder på att jorden återigen ändrar karaktär, däremot inte nödvändigtvis till samma typ av jord som den som anträffas mellan ca 4–12 m. Detta delvis då utförda laboratorieundersökningar visar på en ökad densitet på jorden från djupet 16–20 m. Notera att för djupet 16–20 meter har jordprover för totalt 4 nivåer analyserats, varför slutsatser för dessa nivåer är något osäkrare i jämförelse med djup 4–12 meter där totalt 15 nivåer analyserats.

### 6.1.1 Modul och modultal

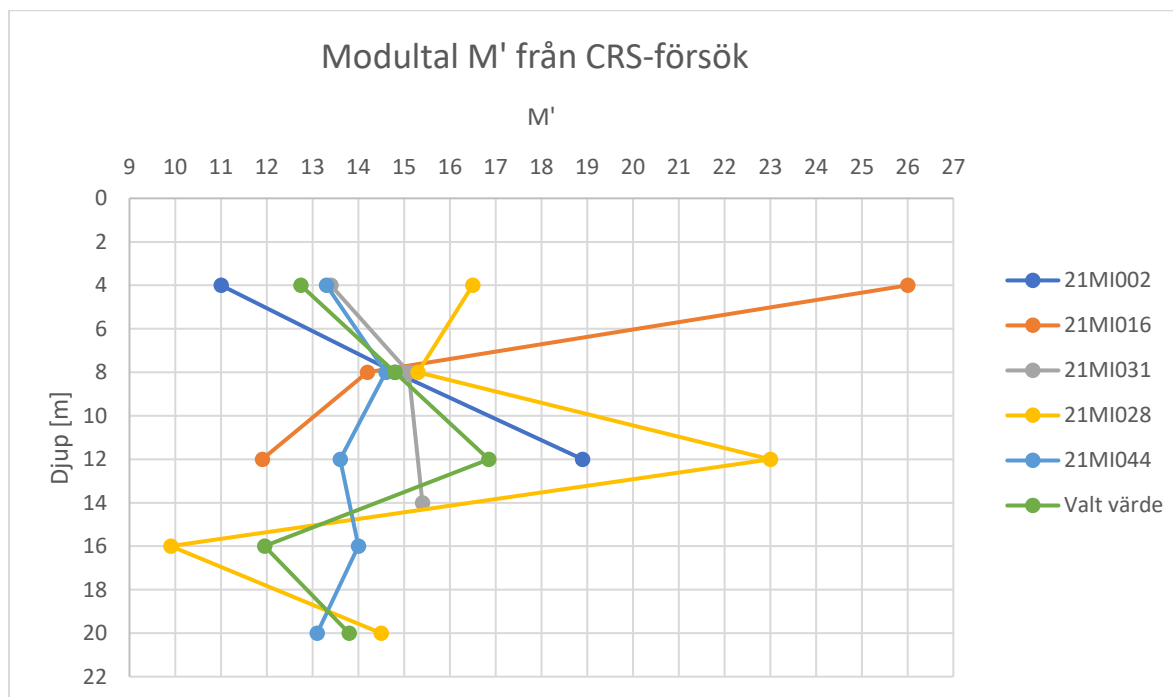
Nedan i Figur 2–4 redovisas moduler och modultal från utförda CRS-försök för nivåer 4–20 m.



Figur 2: Modul  $M_0$ , medelvärde för hela området



Figur 3: Modul ML, medelvärde för hela området

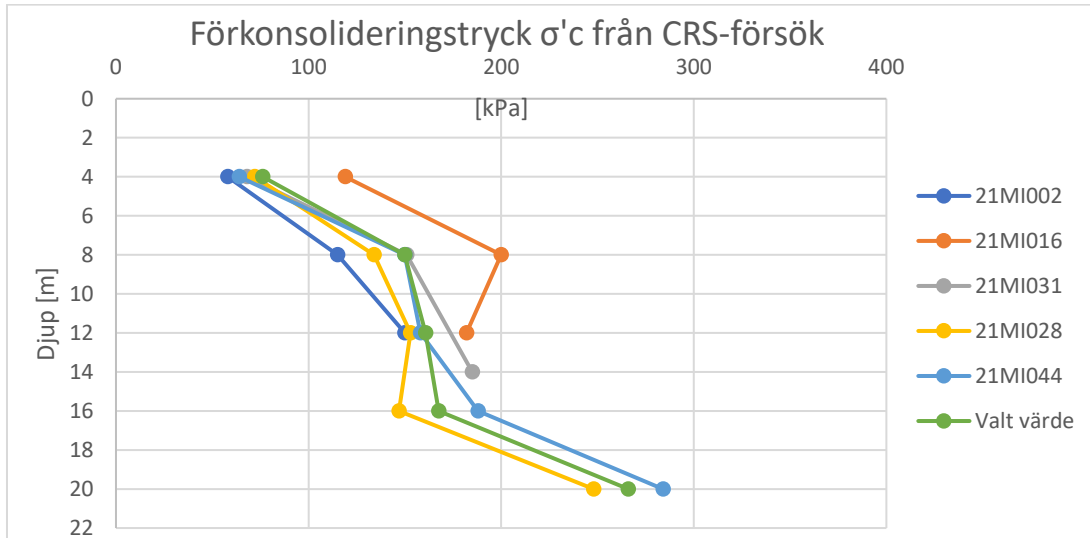


Figur 4: Modultal M', medelvärde för hela området

### 6.1.2 Förkonsolideringstryck och $\sigma'_L$

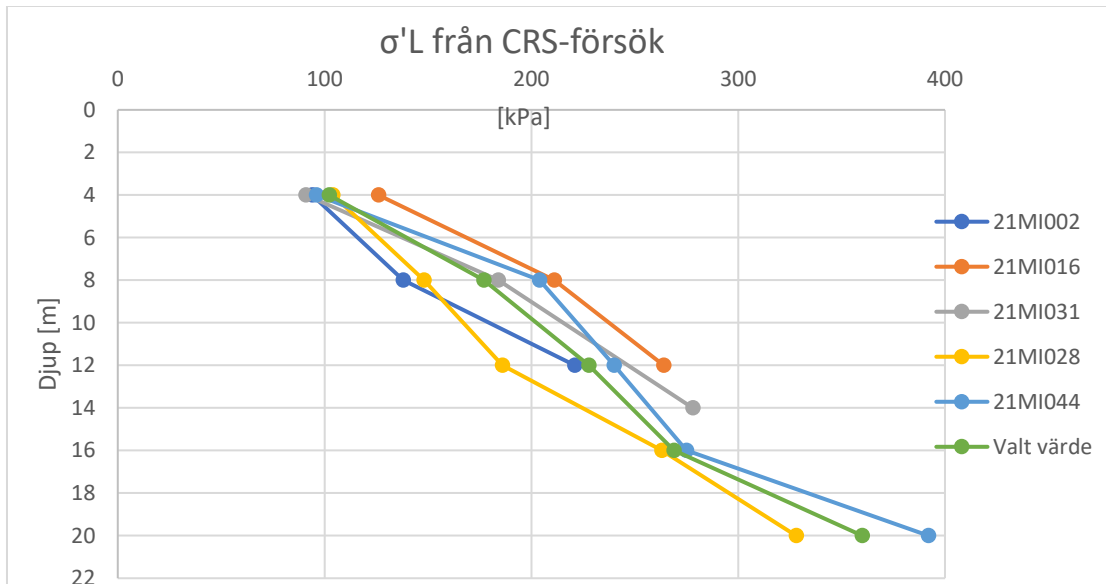
I Figur 5 redovisas förkonsolideringstrycket  $\sigma'_c$

Förkonsolideringstrycket ter sig likartat för samtliga borrhöjningar från djupet 4 – 8 varefter ökningen avtar i storlek (flackare kurvor) från djupet 8–16 m, (minskar för borrhöjning 21MI016 nivå 8 – 12 och 21MI028 nivå 12–16 m). Från djupet 16–20 m ökar förkonsolideringstrycket åter med en brantare kurva. Notera det höga förkonsolideringstrycket för borrhöjning 21MI016, där marken troligtvis tidigare har varit utsatt för större laster jämfört med resterande borrhöjningar.



Figur 5: Förkonsolideringstryck  $\sigma'_c$ , medelvärde för hela området

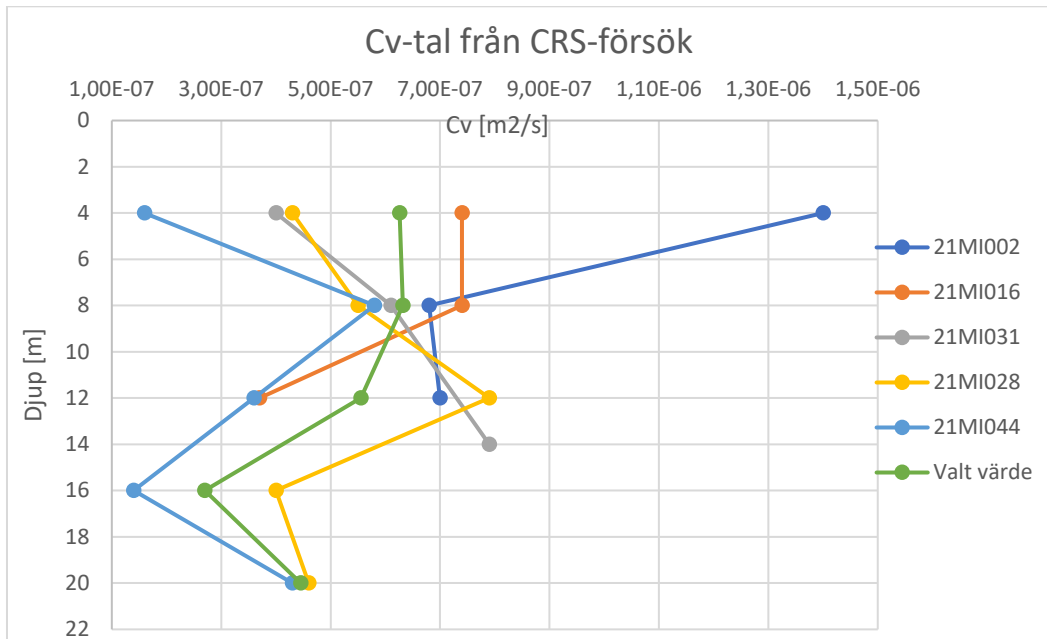
Se Figur 6 för  $\sigma'_L$  från utförda CRS-försök.



Figur 6:  $\sigma'_L$ , medelvärde för hela området

### 6.1.3 CV-tal

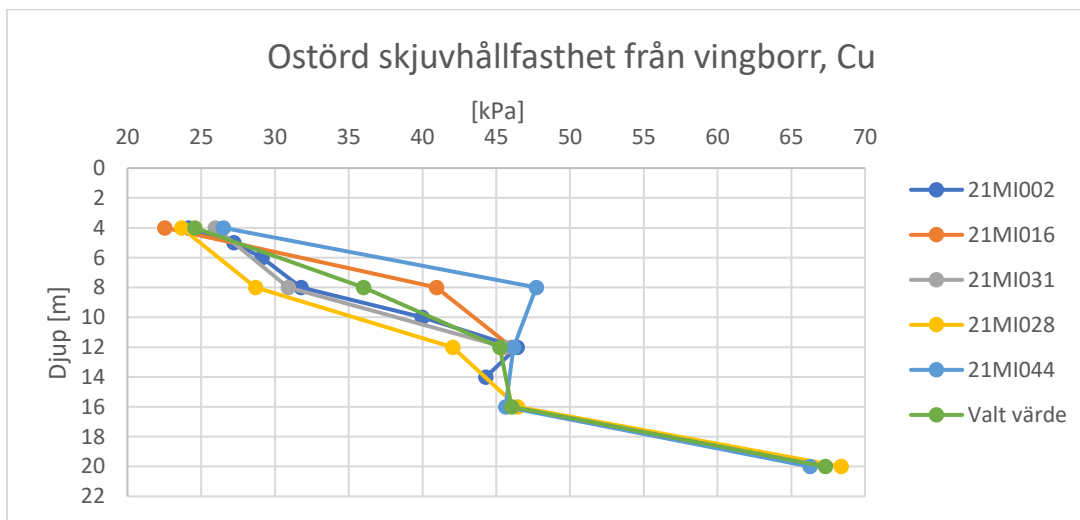
Se figur 7 för uppmätta cv-tal och ett beräknat medelvärde. Notera minskningen i CV-tal från 12 till 16 meter varefter det åter igen ökar från 16 – 20 meter. Vilket indikerar på att jorden ändrar karaktär.



Figur 7: Cv-tal, medelvärde för hela området

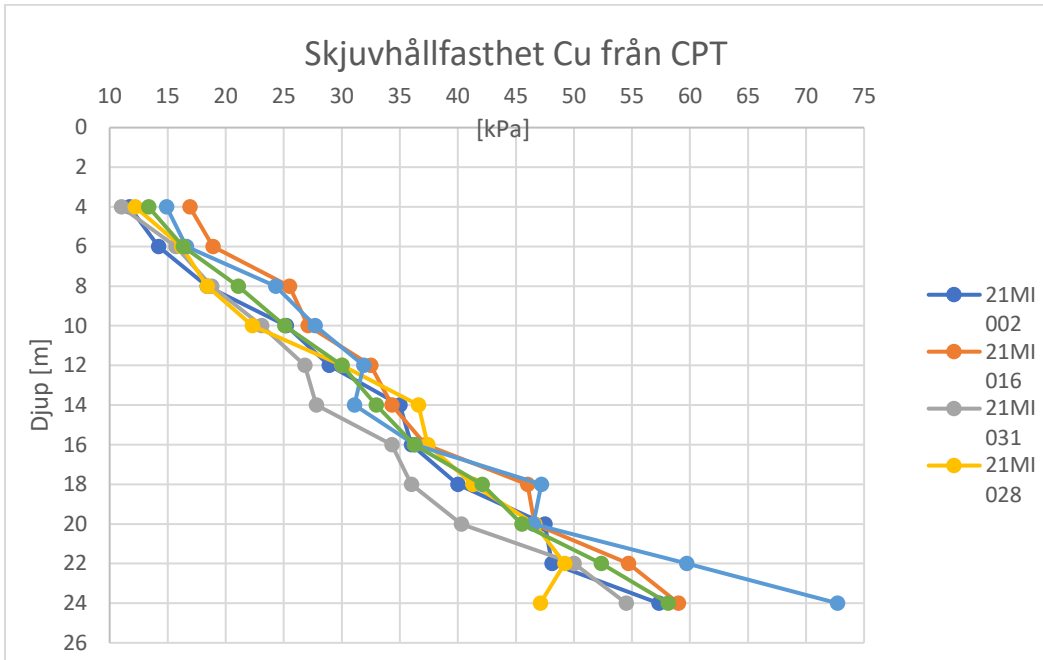
### 7 Odränerad skjuvhållfasthet uppmätta värden

Den odränerade och ostörda skjuvhållfastheten har utvärderats utifrån utförd vingborr, CPT-sonderingar och konförsök. Dessa parametrar sammanställs och ett medelvärde för hela området beräknas för respektive metod, se Figur 8–10. Vidare presenteras i Figur 11 en jämförelse för dessa medelvärden. I Figur 8 visas den ostörda in-situ skjuvhållfastheten från utförd vingborr.



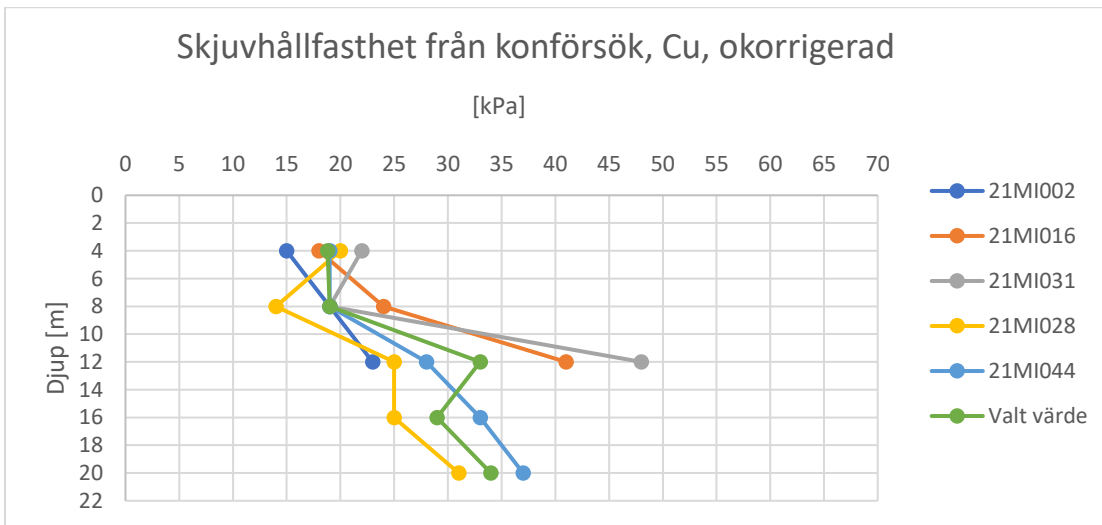
Figur 8: Ostörd skjuvhållfasthet utifrån utförd vingborr, medelvärde för hela området

I figur 9 redovisas den odränerade skjuvhållfastheten från CPT-utvärderingar i Conrad.



Figur 9: Odränerad skjuvhållfasthet från CPT-utvärderingar i Conrad, medelvärde för hela området

I Figur 10 redovisas den okorrigerade skjuvhållfastheten från utförda konförsök.



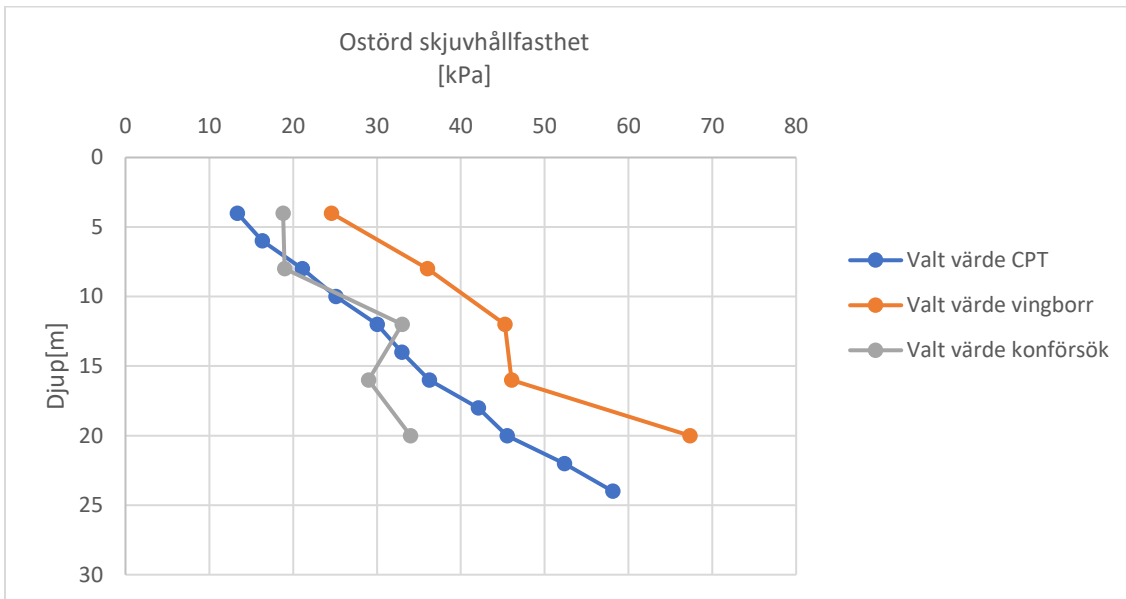
Figur 10: Skjuvhållfasthet från konförsök, okorrigerad

### 7.1 Analys av skjuvhållfastheten, uppmätta värden

Nedan följer en analys och jämförelse av de utvärderade skjuvhållfastheterna.

CPT-utvärderingar i CONRAD kan innebära en viss osäkerhet då ingångsparametrarna i hög grad påverkar utvärderingarna. Utvärderingar mellan provpunkterna för CPT-utvärderingen skiljer sig däremot inte nämnvärt, vilket ger en indikation på att lerans skjuvhållfasthet i området är relativt likartat. Notera skillnaden mellan skjuvhållfastheten från CPT-utvärderingarna och den utvärderade skjuvhållfastheten från CRS-försök och utförda konförsök. Här påträffas inte samma minskning i skjuvhållfasthet vid djupet 12 – 16 m för CPT-utvärderingarna. En möjlig förklaring kan vara att fel

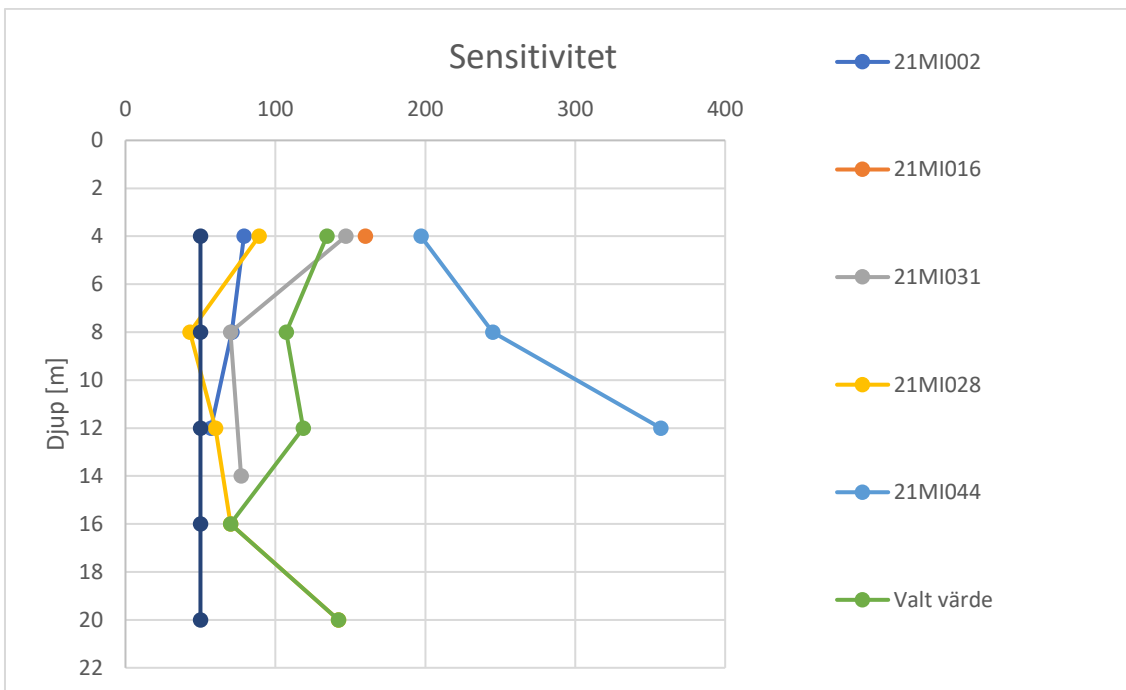
ingångsparametrar anges till CONRAD för dessa nivåer (då jorden troligtvis vid dessa nivåer ändrar karaktär).



Figur 11: Jämförelse mellan valda värden för ostörda skjuvhållfastheter

## 8 Sensitivitet

I figur 12 redovisas sensitiviteten erhållen från ostörd provtagning. Notera att för samtliga nivåer och borrhöjningar överstigs eller ligger sensitiviteten på gränsen för att klassificeras som kvicklera med avseende på sensitivitet, det vill säga en sensitivitet större än 50.



Figur 12: Uppmätt sensitivitet från konförsök

## 9 Geotekniska sättningsberäkningar

### 9.1 Spänningsnivåer

För beräkningar av sättningar krävs kännedom om jordens spänningsnivåer och deformationsegenskaper. Spänningsnivåerna i jorden kan beräknas med till exempel utbredda laster och jämföras med förkonsolideringstrycket.

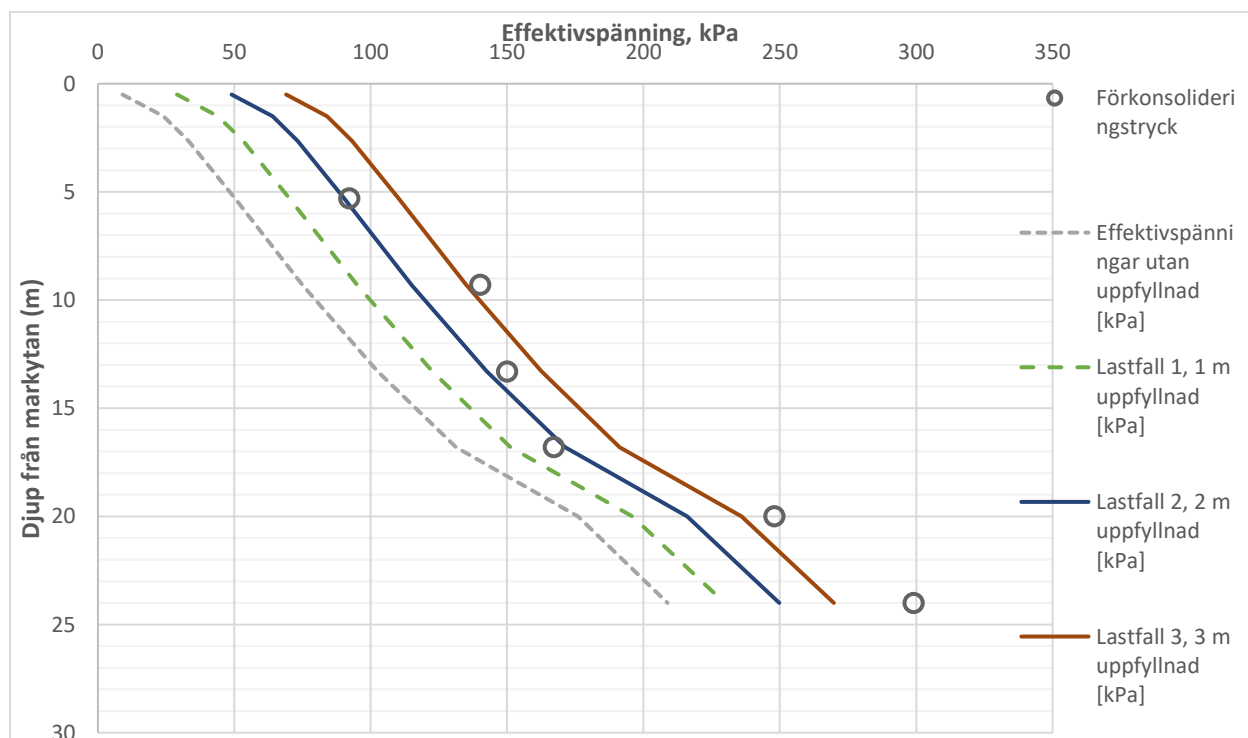
Här syftar en utbredd last på en last över en större yta där lastökningen inte avtar med djupet, exempelvis uppfyllningar, detta i motsats till laster där spänningen avtar med djupet, till exempel plattgrundläggning.

Förkonsolideringstrycket bestäms på upptagna ostörda lerprover på laboratorium och CRS-försök.

Utifrån bestämt förkonsolideringstryck kan konstateras att leran i området har relativt enhetliga konsolideringsegenskaper. Men där provpunkt 21MI016 sticker ut med en högre överkonsolideringsgrad i jämförelse med resterande provpunkter och provpunkt 21MI002 med en lägre förkonsolideringsgrad. Sammantaget gäller för området att leran är att betrakta som överkonsoliderad med en överkonsolideringsgrad (OCR) om ca 1,4–2. Viss variation förekommer i området, där framför allt högre överkonsolideringsgrader har uppskattats. Att leran är överkonsoliderad bekräftas även av tidigare utförda geotekniska undersökningar

För att undersöka jordens förmåga att bära laster med avseende på sättningar har sättningsberäkningar utförts i 5 karakteristiska provpunkter där parametrar från utförda CRS-försök framför allt har använts.

Se Figur 13 för hur förkonsolideringstrycket förhåller sig till olika lastfall för provpunkt 21MI028. Se även Bilaga 2 Sättningsberäkningar för fullständiga sättningsberäkningar för respektive provpunkt.



Figur 13: Spänningsdiagram med lastfall och valt förkonsolideringstryck vid beräkningar, provpunkt 21MI028



## 9.2 Metod för sättningsberäkningar

Jorden har delats in i delskikt med materialparametrar som erhållits från CRS-försök och utvärderade CPT-sonderingar, varefter primära sättningar har beräknats för varje delskikt och summerats. Med andra ord har krypsättningar inte beaktats.

Vid beräkningar har erhållna parametrar från både CRS-försök och utvärderade CPT-sonderingar nyttjats. För nivåer där materialparametrar saknas från antingen CRS-försök eller CPT-sonderingar har dessa uppskattats via interpolering mellan närliggande värden och nivåer och/eller en rimlighetsbedömning. Även konsolideringsförloppet har beräknats för respektive provpunkt med cv-tal erhållna från utförda CRS-försök.

Lasten antas spridas utan lastfördelning genom hela jordlagret, det vill säga, till exempel en uppfyllnad om 1 m (20 kPa) innebär att varje enskilt delskikt belastas med 20 kPa.

E-modulen för de överliggande jordlagret av friktionsjord har utvärderats från utförda viktsonderingar till 10 MPa, se tillhörande MUR.

Sättningsberäkningarna är utförda i egenutvecklade excelark.

## 9.3 Jämförelse av beräknade sättningar

En jämförelse av fullständigt utbildade sättningar, efter ca 3 år, fås i Tabell 4. Minst sättningar utbildas i provpunkt 21MI016 och störst sättningar i provpunkt 21MI002.

Tabell 4: Jämförelse av fullständigt utbildade sättningar

Provpunkt	Lastfall 1[20 kPa]	Lastfall 2 [40 kPa]	Lastfall 3 [60 kPa]	Konsolideringsförlopp
21MI002	14 [cm]	41 [cm]	77 [cm]	3 [år]
21MI016	9 [cm]	19 [cm]	28 [cm]	3 [år]
21MI031	10 [cm]	20 [cm]	46 [cm]	3 [år]
21MI028	11 [cm]	22 [cm]	57 [cm]	3 [år]
21MI044	11[cm]	22[cm]	45 [cm]	3 [år]
Medelvärde	11[cm]	25 [cm]	51 [cm]	3 [år]

En jämförelse av utbildade sättningar efter 1 år fås i Tabell 5. Konsolideringsgraden i området efter 1 år varierar mellan 65–90 %.

Tabell 5: Jämförelse av utbildade sättningar efter 1 år

Provpunkt	Lastfall 1[20 kPa]	Lastfall 2 [40 kPa]	Lastfall 3 [60 kPa]	Konsolideringsgrad
21MI002	13 [cm]	37 [cm]	69 [cm]	90 %
21MI016	7 [cm]	14 [cm]	21 [cm]	75 %
21MI031	8 [cm]	16 [cm]	37 [cm]	80 %
21MI028	8 [cm]	17 [cm]	43 [cm]	76 %
21MI044	7[cm]	14[cm]	29 [cm]	65 %
Medelvärde	8 [cm]	20 [cm]	40 [cm]	77 %

Troligtvis erhålls ej stora differentiella sättningar då lerans mäktighet i området generellt sätt bedöms likartad, något som dock bör kompletteras med ytterligare provpunkter för att bestämma fast djup.

## 10 Krypsättningar

Krypsättningar är ej beaktade vid utförda sättningsberäkningar. Vid analys av lerjordens egenskaper indikeras att leran är överkonsoliderad (OCR ca 1,4–2,0), variation förekommer dock i området mellan provpunkter och nivåer. Detta innebär att viss krypsättning redan utbildats för det bestämda förkonsolideringstrycket. Viss krypsättning bedöms utbildas för tillskottsspänningar (t.ex. påförda laster från byggnader och uppfyllningar) över det nu rådande förkonsolideringstrycket. Storleken för framtida krypsättningar bör beräknas och beaktas i fortsatt detaljprojektering.

Vidare bedöms jorden på ökat djup (från ca 12 m) bli grövre och få en mer siltig/sandig karaktär varför krypsättningar på dessa djup troligtvis blir mindre.

## 11 Stabilitetsförhållanden

Då området är relativt flack bedöms i nuläget inga stabilitetsproblem föreligga. Däremot råder i hela området kvickleraförhållanden. Det vill säga området ska klassificeras enligt GK3 vid fortsatt projektering.

## 12 Grundläggningsrekommendationer

### 12.1 Allmänt

Byggbarheten av området med avseende på planerad byggnation beror på de geotekniska förutsättningarna samt vilka byggnader som kommer att byggas (laster, sättningskänslighet mm). Byggbarheten för eventuella planerade byggnader, gator och mark beskrivs för området nedan.

### 12.2 Byggnader

Sammanfattningsvis så är rekommendationen att större och mer komplexa byggnader måste grundläggas med djupgrundläggning såsom pålar och lite mindre och lättare byggnader kan grundläggas genom ytgrundläggning med platta på mark eller med grundsulor.

Då lerjorden är överkonsoliderad med minst 30 %, i flera nivåer betydligt mer tillåts viss belastning innan alltför stora belastningar erhålls. Om en lastökning om 40 kPa, motsvarande en 2–3 våningsbyggnad, anbringas som en utbredd last erhålls beräknade sättningar i storleksordningen 14–37 cm, beroende på var i området lasten påförs. En lastökning om 20 kPa, motsvarande en 1–2 våningsbyggnad, anbringas som en utbredd last erhålls beräknade sättningar i storleksordningen 9–14 cm, beroende på var i området lasten påförs.

Så en gräns för djupgrundläggning och ytgrundläggningen ligger på ungefär 15 kPa i belastning som en vägledning

Mindre byggnader och lättare byggnader kan utföras ytlig grundläggning i det sandiga översta jordlagret. Med en karaktäristisk friktionsvinkel på 31–35 grader (beroende på var i området och nivå) det indikationer på att laster upp till 40 kPa i GK 1 kan anbringas undergrunden på utbredda plattor på mark eller med grundsulor utan att alltför stora sättningsdifferenser utbildas i undergrunden. Tekniskt rekommenderas att på grundläggningsnivån i sanden utförs packning med minst 500 kg vibrovält med sex överfarter innan grundläggningsarbetet utförs.

Med metoden kompensationsgrundläggning, dvs utförande med källare eller med fyllning med lätta byggnadsmaterial efter schakt bör byggnader upp till 3–4 våningar utföras. Med en urgrävning om 1 meter så ges en lastkompensation på ca 15 kPa, med en urgrävning om 2 meter så ges en lastkompensation om ca 30 kPa. Denna kompensation kan tillgodoräknas vid byggnadens summerade last mot undergrunden. Lättfyllnadsmaterial kan vara cellplaster, leca-kulor (bränd lera) eller skumglas (restprodukt av glas).

Vid utförande med källare är det av stor vikt att dessa källare utförs endera väldränerade tekniska lösningar eller med vattentät betong då grundvattenytan ligger i nivåer omkring 1–2 meter under nuvarande grundvattenyta.

Djupgrundläggning med pålar kan utföras på flera olika sätt helt beroende på hur lasterna ser ut. Mantelbärande betongpålar, spetsburna betongpålar, stålrörpålar (vid stora lastkoncentrationer) eller injekterade pålar är de metoder som troligen kommer att bli aktuella i detta projekt.

Dynamisk störvägmätning (till exempel med metoden CAPWAP eller liknande) bör utföras vid installation av betongpålar i syfte att optimera den geotekniska bärförmågan i relation till pållängden.

Pållängderna som allmän information i bedöms minst som 25–28 m utifrån utförda vikt – och trycksonderingar. Kompletterande undersökningar kan bli aktuella om bättre precision på pållängder önskas.

### 12.3 Gator och VA

Kan utföra utan att mark- och grundförstärkningar sannolikt behöver användas. Sanden i området bedöms tillhöra tjälfarlighetsklass 1 och materialtyp 2. Den siltiga sanden tillhör tjälfarlighetsklass 2 och materialtyp 3B. Vissa skillnader var sand respektive siltig sand finns får beaktas vid detaljprojektering.

Om känsliga anläggningsdelar, såsom tex pumpstationer eller fjärrvärmekammare skall utföras, kan grundförstärkningar under och omkring dessa med KC-pelare bli aktuella. Metoder såsom förbelastning med vertikaldräner anses fördelaktigt då jorden bedöms som relativt permeabel. Alternativt kan KC pelare nyttjas.

### 12.4 Mark

Om marken kommer uppfyllas i något syfte, kanske för landskapsmodulering eller för att få till vackra jordgradänger kan undergrunden då behövas förstärkas. Detta kan utföras på tre olika sätt.

1. Finns tid i projektet kan tidigt byggande i kombination med en överlast var en relevant metod. Sättningsuppfölning av konsolideringsförloppet bör då fortlöpande följas med mätningar
2. Utförande med vertikaldräner/sanddräner i syfte att påskynda konsolideringsförloppet. Detta utförande har sina fördelar i en snabbare utveckling av sättningarna
3. Utförande med KC-pelare i undergrunden. Metoden förstärker undergrunden genom inblandning av kalk och/eller cement i jordpelare, oftast med diameter 600 mm. Är den

dyraste metoden av de tre men ger god förstärkningseffekt efter några månader efter utförande

## 13 Mer geotekniska aspekter om grundläggning

### 13.1 Aktiv geoteknisk design

För fortsatt grundläggningsutformning bör geotekniker och konstruktörer utgående från de i denna PM framtagna geotekniska parametrar för jordens egenskaper använda arbetssättet aktiv design för grundläggningen. Ansvarig konstruktör hanterar i denna dialog laster, systemlösningar, känslighet inom föreslagen konstruktion etc. Geotekniker bedömer och beräknar sättningar, stabilitet, bärighet och sättningsdifferenser för lösningar som konstruktören beskriver. Detta iterativa designarbete ger bra och säker grundläggning

### 13.2 Schakter och fyllningar mm

Schakter i det överliggande sandiga/siltigt sandiga jordlagret bör ovan grundvattennivån kunna utföras med släntlutningar om 1:1 för korttidsschakter och på samma sätt med släntlutningar 1:1,5 under grundvattennivån, ner till djupet ca 3 meter. Om brantare slänter planeras rekommenderas att säkrare metoder så som schaktsläde används.

Permanent slänter utförs med släntvinkel på minst 1:2

Avtäckning av all vegetation/organisk jord skall utföras under grundläggningar

Schakt ska skyddas mot frysning och återförda massor/ny fyllning ska vara tjälfria vid packning (krav enligt AMA 17. All packning av jord skall sett till materialval och arbetsutförande utföras helt i enlighet med AMA 17

Vid schaktning ska beaktas att jorden kan vara flytbenägen i vattenmättat tillstånd. Schaktning ska utföras så att jordens fasthet under grundläggningsnivån inte minskar. Terrassen av siltig jord eller lera försämras snabbt av vattentillskott varför frilagda terrasser skall skyddas kontinuerligt med fyllning. Åtgärder skall kontinuerligt vidtas så att vattensamlingar inte uppstår, tex. genom dikning, bombering, länshållning etc.

### 13.3 Vertikaldräner

Vertikaldräner används företrädesvis i syfte att påskynda sättningsförloppet genom att få kortare och snabbare utdränning av porvattnet ur jordmassan. Normala c/c-mått är ca 1,0 meter. Det finns ett antal olika modeller för vertikaldräner med t.ex. sanddräner och banddräner som är mest förekommande. Dessa dräner installeras från markytan ner till sedimentjordlagrets underkant. Ett horisontellt dränerande jordlager byggs på markytan som kan ta emot och avleda det vatten som kommer upp i dränerna. En överslagmässig dimensionering bör utföras för att kunna få fram ett pris för denna åtgärd.

### 13.4 KC-pelare

Med KC-pelare kan undergrunder förstärkas genom inblandning av en blandning av kalk(K) och cement(C) som skruvas ner i kolumner i jorden. Dessa pelare får då avsevärt förbättrade egenskaper än kringliggande jord. Markförstärkningseffekter erhålls då genom samverkan mellan förstärkt och oförstärkt jord. Normala c/c-mått för KC-pelare är ca 1,0 – 1,5 meter med pelardiametrar på omkring 0,6 meter.

För att kunna dimensionera KC-pelare så bör inblandningsförsök i laboratorium utföras med olika blandningar i upptagen jord i syfte att utvärdera den blandning som ger störst effekt d.v.s högst hållfasthet i pelarna.

KC-pelare har framför allt en sättningsreducerande effekt på undergrunden men över stora områden ger metoden även stabiliserande effekter. Kostnader för KC-pelare kan skattas men måste först grovt dimensioneras.

## 14 Övrigt

Det rekommenderas att tjälskyddande åtgärder utförs för kalla byggnader, garage, förråd mm. Även entréer och portar bör tjälskyddas för att inte få tjällyftningar. Detta kan åstadkommas med fyllningsjord/bergkross tillhörande tjälfarlighetsklass 1 som packas eller isolering (t.ex. cellplast).

Sensitiviteten i lerlagret gör visar på att leran utifrån sensitiviteten definieras som kvicklera, det vill säga leran förlora mycket stor del av sin hållfasthet vid stötning/vibrationer (t.ex. vid schaktning, tippning av massor, pålning etc.). Detta i kombination med höga punktlaster (t.ex. stora lokala fyllningar, tunga arbetsfordon) innebär större risk att marken går till brott. Detta ska beaktas i fortsatt projekteringsarbete samt vid val av grundläggnings- och markförstärkningsåtgärder

## 15 Fortsatt geoprojektering

Vår bedömning är att det nu finns en bra och stabil grund för fortsatt geoprojektering och för utförandet av detta projekt ur ett geotekniskt perspektiv. Kännedomen om den ytliga sandiga jorden är god samt att kännedomen av det mäktiga underliggande lerjordlagret är väldigt god. Metodiken att utföra omfattande ostörd jordprovtagning i fem karakteristiska utvalda punkter över området ger en bra bild om lerans geotekniska kunskaper, även på djupet. Det kan finnas behov av ökad geoteknisk kännedom om följande:

- Bättre kännedom av de djupt underliggande fasta jordlagren av morän och berg
- Mer förfinad kännedom av grundvattennivåer och dess fluktuation över en normal årscykel

Utförande av inblandningsförsök med kalk och cement i leran för bedömning av recept för KC-pelare, om den grundförstärkningsmetoden blir aktuell.

Beräkningsmässigt kommer beräkningar för stabilitet och bärighet samt för de valda djupgrundläggningsmetoderna att behöva utföras i god samverkan mellan geotekniker och konstruktörer/markprojektörer

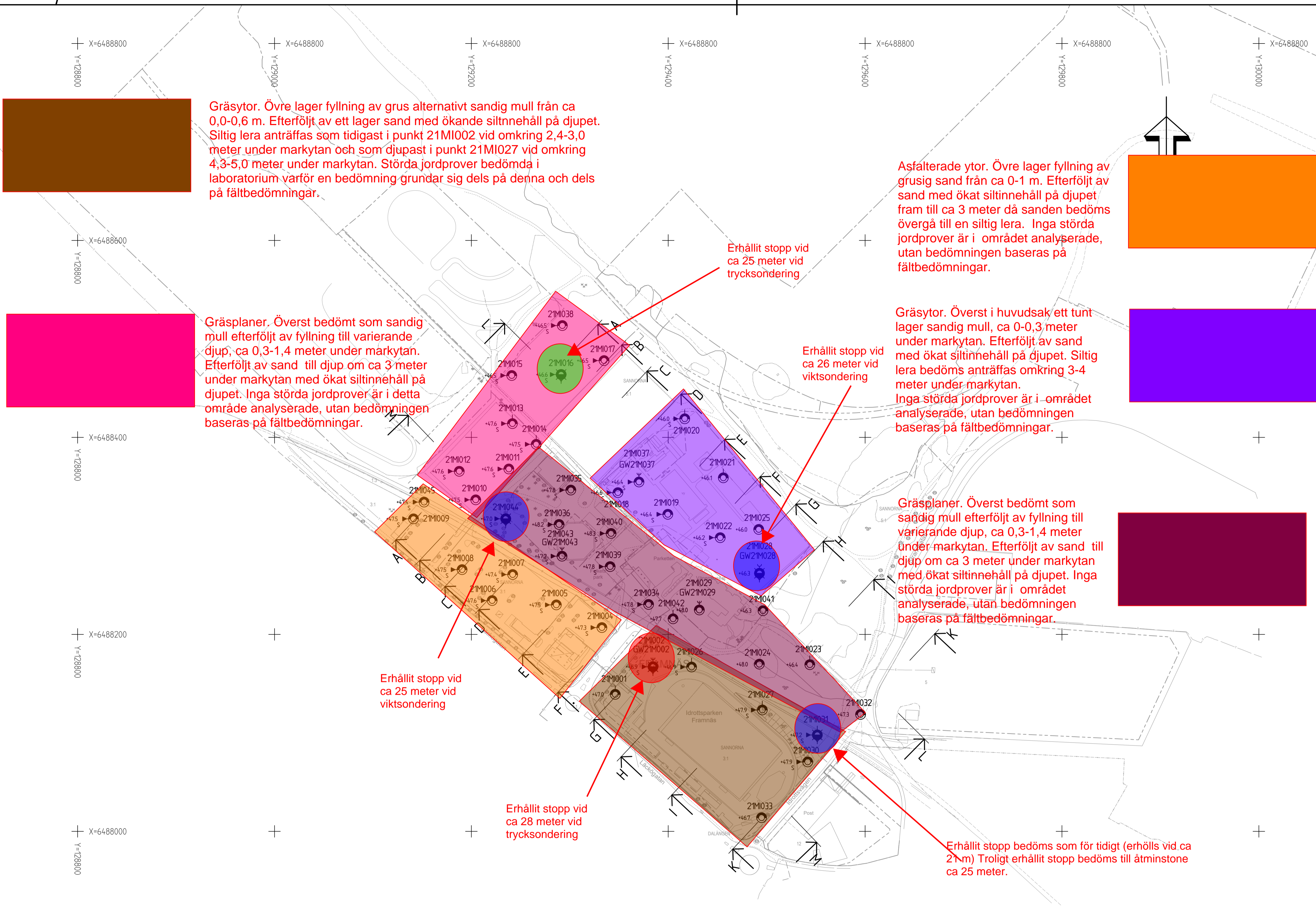


TECKENFÖRKLARING

BETECKNINGAR ENLIGT SGF-S BETECKNINGSSYSTEM 2001:2 OCH SS-EN 14688-1

KOORDINATSYSTEM  
SYSTEM I PLAN: SWEREF 99 13 30  
SYSTEM I HÖJD: RH 2000

ANMÄRKNINGAR  
RITNINGEN AVSER ENDAST GEOTEKNISK INFORMATION.  
ÖVRIG INFORMATION PÅ RITNING HAR ENBART ILLUSTRATIVT SYFTE.



Gräsytor. Övre lager fyllning av grus alternativt sandig mull från ca 0,0-0,6 m. Efterföljt av ett lager sand med ökande siltnehåll på djupet. Siltig lera anträffas som tidigast i punkt 21M1002 vid omkring 2,4-3,0 meter under markytan och som djupast i punkt 21M1027 vid omkring 4,3-5,0 meter under markytan. Störda jordprover bedömda i laboratorium varför en bedömning grundar sig dels på denna och dels på fältbedömningar.

Asfalterade ytor. Övre lager fyllning av grusig sand från ca 0-1 m. Efterföljt av sand med ökat siltnehåll på djupet fram till ca 3 meter då sanden bedöms övergå till en siltig lera. Inga störda jordprover är i området analyserade, utan bedömningen baseras på fältbedömningar.

Gräsplaner. Överst bedömt som sandig mull efterföljt av fyllning till varierande djup, ca 0,3-1,4 meter under markytan. Efterföljt av sand till djup om ca 3 meter under markytan med ökat siltnehåll på djupet. Inga störda jordprover är i detta område analyserade, utan bedömningen baseras på fältbedömningar.

Gräsytor. Överst i huvudsak ett tunt lager sandig mull, ca 0-0,3 meter under markytan. Efterföljt av sand med ökat siltnehåll på djupet. Siltig lera bedöms anträffas omkring 3-4 meter under markytan. Inga störda jordprover är i området analyserade, utan bedömningen baseras på fältbedömningar.

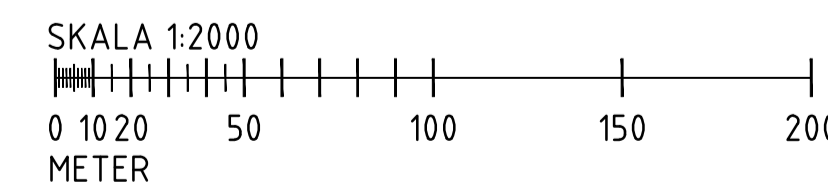
Gräsplaner. Överst bedömt som sandig mull efterföljt av fyllning till varierande djup, ca 0,3-1,4 meter under markytan. Efterföljt av sand till djup om ca 3 meter under markytan med ökat siltnehåll på djupet. Inga störda jordprover är i området analyserade, utan bedömningen baseras på fältbedömningar.

Karakteristiska borrhöjningar med beräknade sättningar nedan:

Karakteristisk borrhöjning. Lägst sättningar erhålls i denna punkt. För uppfyllningar om:  
1 m erhålls ca 9 cm sättningar  
2 m erhålls ca 19 cm  
3 m erhålls ca 28 cm

Karakteristisk borrhöjning. Störst sättningar erhålls i denna punkt. För uppfyllningar om:  
1 m erhålls ca 14 cm sättningar  
2 m erhålls ca 41 cm sättningar  
3 m erhålls ca 77 cm sättningar

Karakteristisk borrhöjning. Likartade sättningar utbildas. Viss variation förekommer. För uppfyllningar om:  
1 m erhålls ca 10-11 cm sättningar  
2 m erhålls ca 20-22 cm sättningar  
3 m erhålls ca 45-57 cm sättningar



REV	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	SIGN	DATUM

PROJEKT/BESTÄLLARE  
OMRÅDESPÅN FRAMNÄS  
LIDKÖPINGS KOMMUN



BENÄMNING  
GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR

PLAN

UPPDRAG 3220137 RITAD AV A.NOSENKO HANDLÄGGARE J.JOHANSSON

DATUM 2021-06-17 UPPDRAGSLEDARE H.ROSEN

SKALA 1:2000 (A1) 1:4000 (A3) NUMMER G-10-1-001 I BET



## BILAGA 2 Beräknade sättningar

### Metod

Jorden har delats in i delskikt med materialparametrar som erhållits från CRS-försök och utvärderade CPT-sonderingar, varefter primära sättningar har beräknats för varje delskikt och summerats. Med andra ord har krypsättningar inte beaktats.

Vid beräkningar har erhållna parametrar från både CRS-försök och utvärderade CPT-sonderingar nyttjats. För nivåer där materialparametrar saknas från antingen CRS-försök eller CPT-sonderingar har dessa uppskattats via interpolering mellan närliggande värden och nivåer och/eller en rimlighetsbedömning. Även konsolideringsförloppet har beräknats för respektive provpunkt med  $c_v$ -tal erhållna från utförda CRS-försök.

Lasten antas spridas utan lastfördelning genom hela jordlagret, det vill säga, till exempel en uppfyllnad om 1 m (20 kPa) innebär att varje enskilt delskikt belastas med 20 kPa.

E-modulen för de överliggande jordlagret av friktionsjord har utvärderats från utförda viktsonderingar till 10 MPa, se MUR.

Sättningsberäkningarna är utförda i egenutvecklade excelark.

### Karakteristisk provpunkt 21MI002

Rutinundersökningar och CRS-försök har utförts för 3 nivåer, 4, 8 och 12 m. CPT har utvärderats till ett djup om ca 25 m. Stopp har från utförd trycksondering erhållits till ca 28 m. Sättningsberäkningar, med djup till i huvudsak bedömd lerjord, har utförts till djupet 28 m.

Jordlagerföljden bedöms i området utifrån utförda fält – och laboratorieundersökningar i provpunkt 21MI002. Utifrån dessa resultat delas jorden upp i olika delskikt, se Tabell 2.

Materialparametrar för delskikt 1–3 (antas som sand) är utvärderade utifrån utförda viktsonderingar och utförda laboratorieundersökningar.

För delskikt 4–6 (antas som lerjord) fås materialparametrar från utförda CRS-försök och CPT-utvärderingar.

För delskikt 7–9 (antas som lerjord) saknas materialparametrar från utförda CRS-försök och nivåer varför dessa kompletteras av utvärderade CPT-sonderingar och uppskattas utifrån underliggande nivåer och deras materialparametrar.

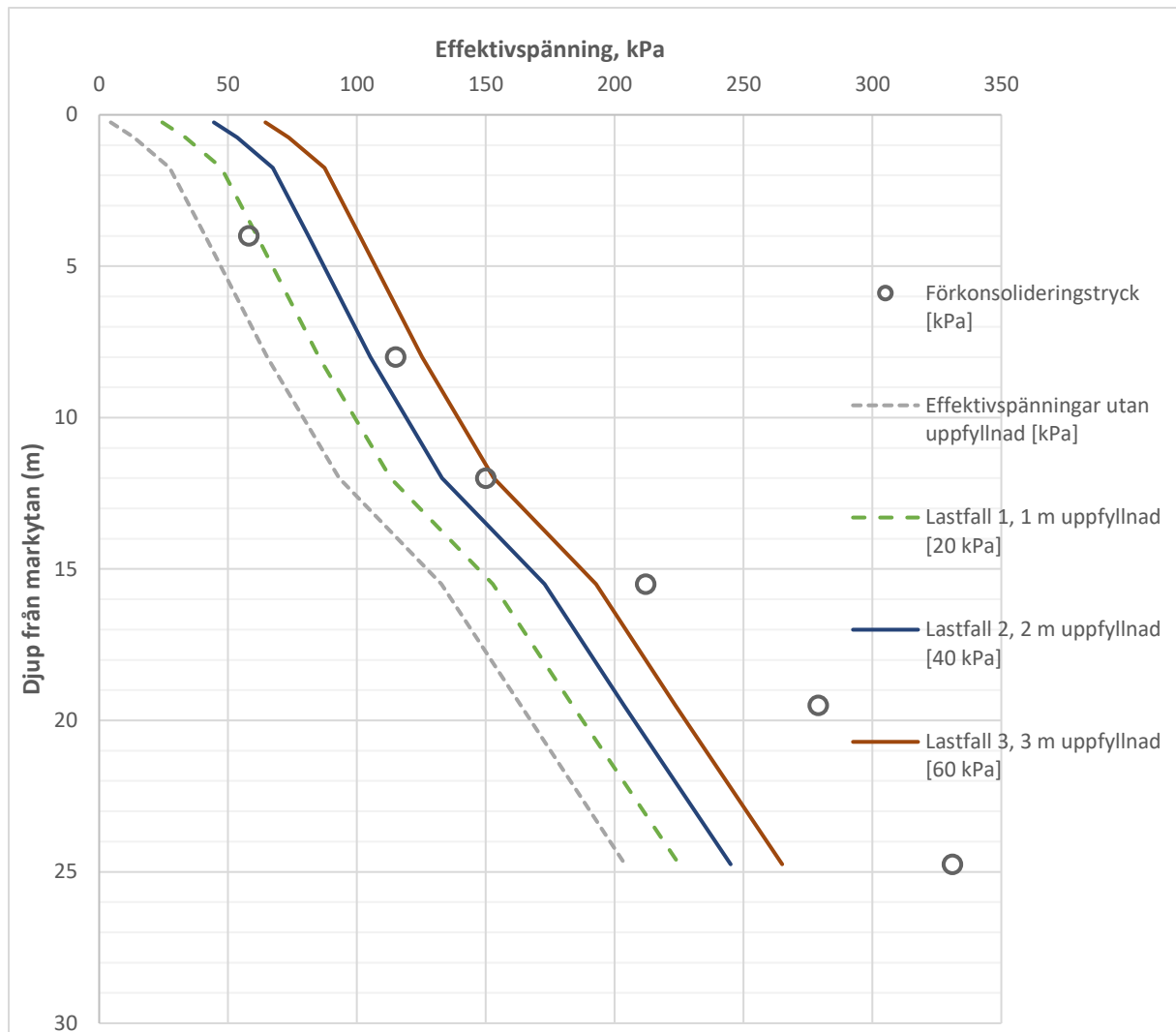
Tabell 1: Parametrar för sättningsberäkningar, provpunkt 21MI002

Delskikt	Djup	Skikt tjocklek	$\sigma'_c$	$\sigma'_L$	M0	ML	M'	$c_v, m$ n (m <sup>2</sup> /s)	Densitet	OCR
1	0,5	0,5	-	-	10 000	-	-		1,8	
2	1	0,5	-	-	10 000	-	-	-	1,8	
3	2,5	1,5	-	-	10 000	-	-	-	1,8	

<b>4</b>	5,5	3	58	94	2800	358	11	1,40 E-06	1,52	1,4 1
<b>5</b>	10,5	5	115	138	3400	454	15	6,80 E-07	1,65	1,7 6
<b>6</b>	13,5	3	150	221	4250	1099	19	7,00 E-07	1,77	1,6 1
<b>7</b>	17,5	4	212	294	4993	1663	22	7,00 E-07	1,77	1,6 0
<b>8</b>	21,5	4	279	377	5843	2308	27	7,00 E-07	1,77	1,7 1
<b>9</b>	28	6,5	331	460	6693	2953	31	7,00 E-07	1,77	1,7 4

Utifrån spänningsdiagrammet i Figur 9 och Tabell 2 framgår att leran är överkonsoliderad, vidare framgår i Figur 3 för vilka lastfall förkonsolideringstrycket överskrids.

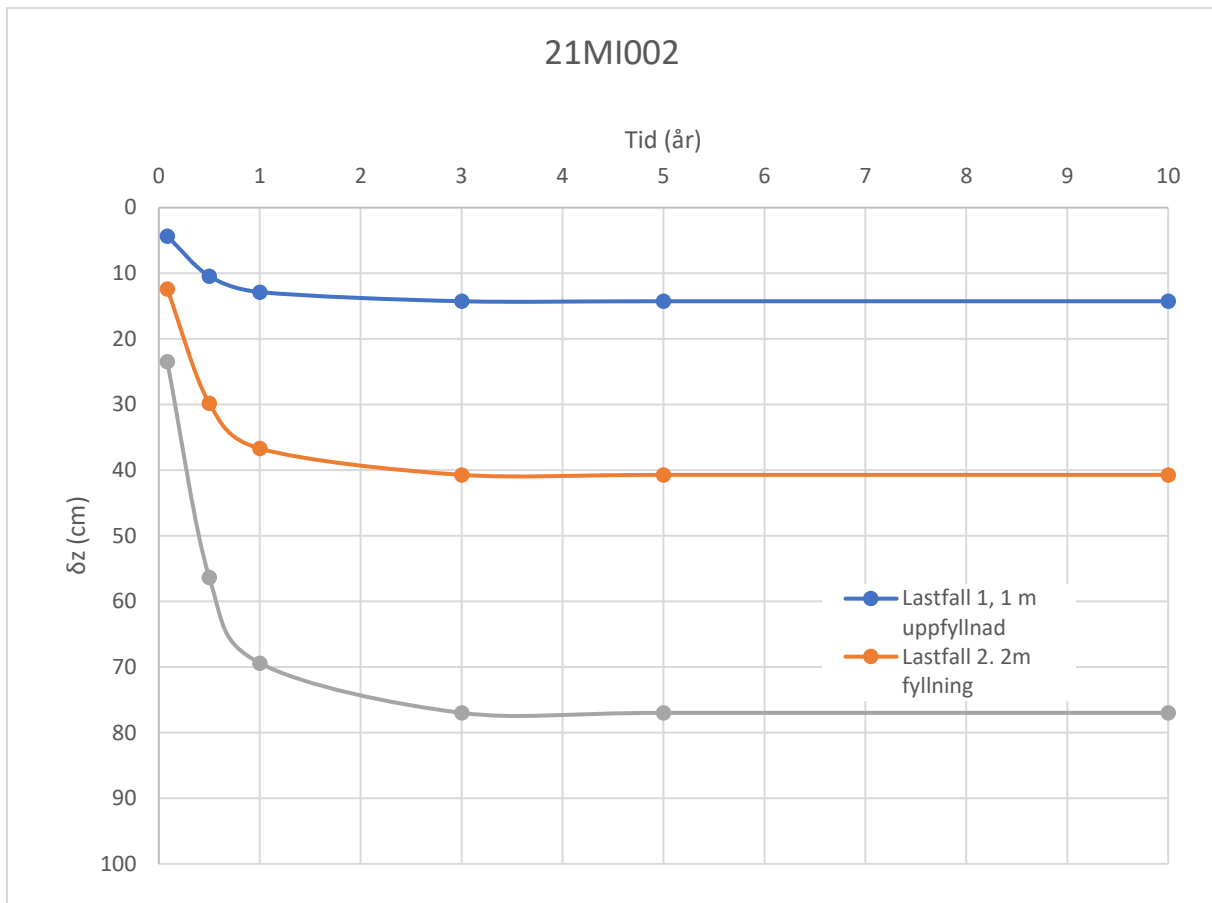




Figur 1: Spänningsdiagram med lastfall och valt förkonsolideringstryck vid beräkningar

I Figur 10 framgår konsolideringsförloppet och de totala sättningarna för respektive lastfall. För konsolideringsbeloppet har en viktad  $c_v$ -koefficient beräknats till  $8,13E-7$  utifrån Tabell 2 och de olika koefficienterna för respektive delskikt.

1. För lastfall 1 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 14 cm efter 3 ca år. Efter 1 år utbildas ca 13 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 90 %
2. För lastfall 2 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 41 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 37 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 90 %.
3. För lastfall 3 uppnås fullständigt sättningar om ca 77 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 69 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 90 %.



Figur 2: Konsolideringsfölopp och utbildade sättningar för olika lastfall

### Hydrogeologiska förhållanden

Utifrån grundvattenmätningar har grundvattennivån utvärderats till att ligga ca 1,34 m under markytan. Grundvattennivåerna kan även variera under året med ca +/- 0,5 meter.

### Karakteristisk provpunkt 21MI016

Rutinundersökningar och CRS-försök har utförts för 3 nivåer, 4, 8 och 12 m. CPT har utvärderats till ett djup om ca 25 m. Stopp har från utförd trycksondering erhållits till ca 25 m, med kraftigt ökat motstånd vid djupet ca 24,5 m. Sättningsberäkningar, med djup till i huvudsak bedömd lerjord, har utförts till djupet 24,3 m.

Jordlagerföljden bedöms i området utifrån utförda fält – och laboratorieundersökningar i provpunkt 21MI016. Utifrån dessa resultat delas jorden upp i olika delskikt, se Tabell 3.

Materialparametrar för delskikt 1–3 (antas som sand) är utvärderade utifrån utförda viktsonderingar och utförda laboratorieundersökningar.

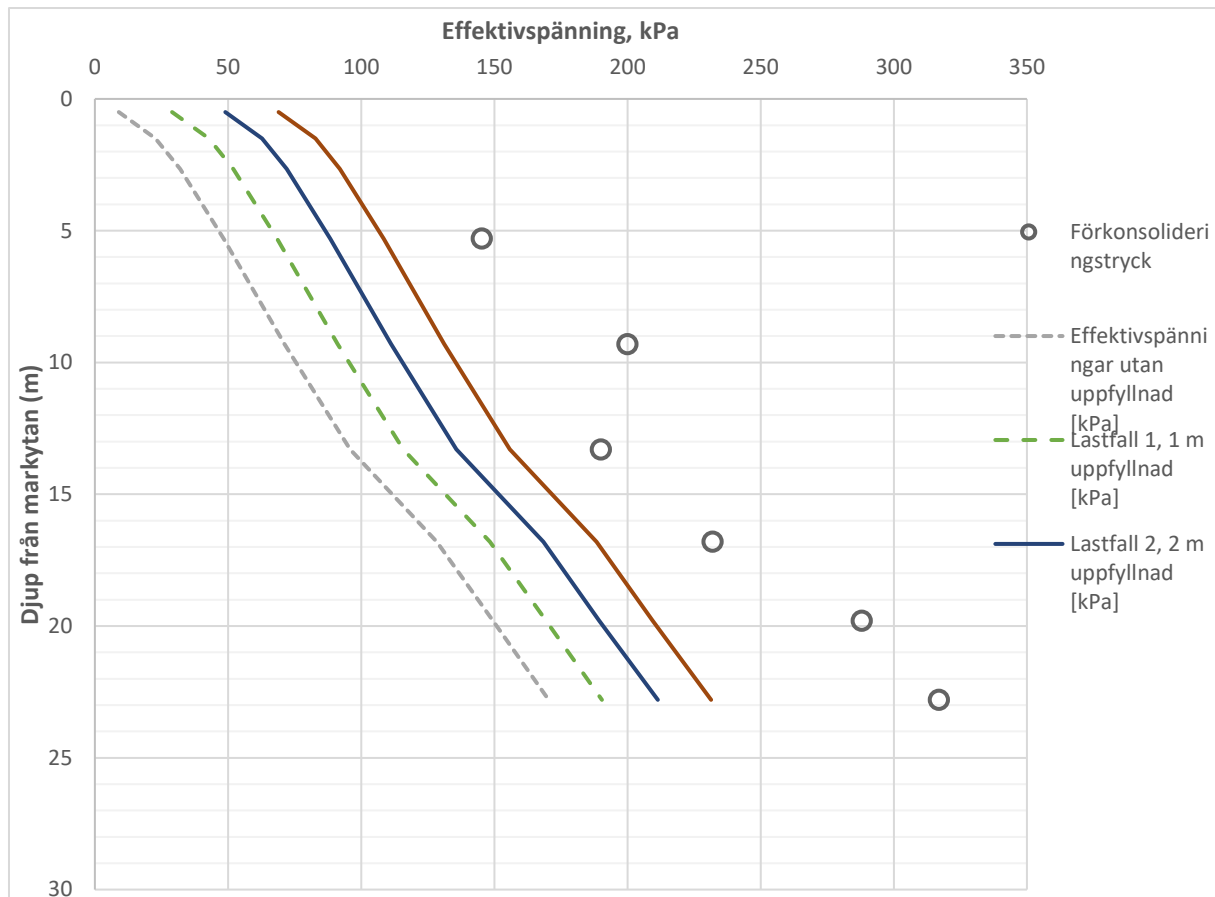
För delskikt 4–6 (antas som lerjord) fås materialparametrar från utförda CRS-försök och CPT-utvärderingar.

För delskikt 7–9 (antas som lerjord) saknas materialparametrar från utförda CRS-försök och nivåer varför dessa kompletteras av utvärderade CPT-sonderingar och uppskattas utifrån underliggande nivåer och deras materialparametrar.

Tabell 2: Parametrar för sättningsberäkningar, provpunkt 21M1016

Delskikt	Djup	Skiktjocklek	$\sigma'c$	$\sigma'L$	M0	ML	M'	cv,min (m2/s)	Densitet	OCR
1	1	1	-	-	10 000	-	-	-	1,8	-
2	2	1	-	-	10 000	-	-	-	1,8	-
3	3,3	1,3	-	-	10 000	-	-	-	1,8	-
4	7,3	4	145	126	5000	171	26	7,40E- 07	1,56	3,00
5	11,3	4	200	211	4000	388	14,2	7,40E- 07	1,58	2,81
6	15,3	4	190	264	4500	1210	11,9	3,70E- 07	1,65	1,98
7	18,3	3	226	310	4937	1929	12	3,70E- 07	1,7	1,76
8	21,3	3	288	350	5312	2545	12	3,70E- 07	1,7	1,93
9	24,3	3	317	390	5687	3162	12	3,70E- 07	1,7	1,86

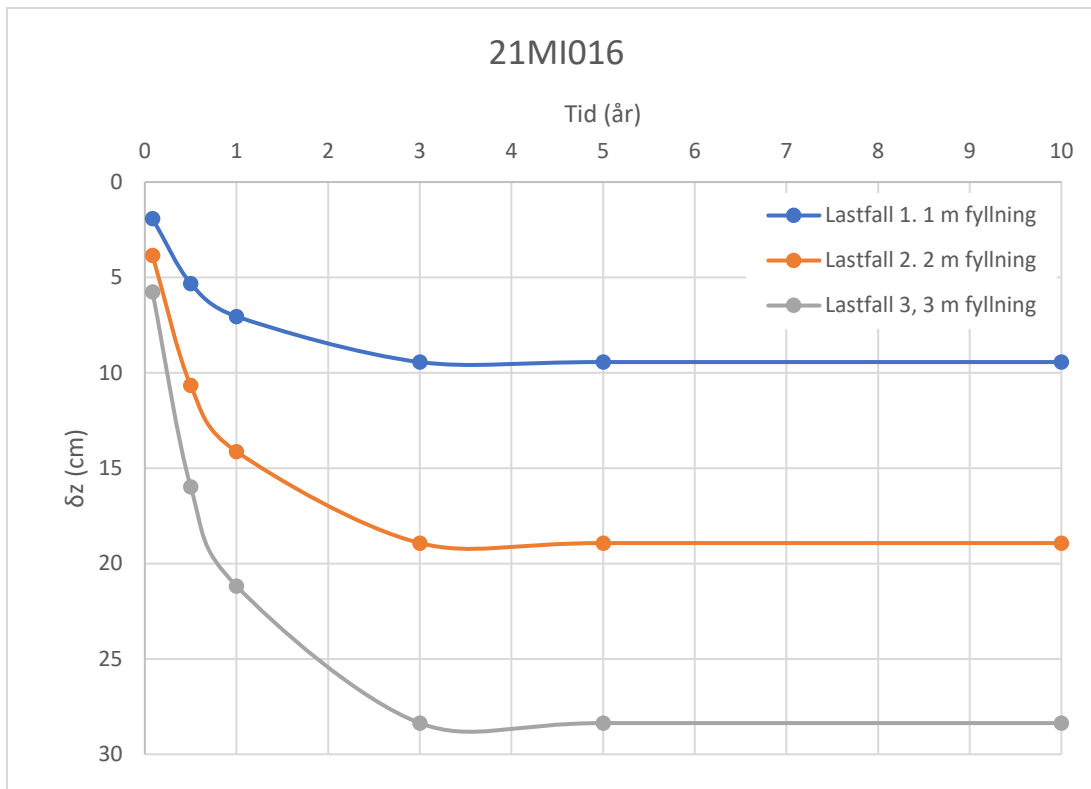
Utifrån spänningsdiagrammet i Figur 11 och Tabell 3 framgår att leran är överkonsoliderad, vidare framgår i Figur 11 att förkonsolideringstrycket ej överskrids för något lastfall.



Figur 3: Spänningsdiagram med lastfall och valt förkonsolideringstryck vid beräkningar

I Figur 4 framgår konsolideringsförloppet och de totala sättningarna för respektive lastfall. För konsolideringsbeloppet har en viktad  $c_v$ -koefficient beräknats till  $4,93E-7$  utifrån Tabell 3 och de olika koefficienterna för respektive delskikt.

1. För lastfall 1 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 9 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 7 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 75 %
2. För lastfall 2 uppnås utbildade sättningar om ca 19 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 14 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 75 %.
3. För lastfall 3 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 28 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 21 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 75 %.



Figur 4: Konsolideringsfölopp och utbildade sättningar för olika lastfall

### Hydrogeologiska förhållanden

Utifrån grundvattenmätningar har grundvattennivån utvärderats till att ligga ca 1,08 m under markytan. Grundvattennivåerna kan även variera under året med ca +/- 0,5 meter.

### Karakteristisk provpunkt 21MI031

Rutinundersökningar och CRS-försök har utförts för 3 nivåer, 4, 8 och 12 m. CPT har utvärderats till ett djup om ca 25 m. Stopp har från utförd trycksondering erhållits till ca 21 m. Detta bedöms dock som för tidigt då CPT utfördes ner till ett djup om ca 25 m.

Sättningsberäkningar, med djup till i huvudsak bedömd lerjord, har utförts till djupet 26,1 m.

Jordlagerföljden bedöms i området utifrån utförda fält – och laboratorieundersökningar i provpunkt 21MI031. Utifrån dessa resultat delas jorden upp i olika delskikt, se Tabell 4.

Materialparametrar för delskikt 1–3 (antas som sand) är utvärderade utifrån utförda viktsonderingar och utförda laboratorieundersökningar.

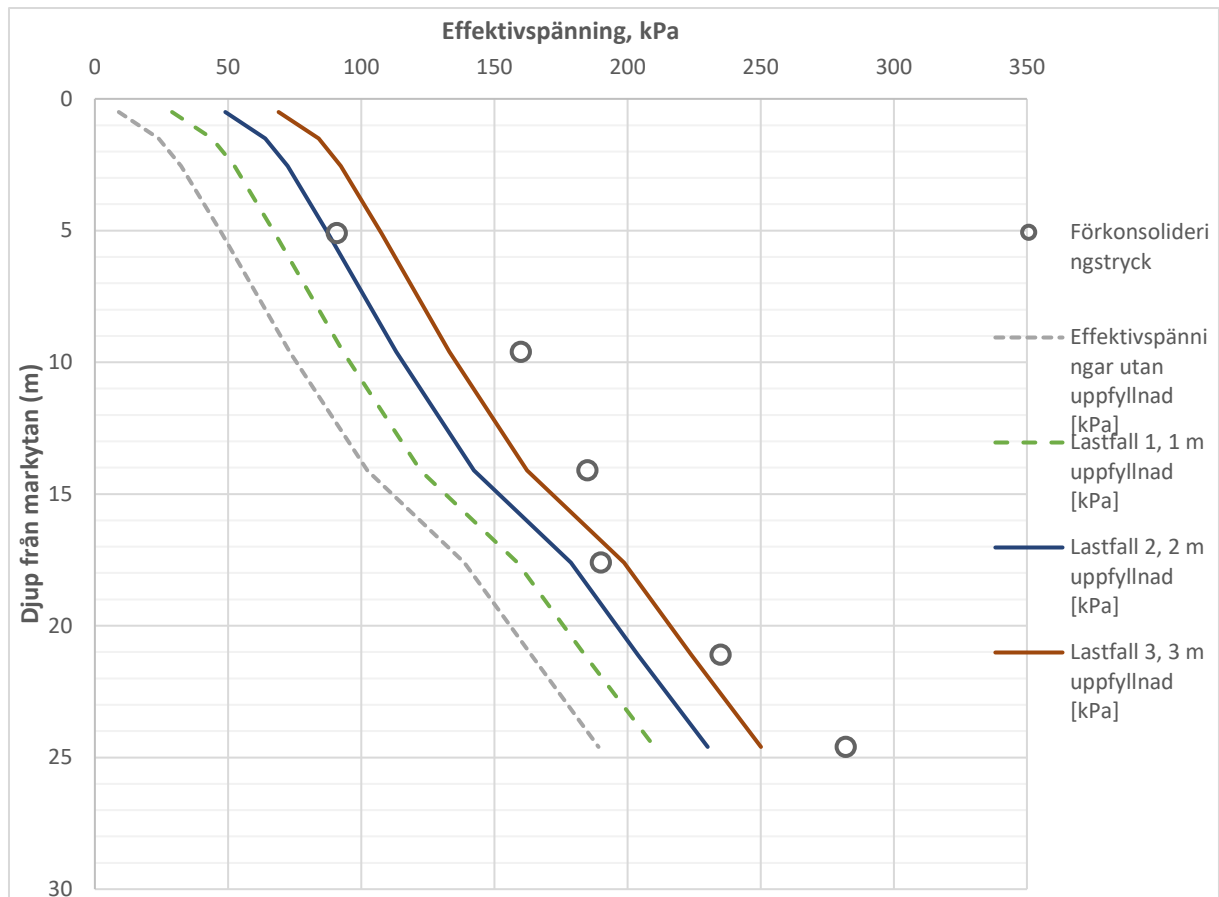
För delskikt 4–6 (antas som lerjord) fås materialparametrar ifrån utförda CRS-försök och CPT-utvärderingar.

För delskikt 7–9 (antas som lerjord) saknas materialparametrar från utförda CRS-försök och nivåer varför dessa kompletteras av utvärderade CPT-sonderingar och uppskattas utifrån underliggande nivåer och deras materialparametrar.

Tabell 3: Parametrar för sättningsberäkningar, provpunkt 21MI031

Delskikt	Djup	Skiktjocklek	$\sigma'_c$	$\sigma'_L$	M0	ML	M'	cv,min (m2/s)	Densitet	OCR
1	1	1	-	-	10 000	-	-		1,8	-
2	2	1	-	-	10 000	-	-	-	1,8	-
3	3,1	1,1	-	-	10 000	-	-	-	1,8	-
4	7,1	4	90,825	91	2300	279	13,4	4,00E- 07	1,54	1,91
5	12,1	5	160	184	4500	479	15,1	6,10E- 07	1,59	2,19
6	16,1	4	185	278	6000	1272	15,4	7,90E- 07	1,72	1,81
7	19,1	3	190	360	7312	1965,	15,7	7,90E- 07	1,72	1,37
8	23,1	4	235	442	8625	2659	15,9	7,90E- 07	1,72	1,43
9	26,1	3	282	524	9937	3353	16,2	7,90E- 07	1,72	1,49

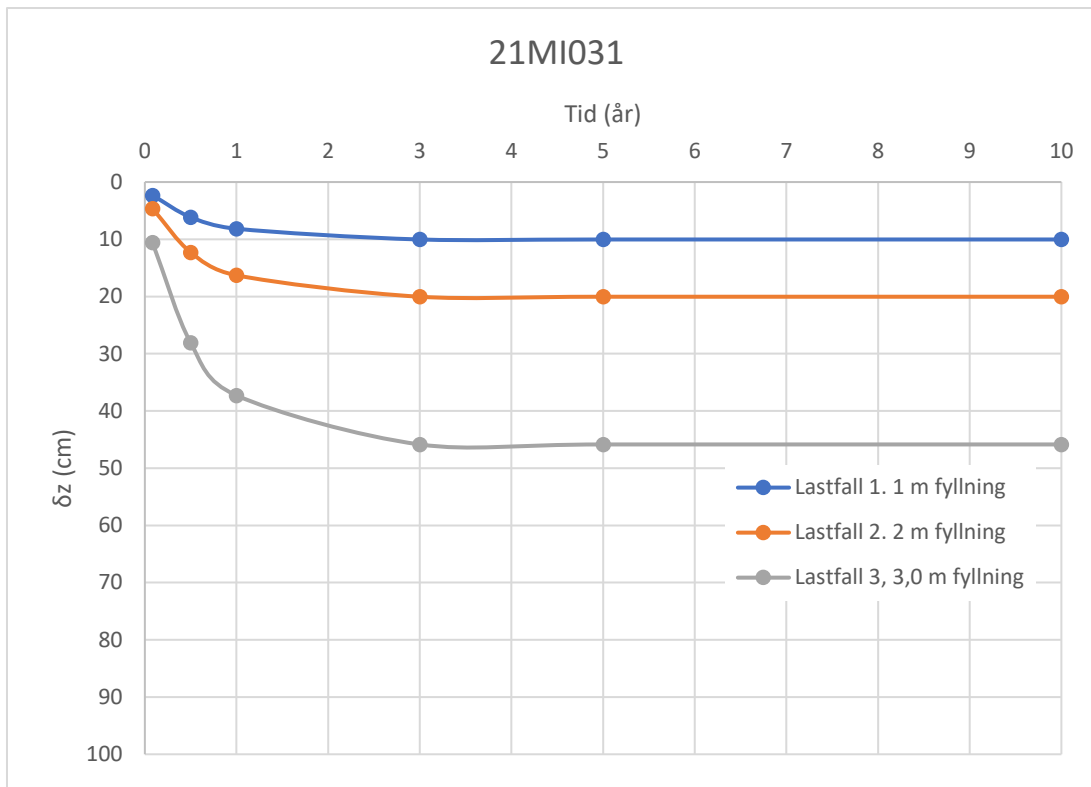
Utifrån spänningsdiagrammet i Figur 13 och Tabell 4 framgår att leran är överkonsoliderad, vidare framgår i Figur 13 för vilka lastfall förkonsolideringstrycket överskrids.



Figur 5: Spänningsdiagram med lastfall och valt förkonsolideringstryck vid beräkningar

I Figur 14 framgår konsolideringsförloppet och de totala sättningarna för respektive lastfall. För konsolideringsbeloppet har en viktad  $c_v$ -koefficient beräknats till  $6,95E-7$  utifrån Tabell 4 och de olika koefficienterna för respektive delskikt.

1. För lastfall 1 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 10 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 8 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 80 %
2. För lastfall 2 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 20 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 16 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 80 %
3. För lastfall 3 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 46 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 37 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 80 %



Figur 6: Konsolideringsfölopp och utbildade sättningar för olika lastfall

### Hydrogeologiska förhållanden

Utifrån grundvattenmätningar har grundvattennivån utvärderats till att ligga ca 1,2 m under markytan. Grundvattennivåerna kan även variera under året med ca +/- 0,5 meter.

### Karakteristisk provpunkt 21MI028

Rutinundersökningar och CRS-försök har utförts för 5 nivåer, 4, 8 och 12, 16 och 20 m. CPT har utvärderats till ett djup om ca 25 m. Utifrån utförda rutinundersökningar övergår den siltiga leran till en jord av grövre karaktär (inslag av sand) med ökat djup.

Stopp har från utförd viktsondering erhållits till ca 26,3 m.

Sättningsberäkningar, med djup till i huvudsak bedömd lerjord, har utförts till djupet 26,3 m.

Jordlagerföljden bedöms i området utifrån utförda fält – och laboratorieundersökningar i provpunkt 21MI028. Utifrån dessa resultat delas jorden upp i olika delskikt, se Tabell 5

Materialparametrar för delskikt 1–3 (antas som sand) är utvärderade utifrån utförda viktsonderingar och utförda laboratorieundersökningar.

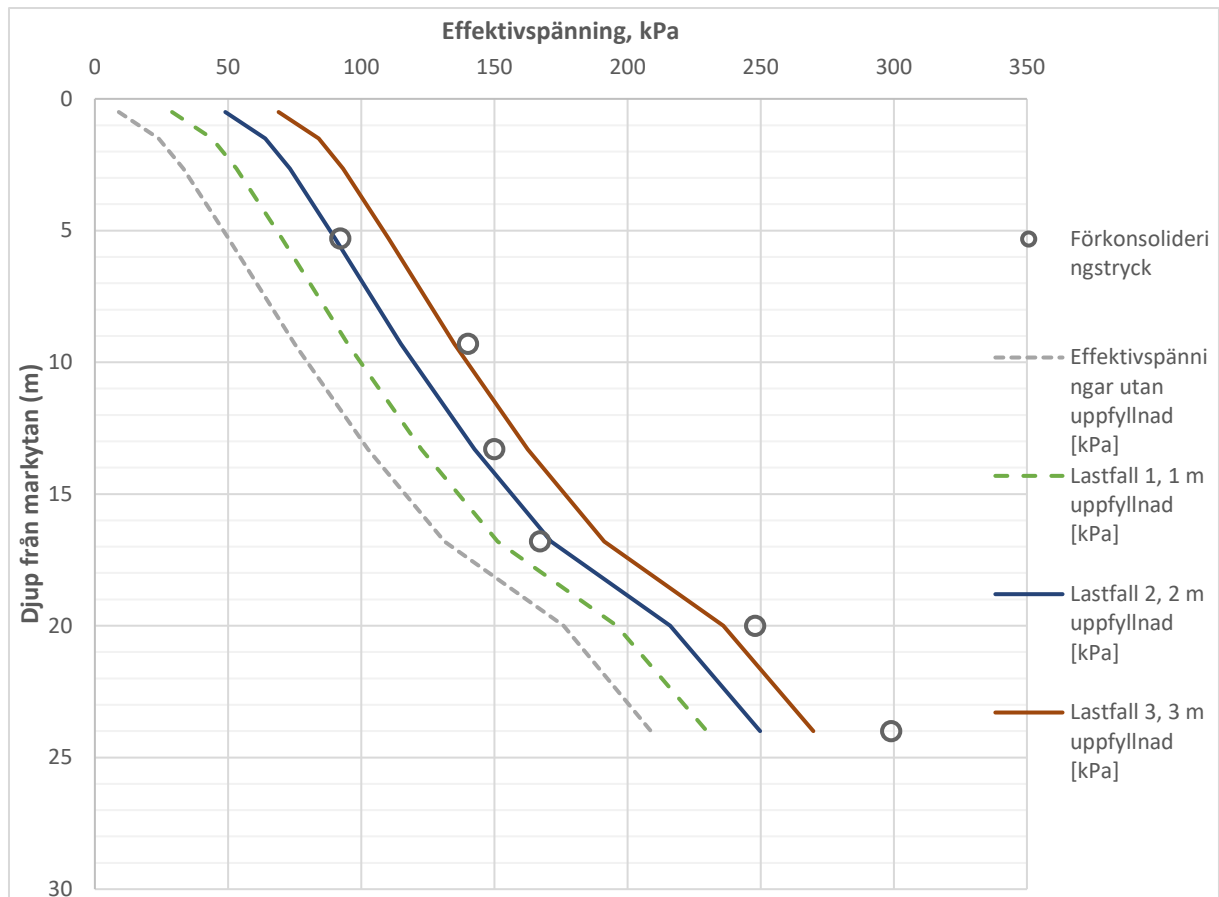
För delskikt 4–9 (antas som lerjord) fås materialparametrar ifrån utförda CRS-försök och CPT-utvärderingar.



Tabell 4: Parametrar för sättningsberäkningar, provpunkt 21MI028

Delskikt	Djup	Skiktthjocklek	$\sigma'c$	$\sigma'L$	M0	ML	M'	cv, min (m2/s)	Densitet	OCR
1	1	1	-	-	10 000	-	-		1,8	-
2	2	1	-	-	10 000	-	-	-	1,8	-
3	3,3	1,3	-	-	10 000	-	-	-	1,8	-
4	7,3	4	92,15	118	3000	367	16,5	4,30E-07	1,59	1,84
5	11,3	4	140,175	160	3000	516	15,3	5,50E-07	1,65	1,87
6	15,3	4	150	211	5750	1016	23	7,90E-07	1,73	1,46
7	18,3	3	167,2	275	3750	1640	9,9	4,00E-07	1,71	1,27
8	21,7	3,4	248	328	8250	1927	14,5	4,60E-07	1,82	1,41
9	25,3	4,6	299	383,5	8250	2258	14,5	4,60E-07	1,82	1,68

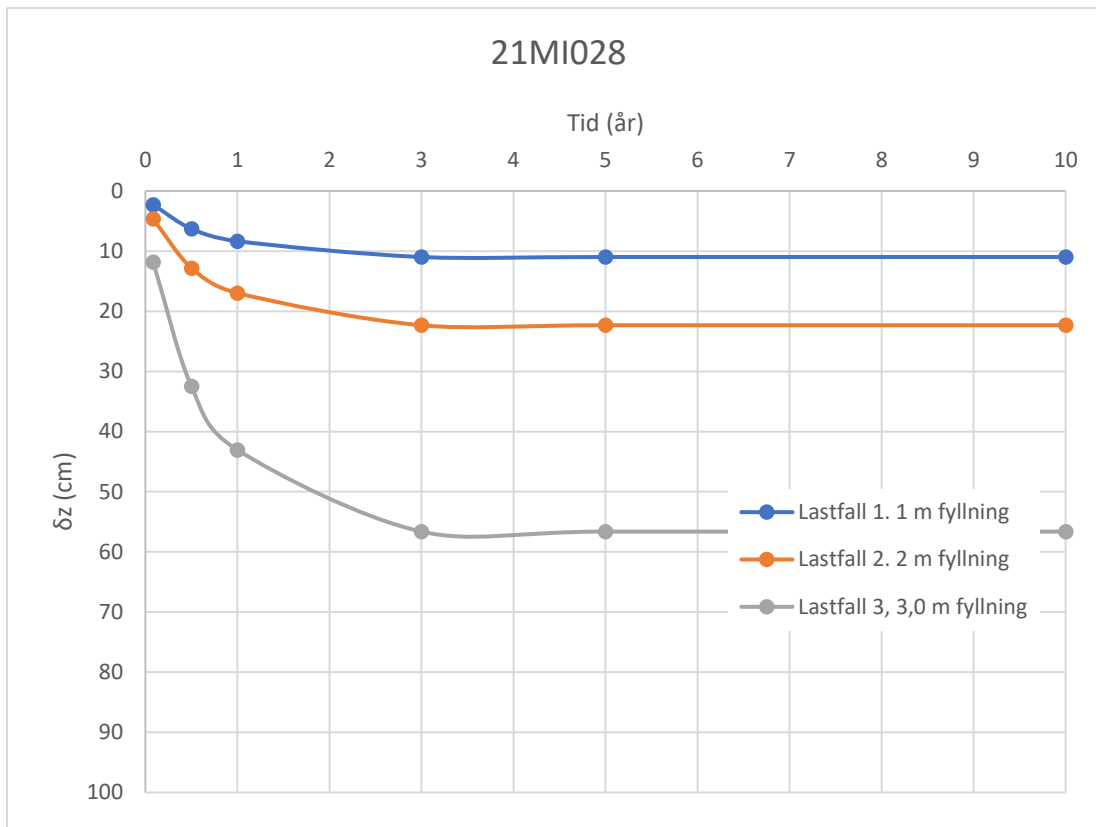
Utifrån spänningsdiagrammet i Figur 15 och Tabell 5 framgår att leran är överkonsoliderad, vidare framgår i Figur 15 för vilka lastfall förkonsolideringstrycket överskrids.



Figur 7: Spänningsdiagram med lastfall och valt förkonsolideringstryck vid beräkningar

I Figur 16 framgår konsolideringsförloppet och de totala sättningarna för respektive lastfall. För konsolideringsbeloppet har en viktad  $c_v$ -koefficient beräknats till  $5,15E-7$  utifrån Tabell 5 och de olika koefficienterna för respektive delskikt.

1. För lastfall 1 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 11 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 8 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 76 %
2. För lastfall 2 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 22 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 17 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 76 %
3. För lastfall 1 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 57 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 43 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 76 %



Figur 8: Konsolideringsfölopp och utbildade sättningar för olika lastfall

### Hydrogeologiska förhållanden

Utifrån grundvattenmätningar har grundvattennivån utvärderats till att ligga ca 1,2 m under markytan. Grundvattennivåerna kan även variera under året med ca +/- 0,5 meter.

### Karakteristisk provpunkt 21MI044

Rutinundersökningar och CRS-försök har utförts för 5 nivåer, 4, 8 och 12, 16 och 20 m. CPT har utvärderats till ett djup om ca 25 m. Utifrån utförda rutinundersökningar övergår den siltiga leran till en jord av grövre karaktär (inslag av sand) med ökat djup. Stopp har från utförd viktsondering erhållits till ca 25,2 m.

Sättningsberäkningar, med djup till i huvudsak bedömd lerjord, har utförts till djupet 25,2 m.

Jordlagerföljden bedöms i området utifrån utförda fält – och laboratorieundersökningar i provpunkt 21MI044. Utifrån dessa resultat delas jorden upp i olika delskikt, se Tabell 6

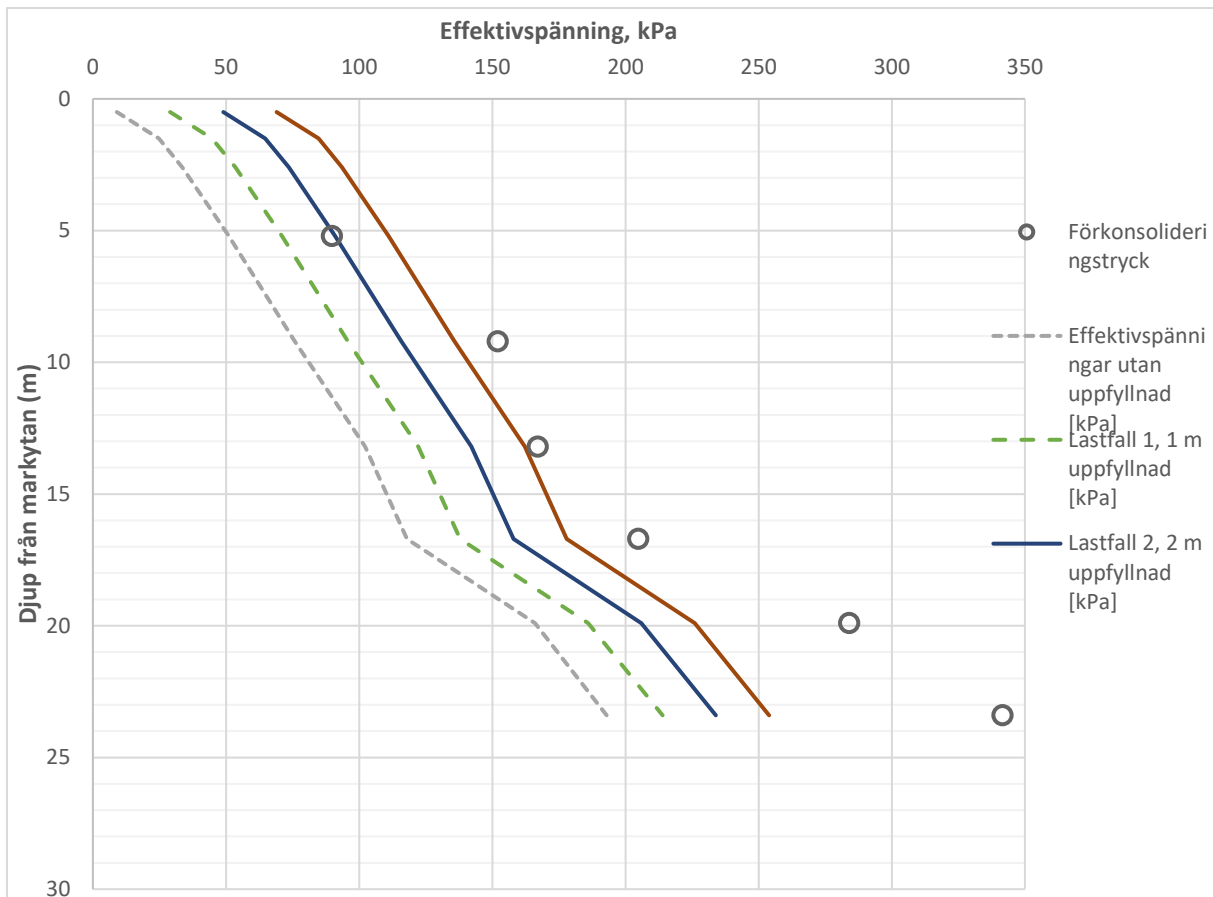
Materialparametrar för delskikt 1–3 (antas som lerjord) är utvärderade utifrån utförda viktsonderingar och utförda laboratorieundersökningar.

För delskikt 4–9 (antas som lerjord) fås materialparametrar ifrån utförda CRS-försök och CPT-utvärderingar.

Tabell 6: Parametrar för sättningsberäkningar, provpunkt 21MI044

Delskikt	Djup	Skiktthjocklek	$\sigma'_c$	$\sigma'_L$	M0	ML	M'	cv, min (m <sup>2</sup> /s)	Densitet	OCR
1	1	1	-	-	10 000	-	-		1,8	-
2	1	1	-	-	10 000	-	-	-	1,8	-
3	3,2	1,2	-	-	10 000	-	-	-	1,8	-
4	7,2	4	89,8	128,4	2600	523,1	13,3	1,60 E-07	1,63	1,76
5	11,2	4	152	158,8	5000	821,4	14,6	5,80 E-07	1,61	2,01
6	15,2	4	167	250,5	5000	1212	13,6	3,60 E-07	1,71	1,63
7	18,2	3	204,8	283,475	3750	1295,025	14	1,40 E-07	1,63	1,74
8	21,6	3,4	284	392	7000	2040	13,1	4,30 E-07	1,77	1,71
9	25,2	3,6	341,6	506,075	7000	2040	13,1	4,30 E-07	1,77	1,74

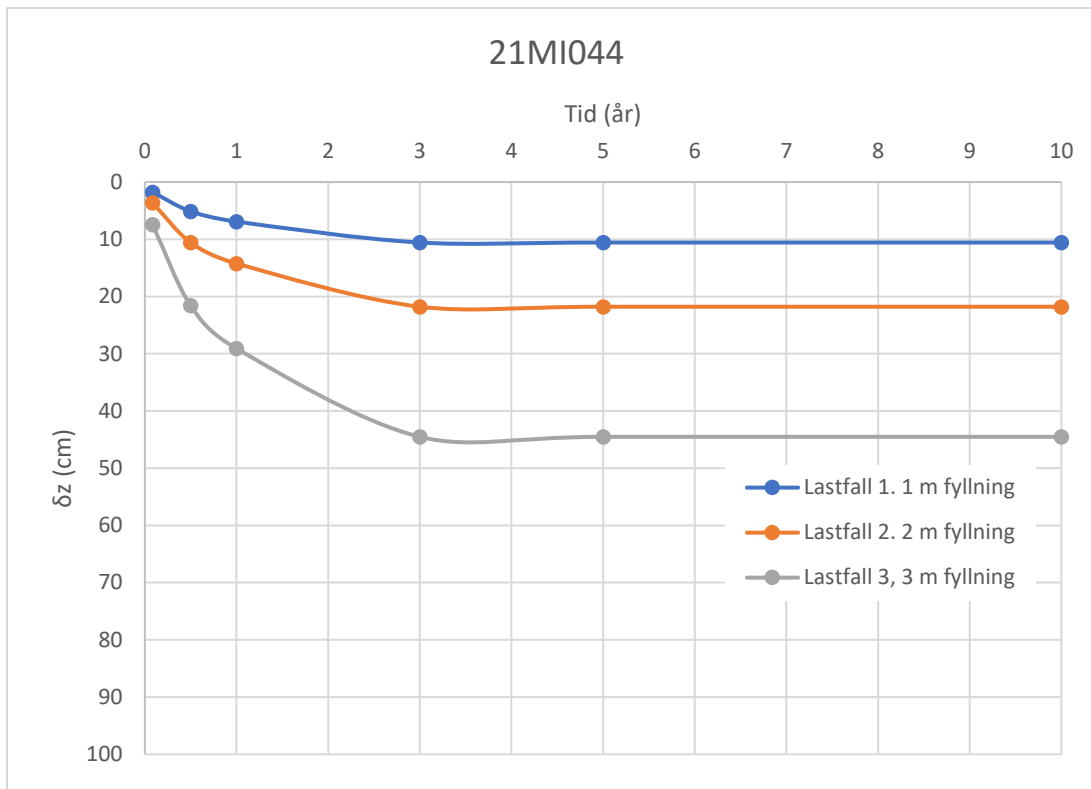
Utifrån spänningsdiagrammet i Figur 17 och Tabell 6 framgår att leran är överkonsoliderad, vidare framgår i Figur 17 för vilka lastfall förkonsolideringstrycket överskrids.



Figur 17: Spänningsdiagram med lastfall och valt förkonsolideringstryck vid beräkningar

I Figur 18 framgår konsolideringsförloppet och de totala sättningarna för respektive lastfall. För konsolideringsbeloppet har en viktad  $c_v$ -koefficient beräknats till  $5,15E-7$  utifrån Tabell 6 och de olika koefficienterna för respektive delskikt.

4. För lastfall 1 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 11 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 7 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 65 %
5. För lastfall 2 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 22 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 14 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 65 %
6. För lastfall 3 uppnås fullständigt utbildade sättningar om ca 45 cm efter ca 3 år. Efter 1 år utbildas ca 29 cm sättningar vilket motsvarar en konsolideringsgrad om ca 65 %



Figur 18: Konsolideringsförlopp och utbildade sättningar för olika lastfall

### Hydrogeologiska förhållanden

Utifrån grundvattenmätningar har grundvattennivån utvärderats till att ligga ca 1,275 m under markytan. Grundvattennivåerna kan även variera under året med ca +/- 0,5 meter.