

SKANSKA

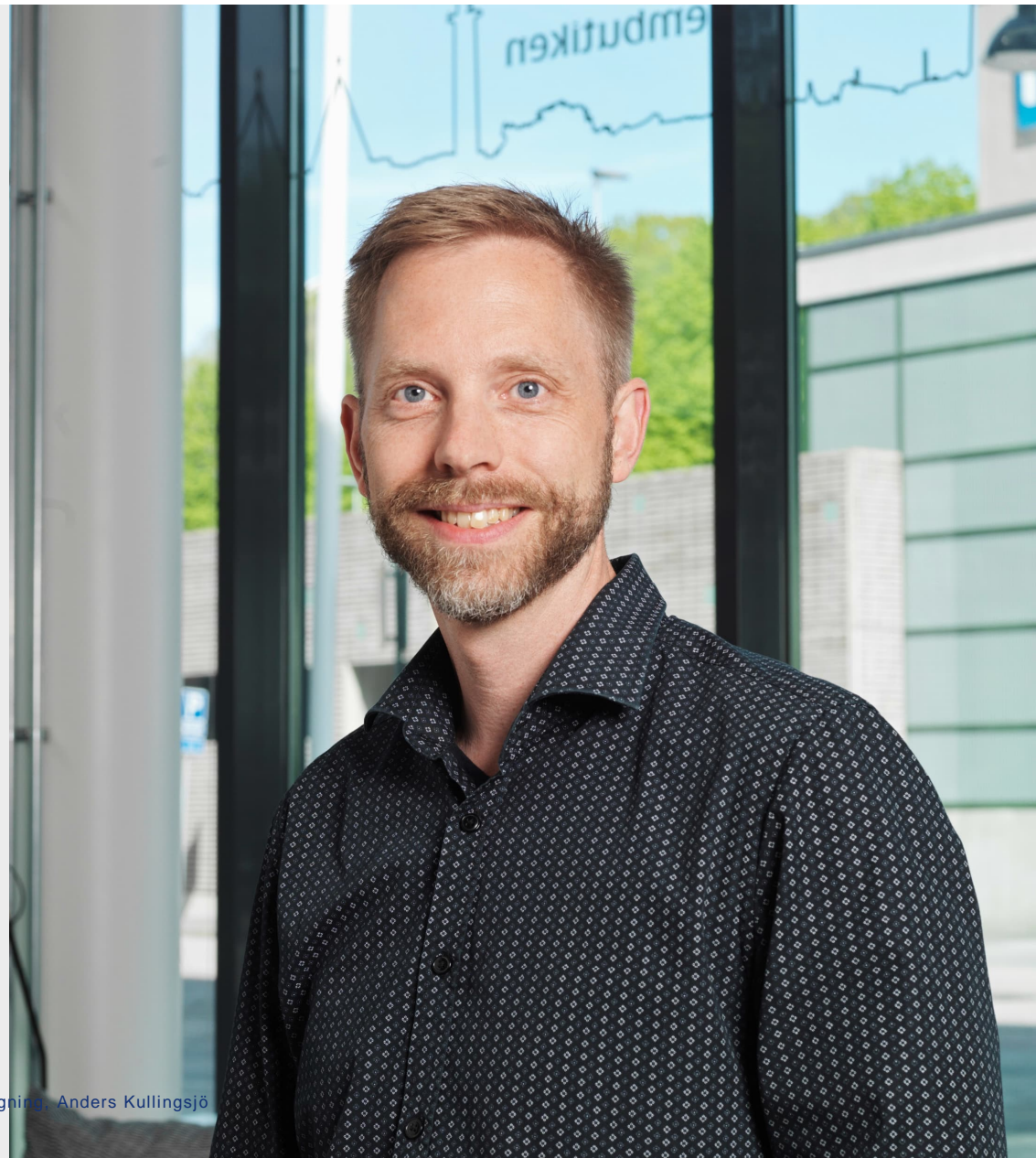
STÖRANDE PÅLE OCH ANNAT... Massundanträngning

Anders Kullingsjö
Expert, Geoteknik



Vem är jag

- Geokonstruktör Skanska
- Säkerhet på arbetsplatserna
 - Stödkonstruktioner
 - Bärighet
 - Stabilitet
- Omgivningspåverkan
 - Schakt
 - Pålning



Massundanträngning

Exempel på erfarenheter

- Götatunneln
- Skandiahamnen
- Partihallsbron
- Tennet 2
- Knutpunkt Gamlestaden
- Södra Marieholmsbron
- Tändstickan
- Regionens hus
- Hisingsbron
- Citygate
- mm



Massundanträngning -Götatunneln

- Vid J2, Götatunneln konstaterades deformationer på upp mot 40 cm mot uttagen etapp och ca 10 cm hävning utanför sponterna
- Vid L3, Götatunneln dansade NCC vals med Göta älvbron som hävdes 10cm



Massundanträngning -Skandiahamnen

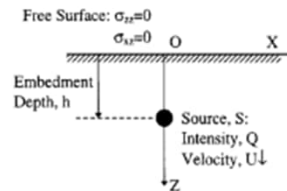
- Stora deformationer
- Initiativ till examensarbete.

DEFORMATION ANALYSIS OF SHALLOW PENETRATION IN CLAY

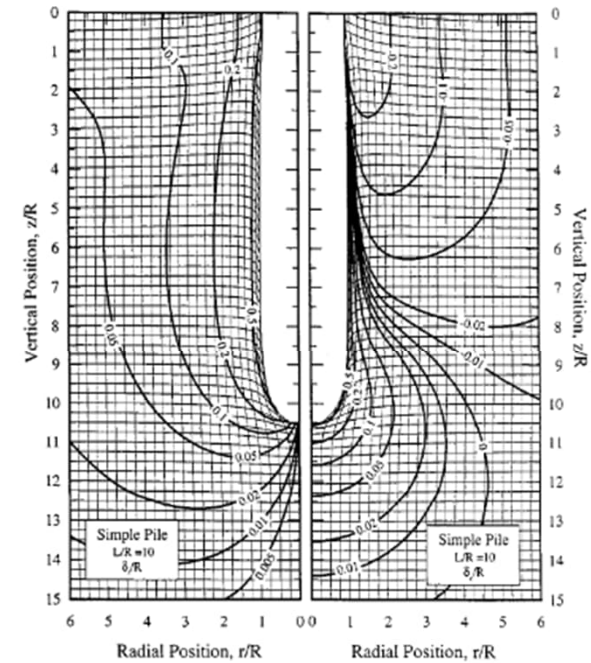
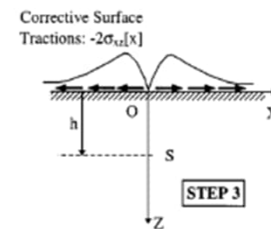
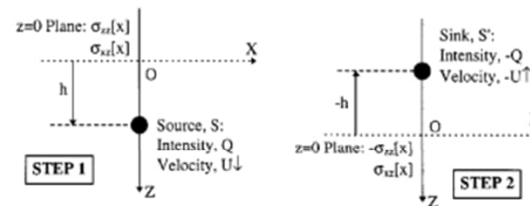
C. SAGASETA^{1,*}, A. J. WHITTLE² AND M. SANTAGATA²

¹ University of Cantabria, 39005 Santander, Spain

² Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA02139, USA



a) SSPM Representation of Shallow Penetration Problem



a) Radial displacements

b) Vertical displacements

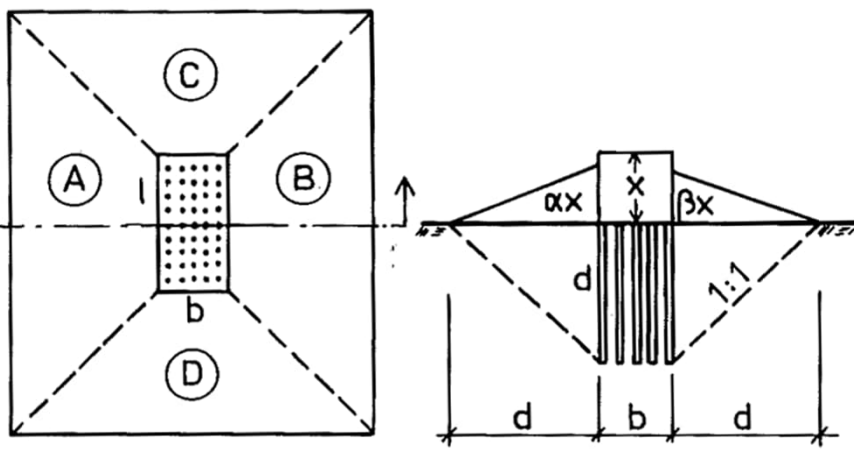
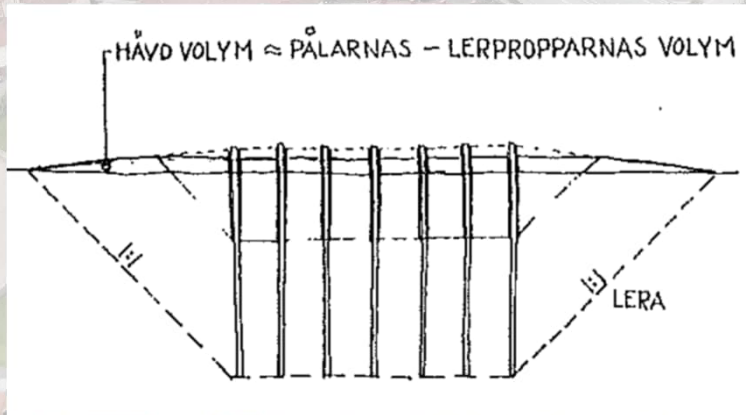


Figure 2. Conceptual model for simulation of penetration with stress-free surface

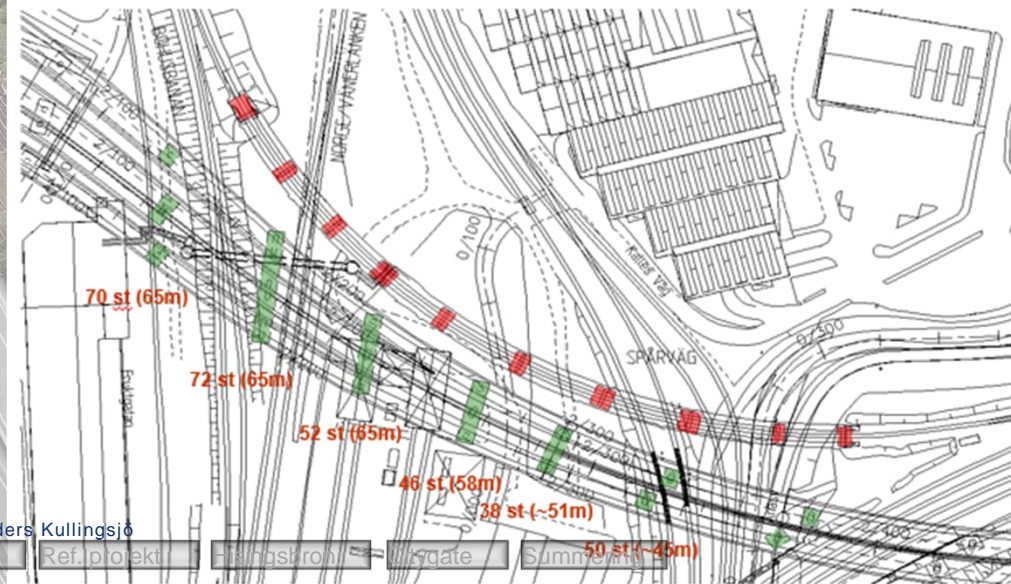
Massundanträngning -Partihallsförbindelsen

- Krav 10mm relativ rörelse mellan stöd

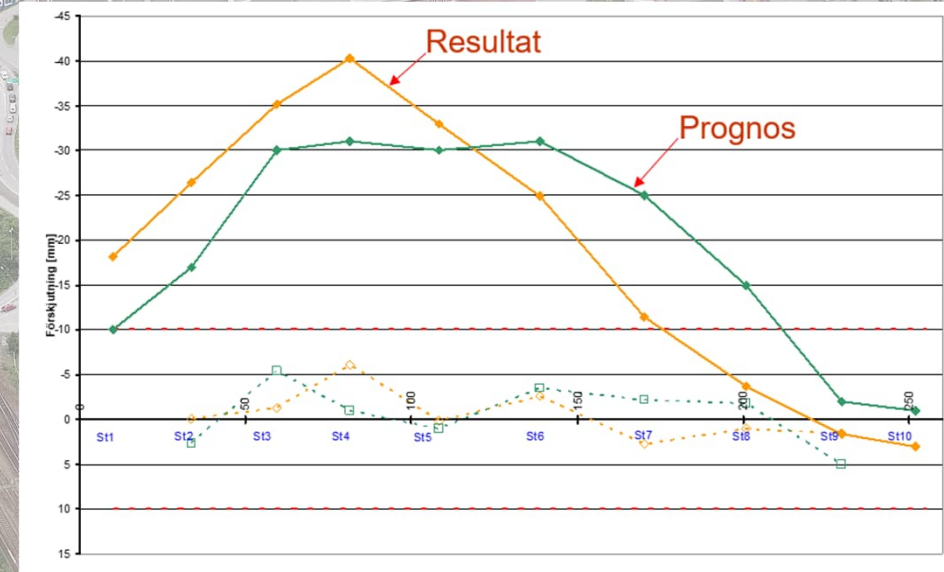
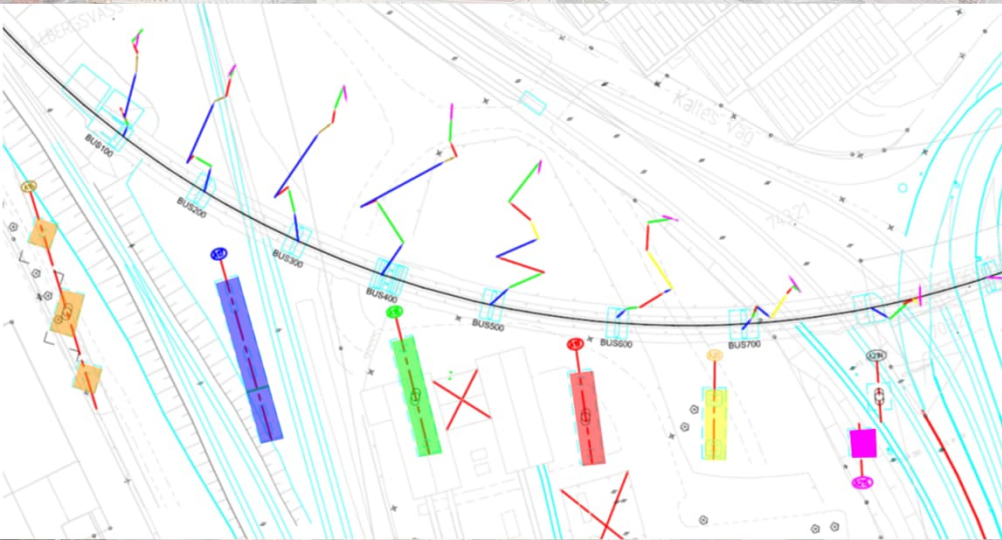


- Anpassad pålningsordning

Omfattning av påning



Massundanträngning -Partihallsförbindelsen



Massundanträngning -Rapporter och artiklar

Ground displacements due to pile driving in Gothenburg clay. Edstam, T, Kullingsjö, A, 2010

Massundanträngning i samband med påslagning i lera. Edstam, T, 2011

Skäranbrons rörelser vid påslagning för den närliggande Partihallsbron. Edstam, T, 2012

Nu har vi bra koll på hur omgivningen rör på sig vid påslagning. Kullingsjö, A, Edstam, T, 2013

"Piling made less boring" – Minskad omgivningpåverkan genom samverkan, Kullingsjö, A et al. 2020

Massundanträngning i samband med pålning i lera, Julia Jonsson ; Anna Kristiansson, 2004

Effects on existing foundations caused by pile driving, Paulina Nenonen, Johanna Ruul, 2010

Installation effects of lime-cement columns -with special focus on horizontal displacements and pore pressure changes, Andersson, Charlotte; Karlström, Britta 2010

Analysis and FE-modelling of soil displacement associated to pile driving - A case study of pile installation at Gamlestadstorget Nguyen, David; Hernqvist, Henrik, 2016

SKANSKA

2022-05-18

Påldagen 2022 - Massundanträngning, Anders Kullingsjö

Bakgrund

PHF

Rapporter

Massundanträngning

SSPM

Ref. projekt

Hisingbron

Citygate

Summering

SBUF

MASSUNDANTRÄNGNING I SAMBAND MED PÅSLAGNING I LERA



Torbjörn Edstam
Skanska Sverige AB
Teknik och Projekteringsledning

SKANSKA

TRAFIKVERKET

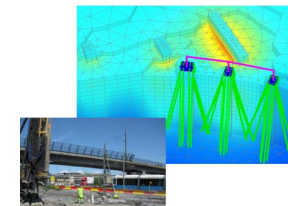
Pålskommissionen

RUUKKI

SGF

Infrastruktur

CHALMERS



Environmental impact of pile driving

-An FE-analysis of the displacement of the Skäran bridge
Master's Thesis in the Master's Programme Structural Engineering and Building Performance Design

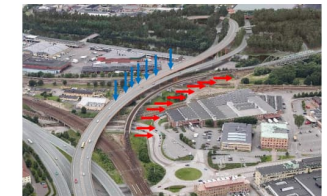
PAULINA NENONEN
JOHANNA RUUL

Department of Civil and Environmental Engineering
Division of Geotechnical Engineering
Geotechnical Engineering
CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Göteborg, Sweden 2011
Master's Thesis 2011:38

SBUF
ID: 12422

SKANSKA

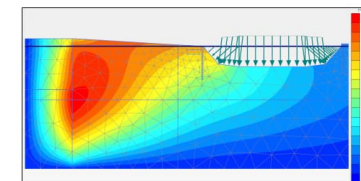
Skäranbrons rörelser vid påslagning för den närliggande Partihallsbron



Torbjörn Edstam
Skanska Sverige AB
Teknik och Projekteringsledning
2012

SBUF stödjer
forskning & utveckling
som leder till
praktisk lösning

CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Analysis and FE-modelling of soil displacement associated to pile driving
A case study of pile installation at Gamlestadstorget
Master's Thesis in the Master's Programme Infrastructure and Environmental Engineering

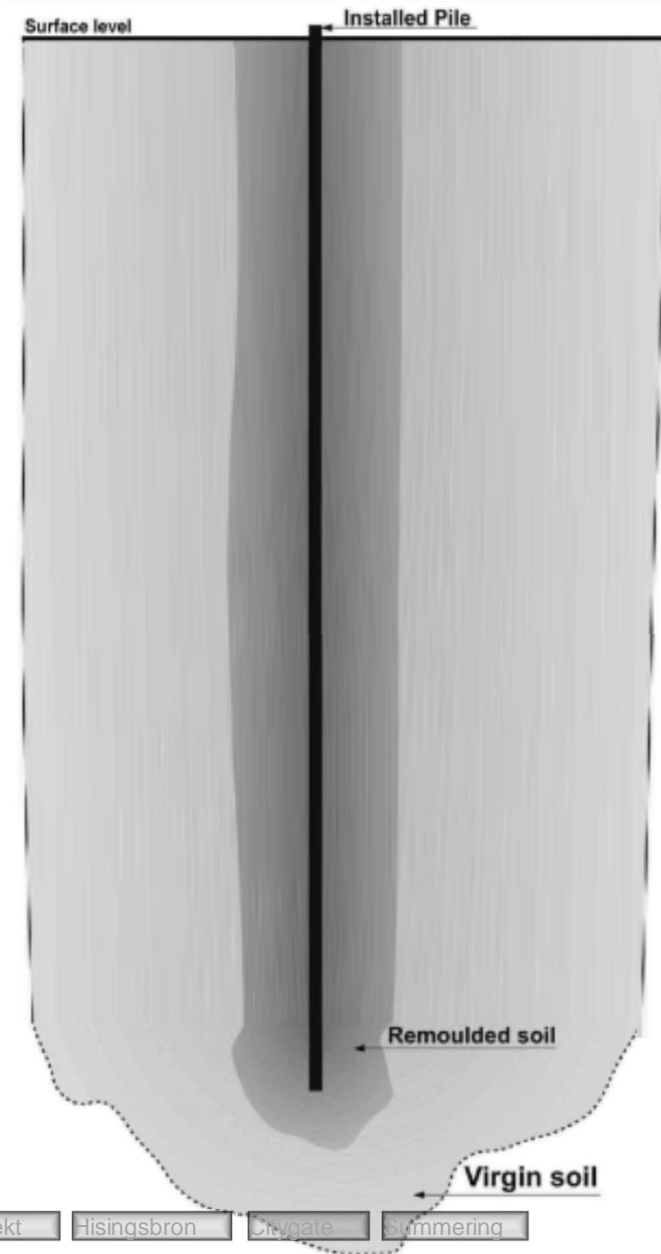
HENRIK HERNQVIST
DAVID NGUYEN

Department of Civil and Environmental Engineering
Division of Geotechnical Engineering
Geotechnical Engineering Research Group
CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Gothenburg, Sweden 2016
Master's Thesis BOMX12-16-50

Massundanträngning

-Olika perspektiv

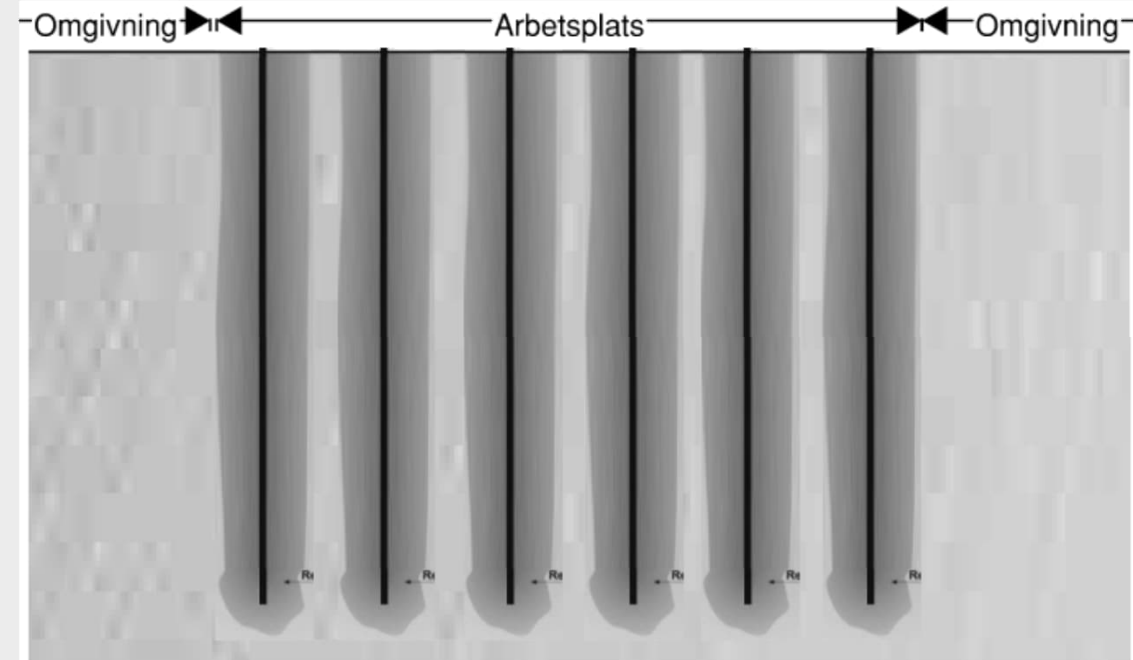
- Neddrivning av homogena betongpålar ger en undanträngning.
 - Momentan deformation i omgivningen
- Närmast pålen sker en total omröring av leran medans leran på ett antal påldiameters avstånd behåller sina egenskaper.
 - Påverkan på pålens geotekniska bärförmåga
- Den påtvingade deformationen genererar porövertryck.
 - Vi kan förvänta oss en framtida portrycksutjämning



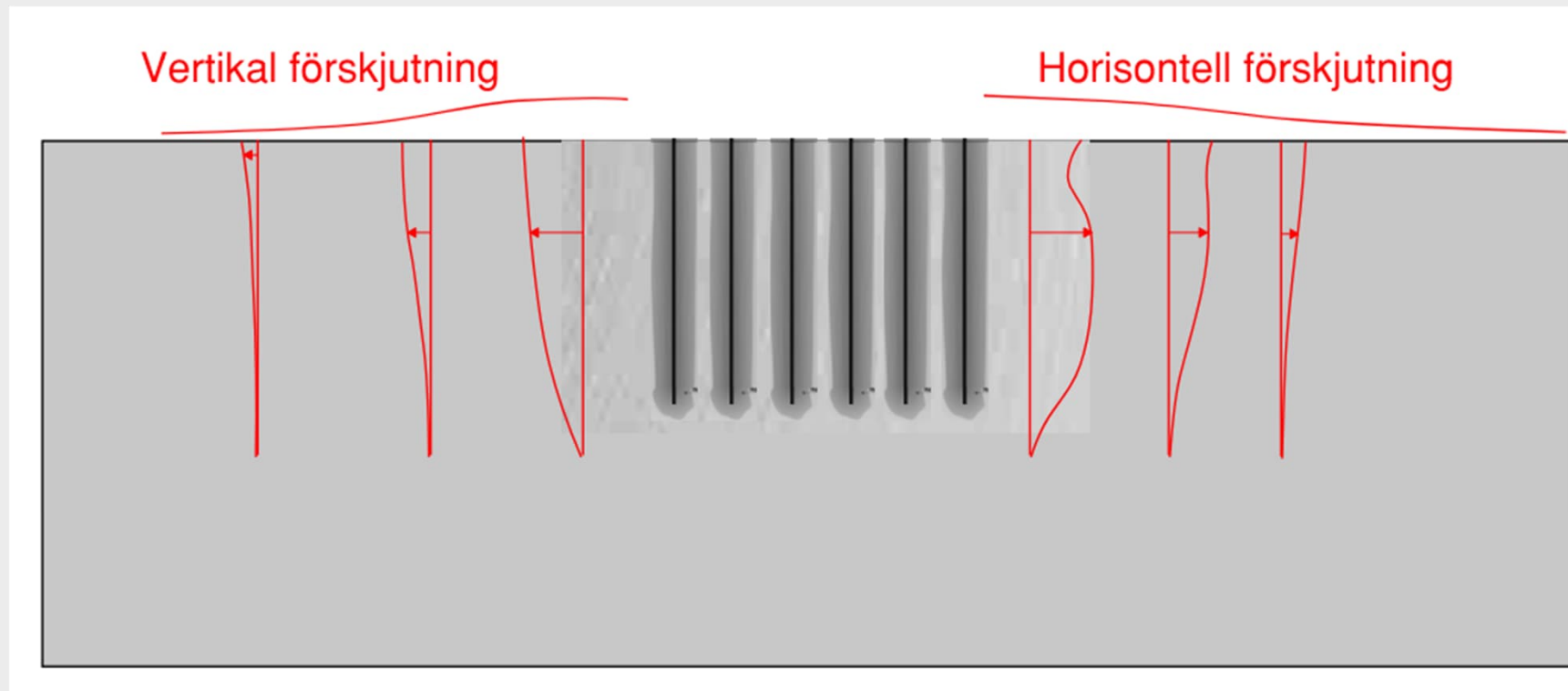
Massundanträngning

-Olika perspektiv (idag)

- Utföraren
*Fokus på framdrift och tillåten omgivningspåverkan.
Den geotekniska bärförmågan hanteras empiriskt.*
- Byggherren
Tillåtna deformationer
- Ägare/Förvaltare
*Tidsaspekten är av intresse.
Hur påverkas min byggnad av att grannen pålar? Hur
är det att bygga på en tomt där grannen nyligt pålat?*

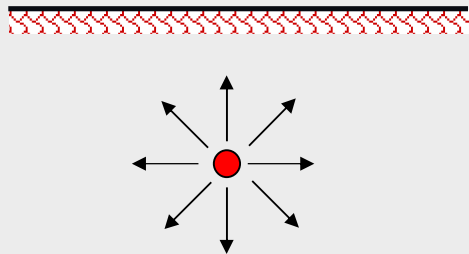


Omgivningspåverkan

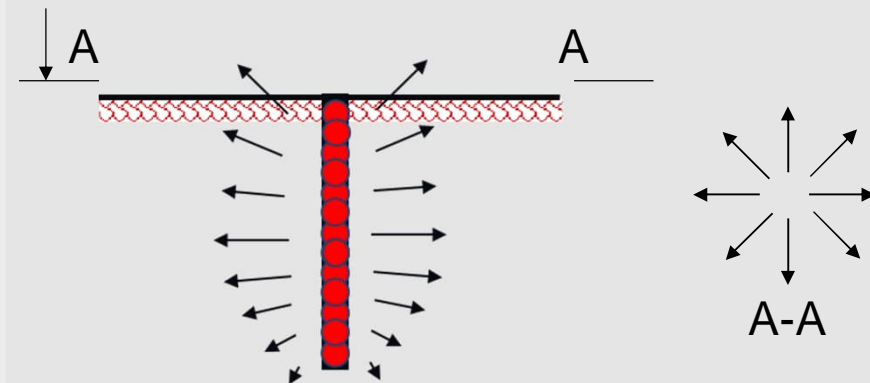


Prognoser i varje projekt senaste 10åren

SSPM – Shallow strain path method (=Sagaseta)



Deformationer beräknas av att en punkt expanderas på godtycklig plats i en halvoändlig elastiskt rymd (=ingen skjuvspänning i ytan, ingen inverkan av styvhet). Matematiken är krånglig för hela volymen men specialfall finns.



För en påle antas flera sfärer på en linje och efter integration fås för markytan

Radiell sidorörelse:
$$\delta_r = \frac{R^2}{2} \cdot \frac{L}{r \cdot \sqrt{r^2 + L^2}}$$

Hävning:
$$\delta_v = -\frac{R^2}{2} \cdot \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{\sqrt{r^2 + L^2}} \right)$$

R = pålens radie; L= pålens längd; r = radiellt avstånd från pälén

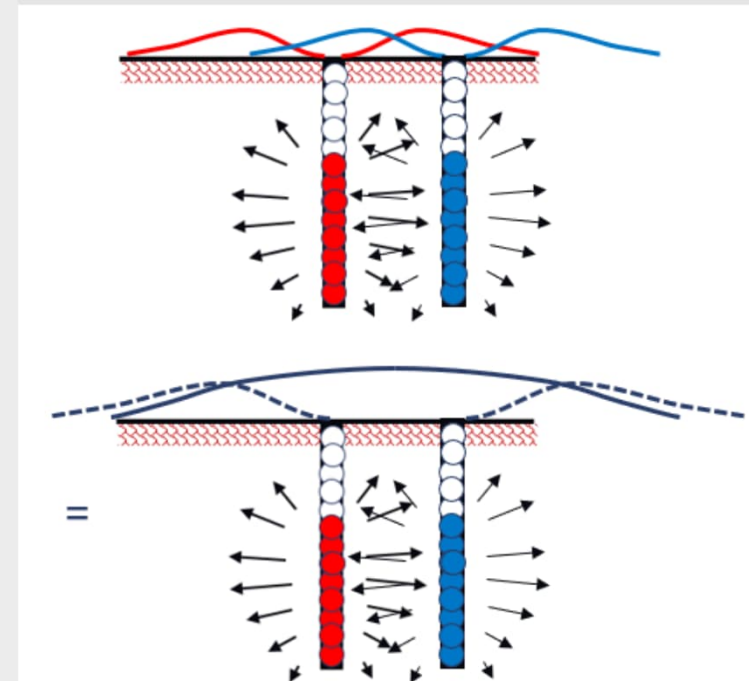
SSPM – Shallow strain path method

Fördelar

- Bra noggrannhet
- Superponerbar
- Prognos kopplat till framdrift är enkelt
- Kan fånga effekten av proppar eller pluggning av rör.

Nackdelar

- Förutsätter "Green field"
- Inverkan av befintliga konstruktioner kräver ingenjörsmässighet
- Lutande markyta beaktas ej



Referensprojekt

Tennet 2

Pålning inom spont med proppdragning.

Pålning efter 1m schakt.

Pålarna knektades ned till viss del.

Lärdomar

Massundanträngning för undre delen av sponten och hålrum ovanför → Spontrotation → Påla helst från markytan

Knutpunkt Gamlestaden

Pålning intill befintlig bro

Pålningen gjordes med dagsprognoser för de aktuella pålarna → Koll på differensrörelserna.

Lärdomar

Verifiering av att befintliga pålar jämnar ut rörelserna i vertikalled men inte i sidled.



Referensprojekt

Lindholmsmotet- KC

KC-installation i anslutning till spår.

Lärdomar

Prognosen stämde väl utifrån beräknad volym av tillfört material

Södra Marieholmsbron

Pålning och KC

Lärdomar

*Befintlig banken höll emot →
Reducerade rörelserna i befintligt spår med ca 30%*

Nivå skillnaden mot älven gav extra rörelse mot älven



Referensprojekt

Regionens hus

Pålning i anslutning till nedsänkt E45.

Lärdomar

*Extra rörelse mot E45:an
Åtgärd testades med avlastande
slits med gott resultat.*

Hisingsbron

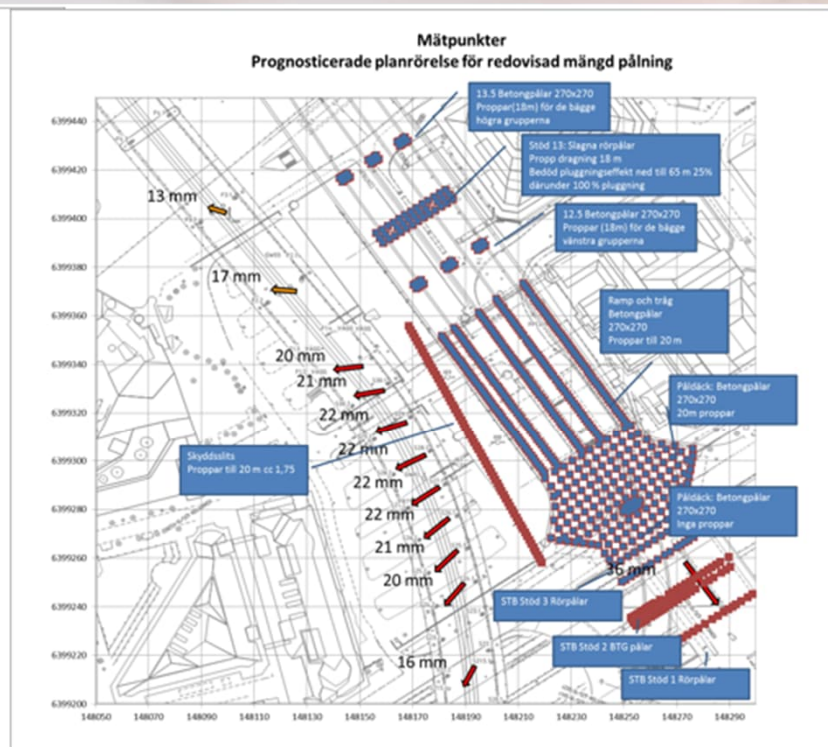
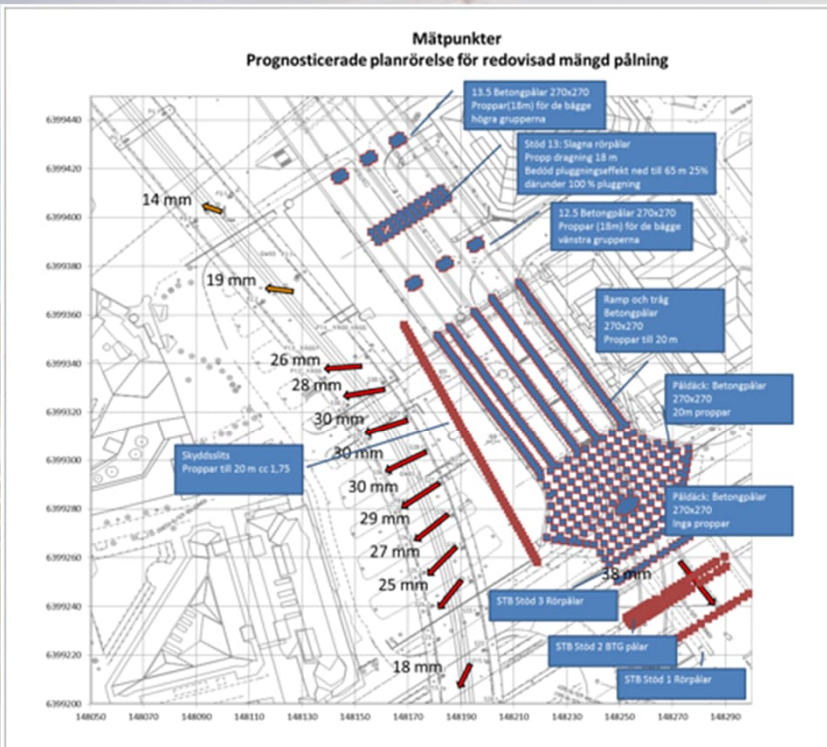
Pålning, betong och rör. Djupa proppar

Lärdomar

*Prognoserna stämde väl
Provpålning med rörpålar och
verifiering av invändig plugg
Hur bra är egentligen djupa
proppar?*



Hisingbron - prognoser



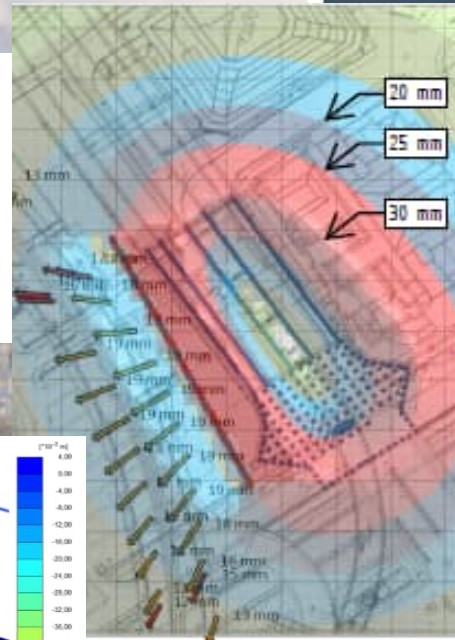
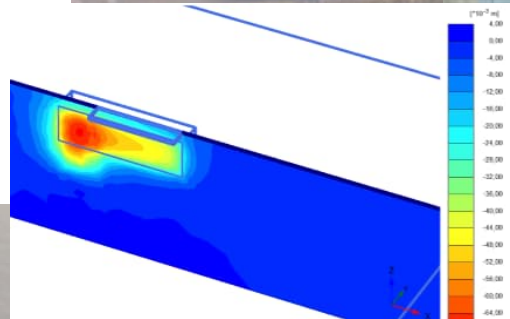
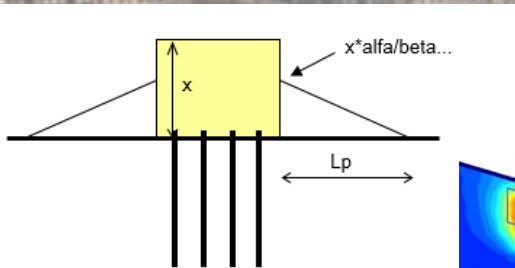
Betongpåle alternativet utan åtgärd

Betongpåle alternativet med skyddsplits

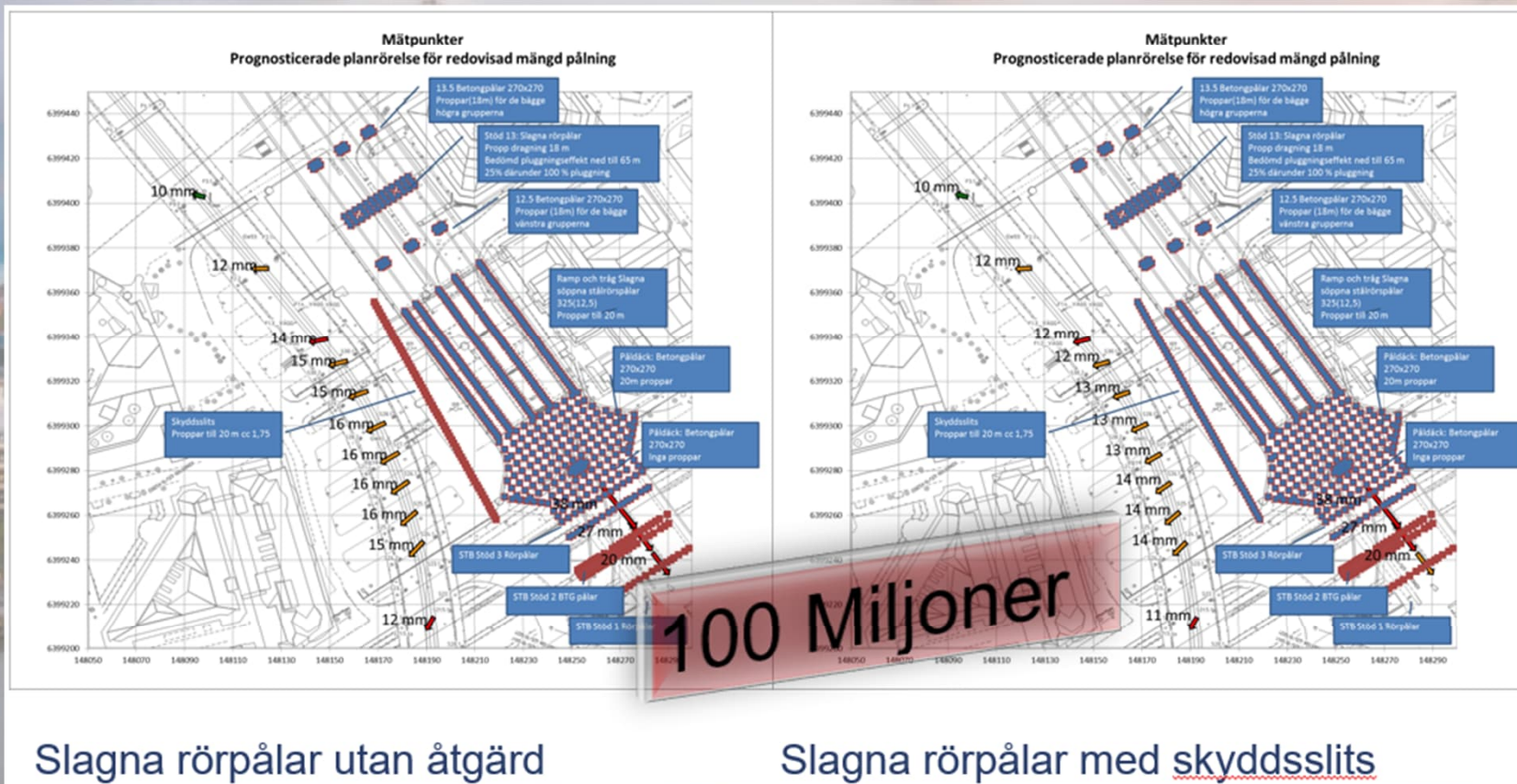
Hisingbron - Geogruppen

- Platinan
- Nedsänkningen av E45

Deformation i Göta älv bron 17-23 mm innan pålstart



Hisingbron - prognoser



Djupa proppar – är det lösningen?

Viktigt att ha koll på hur mycket material som tas upp

Hur kan "extra" proppar nyttjas?

Brunnar?

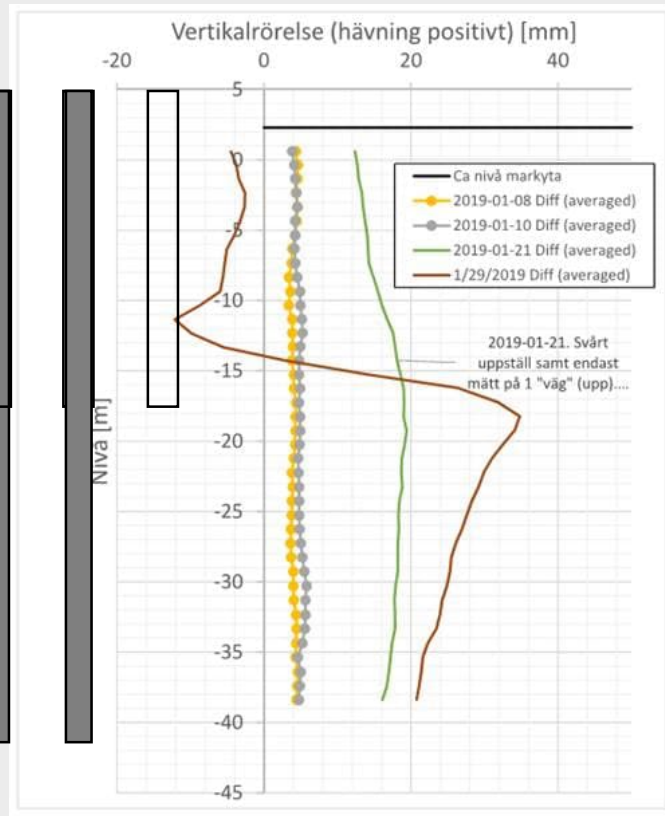
Eller bara som skuggning?

Möjligt djup utan att hålet slår igen

Hur påverkas leran av att detta?

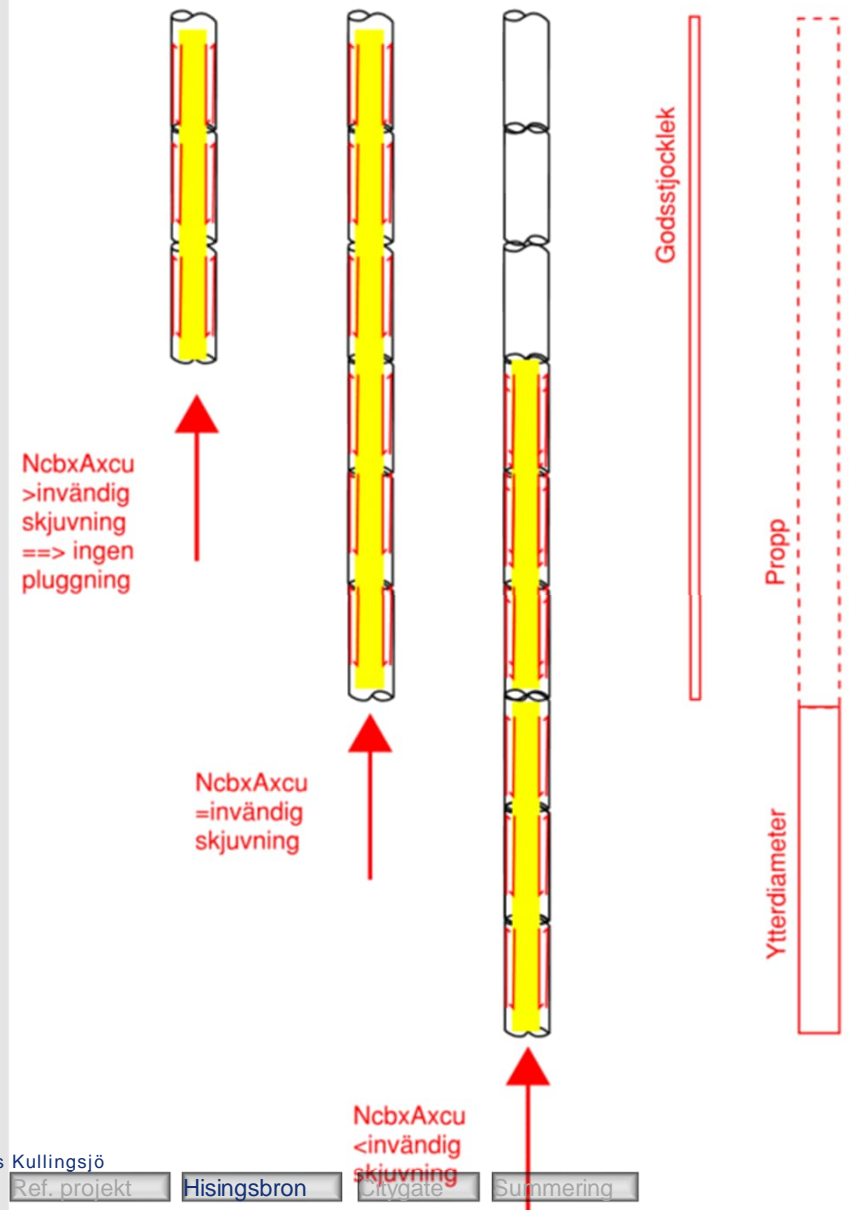
Eller spelar det ingen roll jämfört med övrig störning?

Bälgslag mellan pålar

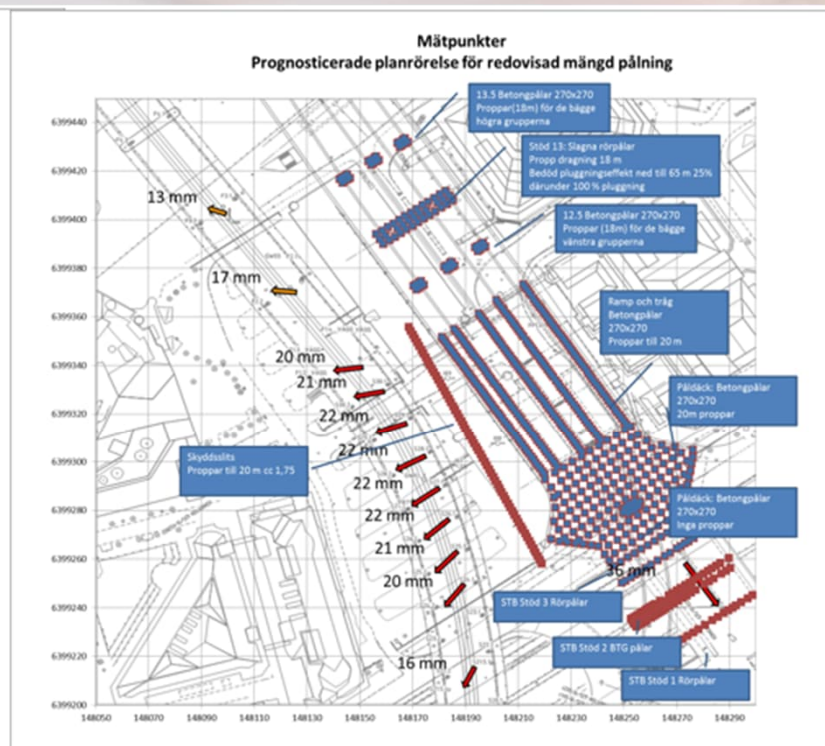
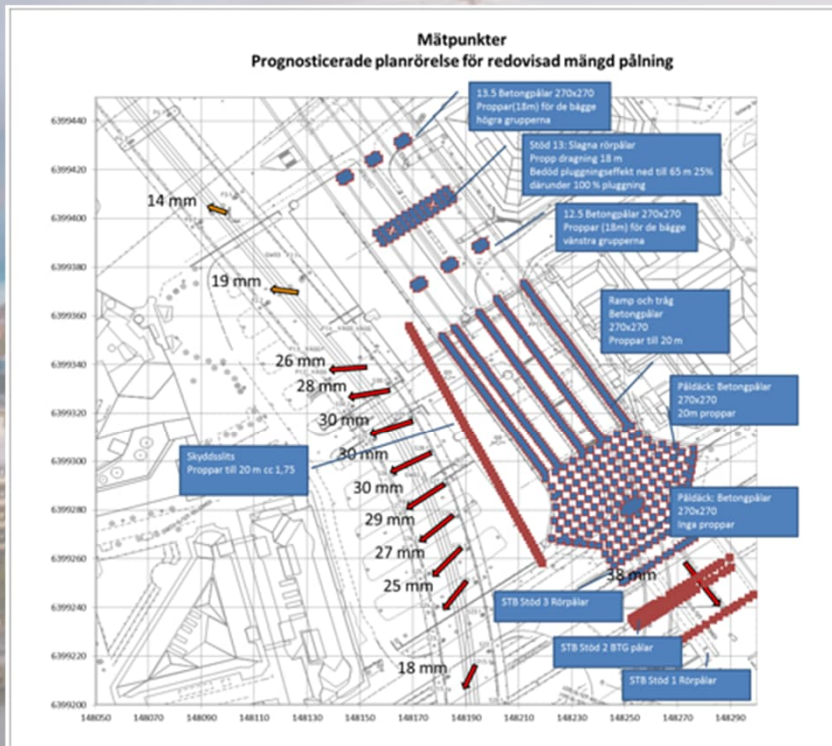


Provpålning – 323 rör

- Pålarna vibrerades ned med mätning av invändig ler nivå mellan varje skarv.
- Teoretiskt går det att räkna ut hur långt pålen kan drivas utan "pluggning" (massundanträngning)
- I praktiken så konstaterades en inledande förhöjd vidhäftning vilket gav ca 10% för varje rör ned till ca 50m djup.
- Under ca 50m konstaterades mer eller mindre full "pluggning"



Hisingbron - prognoser



Betongpåle alternativet utan åtgärd

Betongpåle alternativet med skyddsplits

Citygate - Kineum

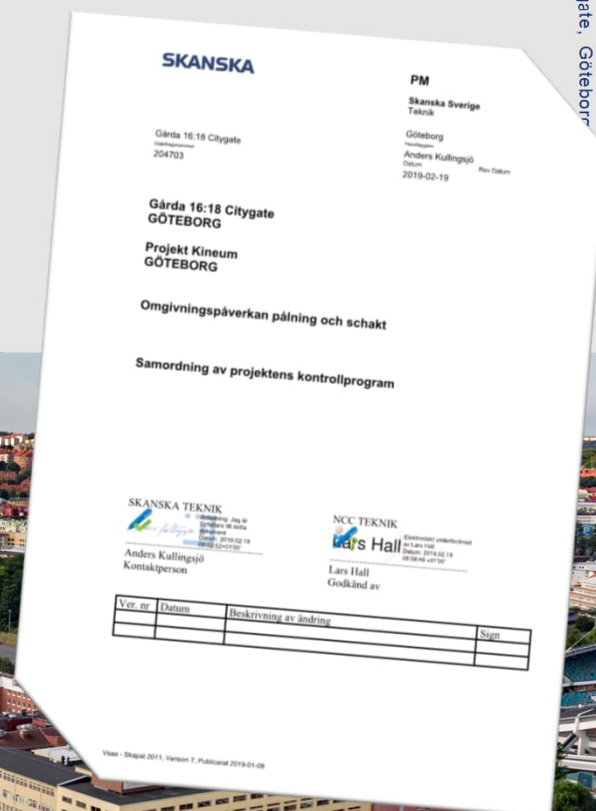
Nybyggnation i direkt anslutning till befintligheter i Gårda



Citygate - Kineum

Samarbete mellan entreprenaderna

- Gemensam tillgång till varandras mätdata
- Regelbundna möten om produktionsframdrift
- Gemensamt kontrollprogram
- Schaktr restriktioner beroende på grannens återstående pålning



SKANSKA

2022-05-18

Bakgrund

PHF

Rapporter

Massandranträngning

GSPM

Ref. Örebro

Hisingbron

Citygate

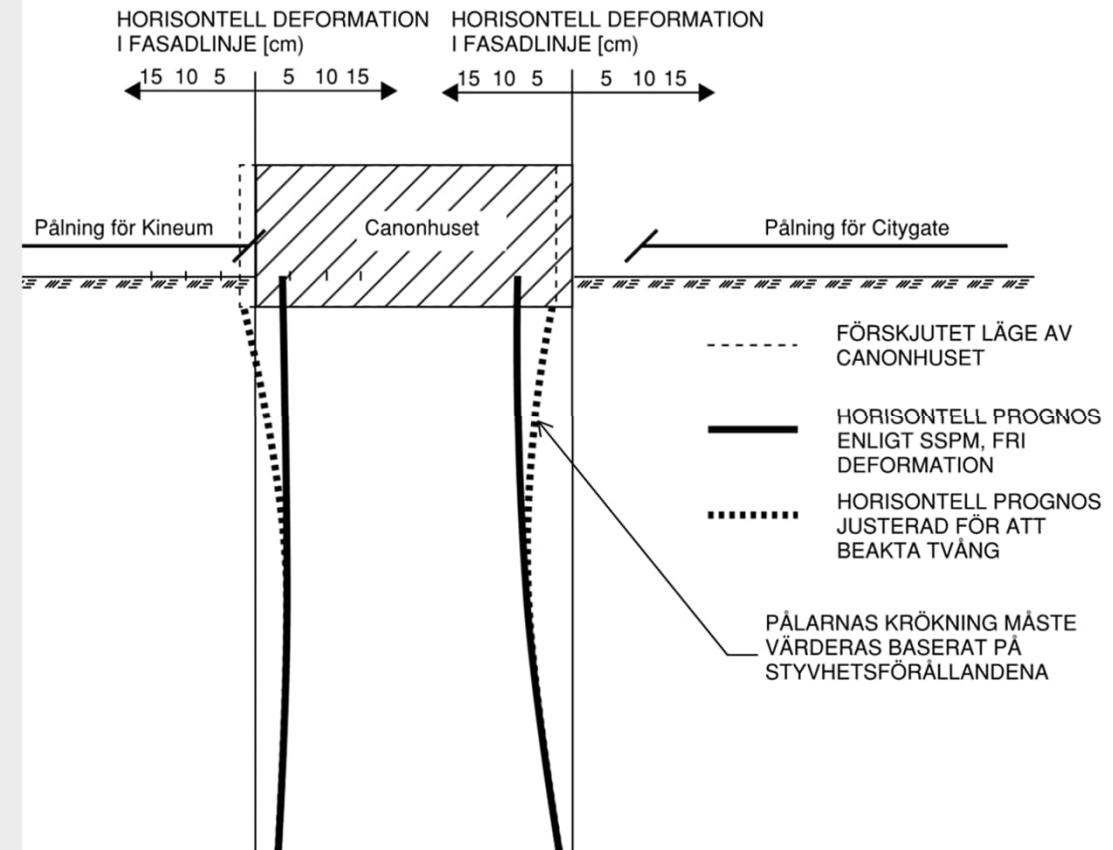
Slutavgränsning

Citygate, Göteborg

Citygate - Kineum

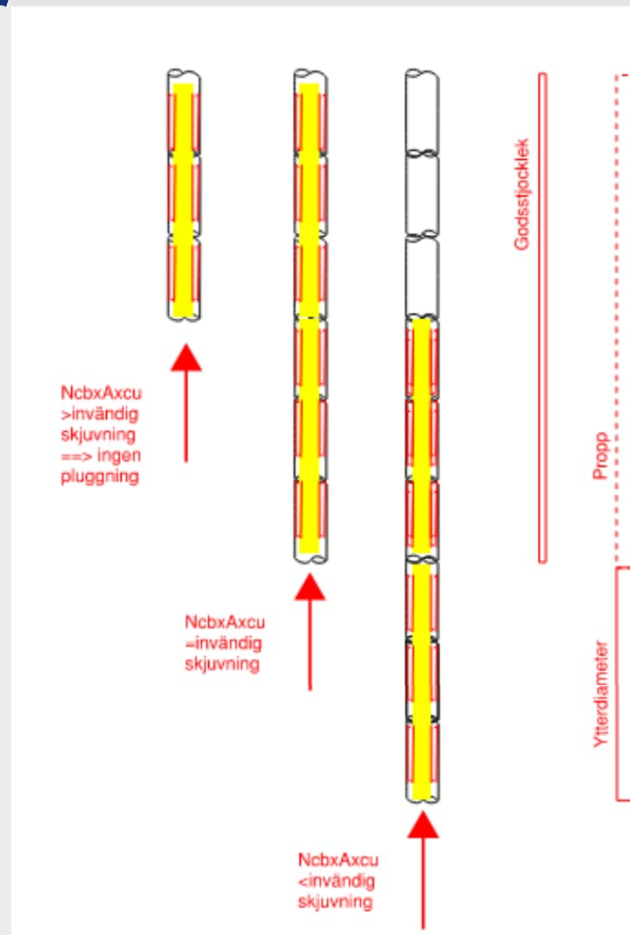
Prognostisering

- Beräkningar är utförda med SSPM.
- Ingenjörsvärdering krävs då bottenplattan får pålarna att samverka (streckade linjer)
- För att erhålla markförskjutningarna på djupet i Canonhusets fasadlinjer (heldragen), med ingenjörstolkningen streckad
- Resultaten kommer se olika ut beroende på om proppdragning utförs



Provpålning – 500 rör

- Samma förväntan som från Hisingsbron.
- Återfyllningen med 3m friktionsjord överraskade



Summering

SSPM – Shallow strain path method

Bra noggrannhet

Kräver viss erfarenhet och ingenjörsmässighet för att värdera påverkan på och inverkan av befintligheter

Fullt tillräckligt i de flest byggskedan

Väldigt flexibelt

FE-analyser

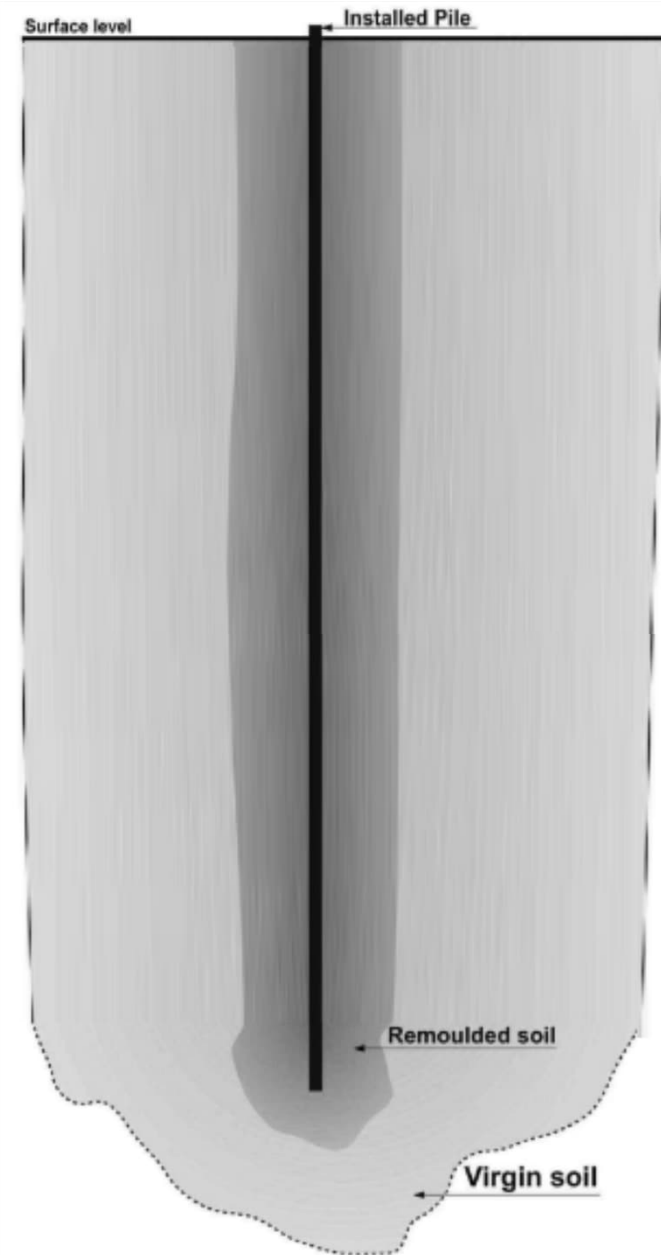
Kan ge mer information. Är det ”bara” omgivningen räcker nog med enkla materialmodeller och beaktande av stora deformationer



Massundanträngning

-Olika perspektiv

- Neddrivning av homogena betongpålar ger en undanträngning.
 - Momentan deformation i omgivningen
- Närmast pålen sker en total omröring av leran medans leran på ett antal påldiameters avstånd behåller sina egenskaper.
 - Påverkan på pålens geotekniska bärförmåga
- Den påtvingade deformationen genererar porövertyck.
 - Vi kan förvänta oss en framtida portrycksutjämning



Massundanträngning -Olika perspektiv (idag)

- Högskolan

Fokus på egenskapsförändringen i nära anslutning till pålen och konsolideringsprocessen.

→ Kräver avancerade effektivspänningsbaserade modeller och en beräkningsmetod som kan hantera extrema deformationer

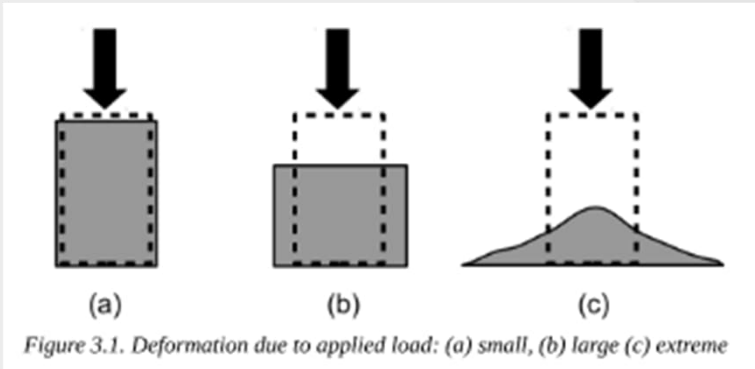
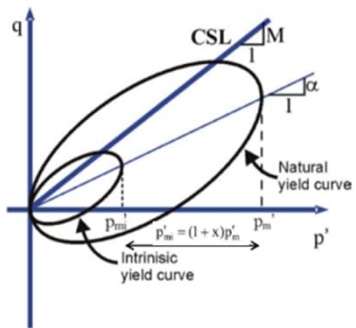
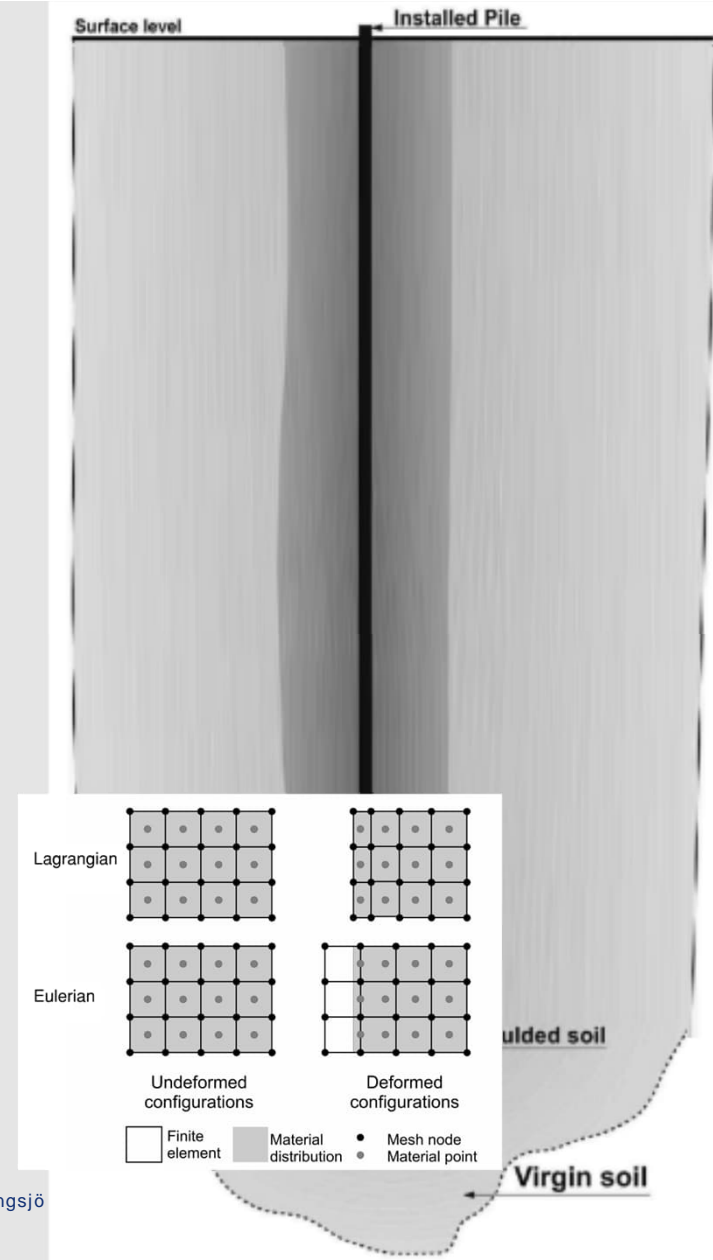
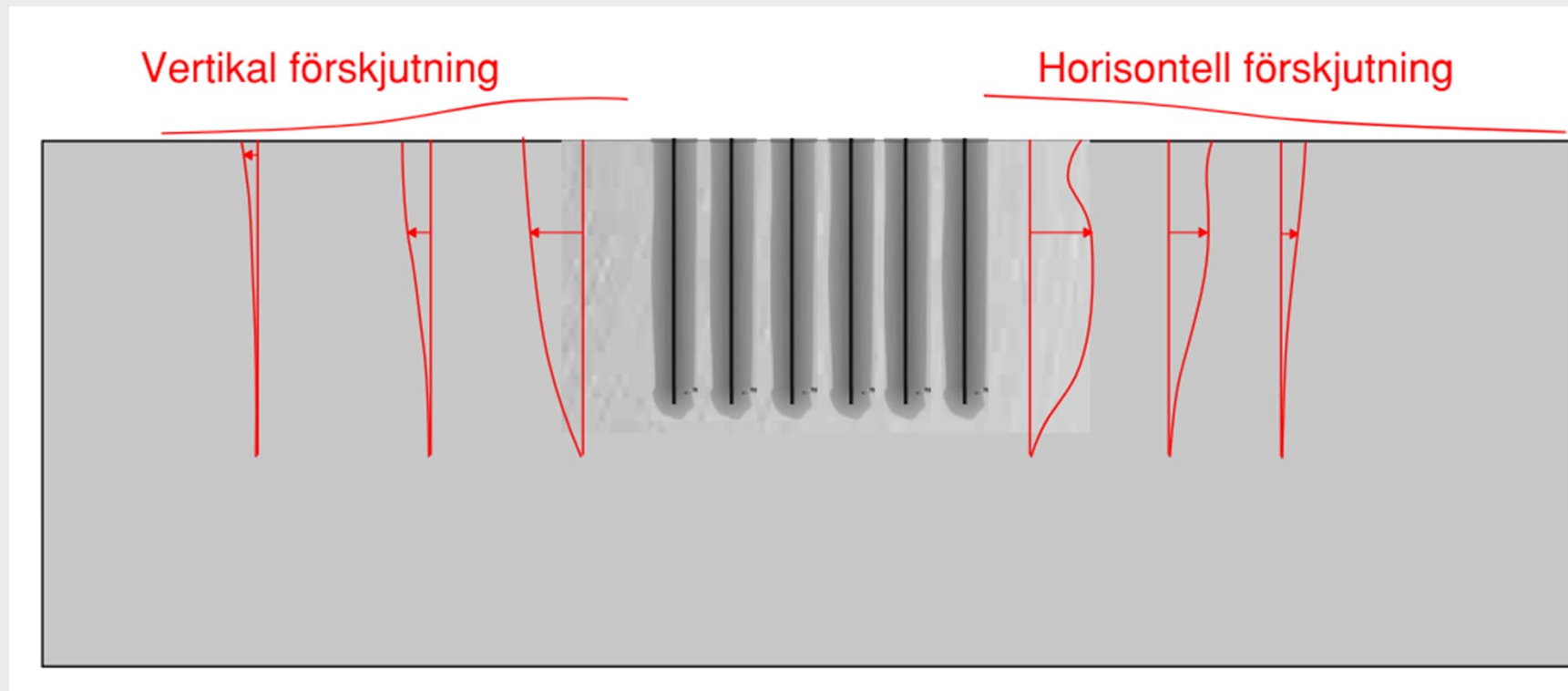


Figure 3.1. Deformation due to applied load: (a) small, (b) large (c) extreme



Omgivningspåverkan



Omgivningspåverkan – Över tid?

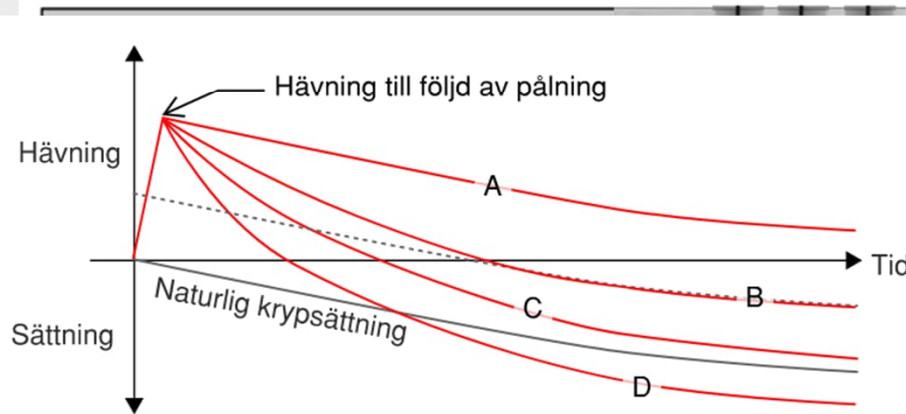
Undanträngningen

- σ_h ökar
- u ökar
- σ'_h ökar
- σ'_v minskar

Konsolidering

- u minskar
- σ'_h ökar
- σ'_v ökar

Ökning av portryck



A: Ingen konsolideringseffekt

B: Konsolidering till noll sättning därefter fortsätter den naturliga krypsättningen

C: Konsolidering för att falla in på "gamla" linjen

D: Konsolidering samt att lerans störts



Tack

