Egenskapsförändringar med tid under befintliga bankar - ETUB

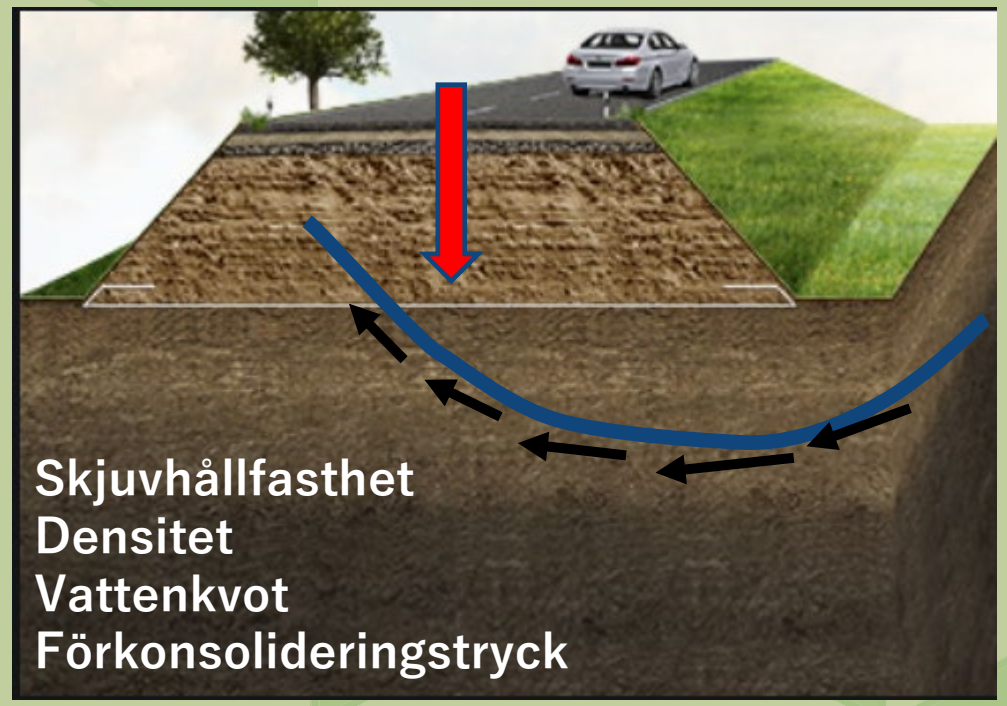
BIG och SGI

2016-2019

Karin Lundström och Björn Dehlbom

Referensgrupp: Göran Sällfors (Geoforce), Magnus Karlsson (Trv), Anders Hallingberg (Trv), Karin Larsson (Trv), Victoria Svahn (Gbg-stad)

SGI Statens geotekniska institut



Problemställning

Egenskaper under bankar förändras. Behov av att utveckla dagens metod för uppskattning av egenskaper under befintliga bankar

SYFTE

Ta fram metoder för att bestämma odränerad skjuvhållfasthet (och andra egenskaper) i lera under befintliga bankar utan att ta prover där

SGI Statens geotekniska institut

Metodik - övergripande



1

Hållfastheten i jorden under banken beräknas genom att

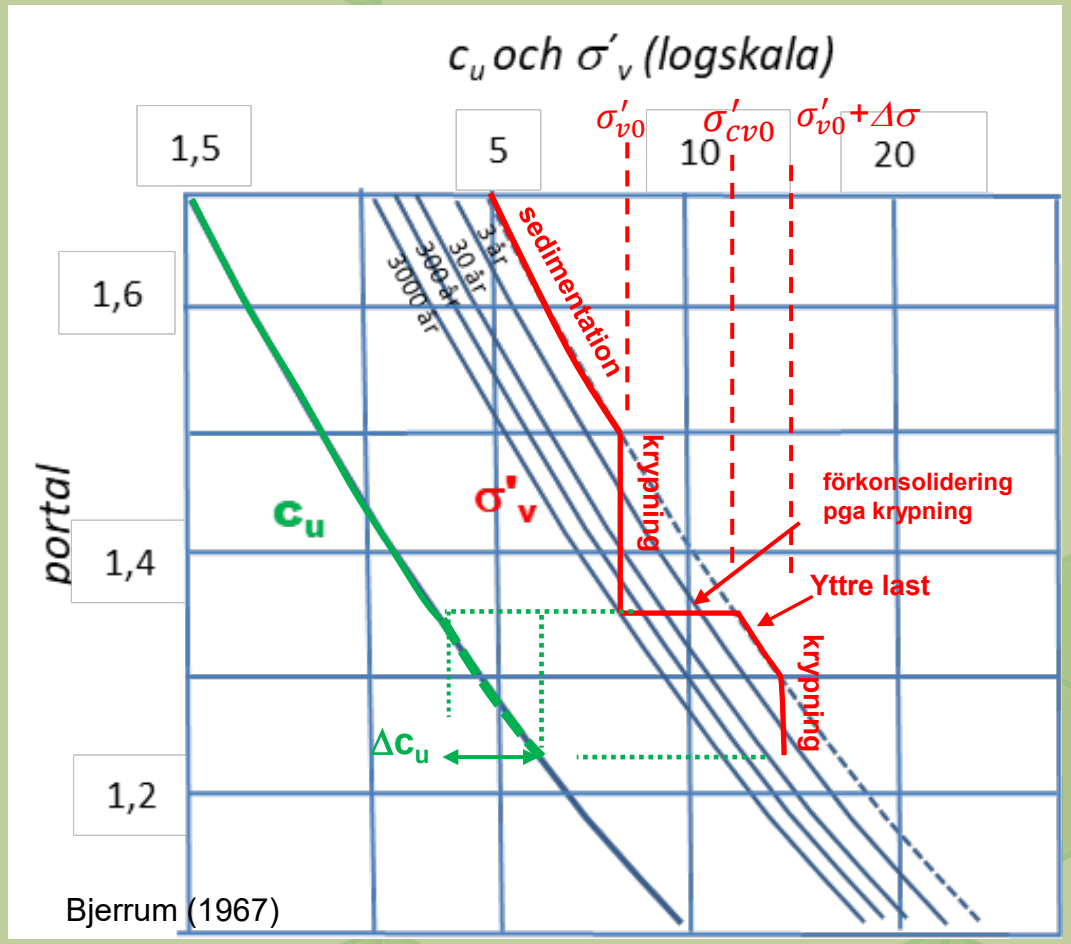
- antag att hållfastheten i jorden under banken före den byggdes, var lika som den är utanför
- nyttja sättningsberäkningar och empiriska relationer för att beräkna ökning

2

Egenskaper (hållfasthet, densitet, portal vattenkvot) i jorden under banken bedöms på prover tagna utanför banken konsoliderade i triaxialcell.

SGI Statens geotekniska institut

Egenskapers beroende av spänningar



Odränerad skjuvhållfasthet: ökar med ökat överlagringstryck

$$c_u(\textbf{under bank}) = c_u(\textbf{utanför bank}) + \textbf{tillskott (ökad spänning)}$$

Portal, vattenkvot och densitet: ökat överlagringstryck ger

minskat **portal** $e = \frac{w_n \cdot \rho_s}{\rho_w}$ ⇒ minskad **vattenkvot**

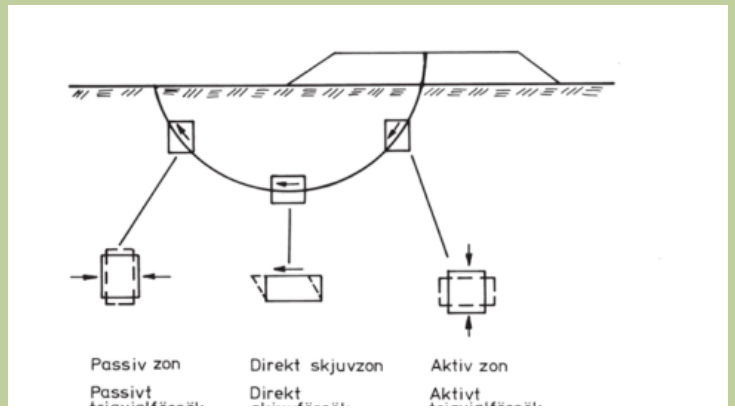
$$\rho_m = \frac{w_n + 1}{{w_n}/{\rho_w} + {1}/{\rho_s}}$$ ⇒ ökad **densitet**

SGI Statens geotekniska institut

Empiri odränerad skjuvhållfasthet

$$c_u = \sigma'_{cv} \cdot a \cdot OCR^{-(1-b)}$$ (Ladd, Larsson m fl)

$\mathbf{OCR < 1,3}$ $\quad$ $\boxed{c_u \approx a \cdot \sigma'_{cv}}$



$a_{aktiv} = 0,33$

$a_{direkt\ skjuv} = 0,125 + 0,206 \cdot w_L/1,17$

$a_{passiv} = 0,055 + 0,275 \cdot w_L/1,17$

$(b \approx 0{,}8)$

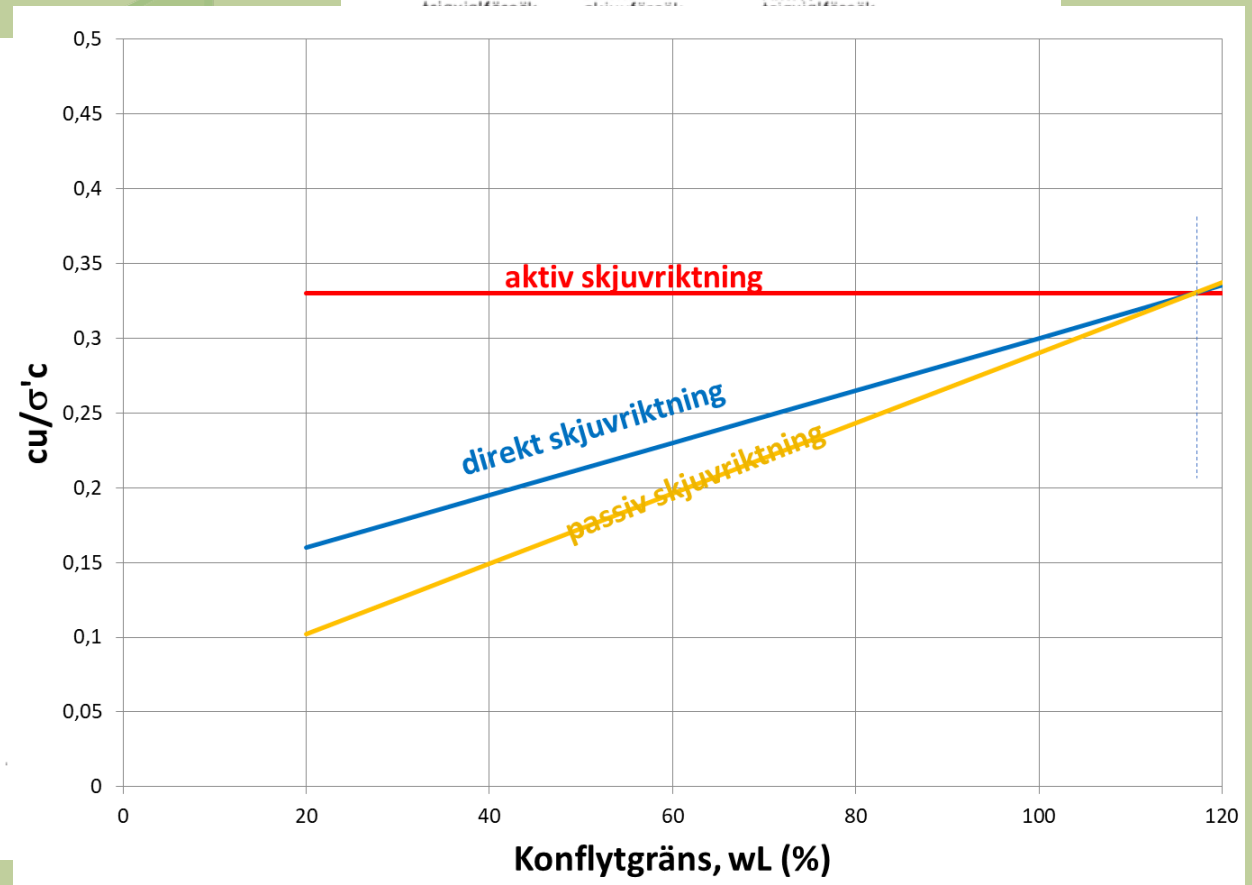
Bygger på att $c_u^{DS} = 0{,}25c_u^a + 0{,}75c_u^p$

$K_0^{nc} = 0{,}31 + 0{,}71(w_L - 0{,}2)$

Förutsätter

$c' = 0$

$\theta' = 30^\circ$



Beräkning av odränerad skjuvhållfasthet med framtagen metodik

$$c_u = a \cdot \sigma'_{cv} \quad \Rightarrow \quad \Delta c_u = a \cdot \Delta\sigma'_{cv}$$

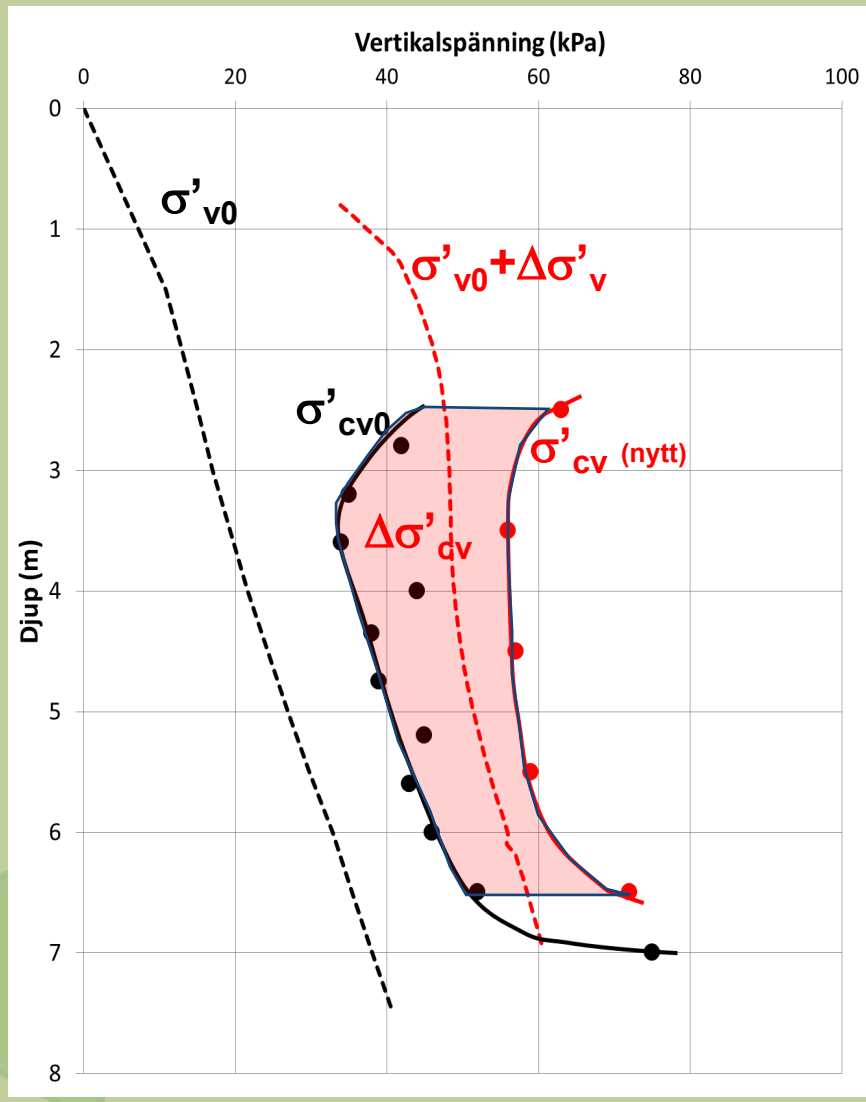
$$c_u(under\ bank) = c_u(utanför\ bank) + a \cdot \Delta\sigma'_{cv}$$

$$a_{aktiv} = 0,33$$

$$a_{direkt\ skjuv} = 0,125 + \frac{0,206}{1,17} \cdot w_L = 0,33(0,25 + 0,75 \cdot K_0)$$

$$a_{passiv} = 0,055 + \frac{0,206}{1,17} \cdot w_L$$

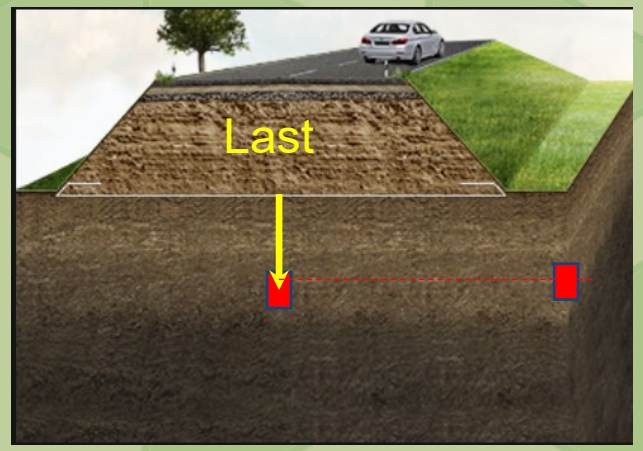
w_L	K_0	a(DS)	a(P)
0,47	0,50	0,21	0,16
0,54	0,55	**0,22**	0,18
0,61	0,60	**0,23**	0,20
0,68	0,65	**0,24**	0,21
0,75	0,70	0,26	0,23
0,82	0,75	0,27	0,25



$\Delta\sigma'_{cv}$ Bestäms med beräkning (sättning inkl krypning)

OBS! Gäller för färdigkonsoliderade förhållanden.

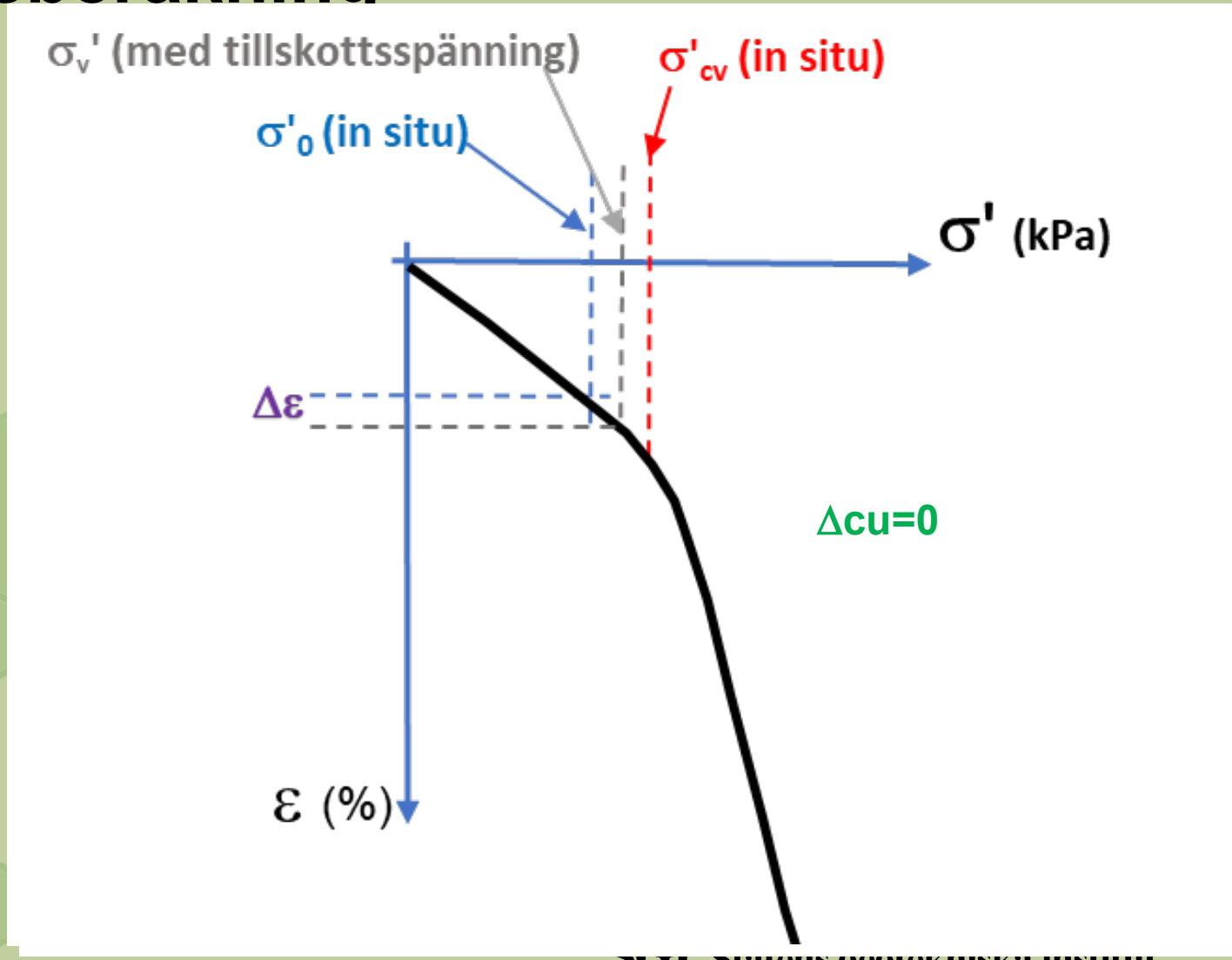
Beräkning av nytt förkonsolideringstryck med sättningsberäkning



Beräkna tillskottsspänningar och krypsättningar på olika djup under banken.

Räkna ut det nya förkonsolideringstrycket som:

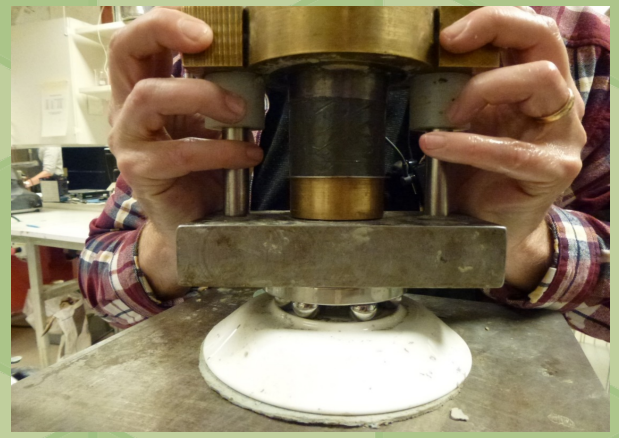
$$\Delta\sigma'_{cv}(krypning) = \Delta\epsilon \cdot M_L$$

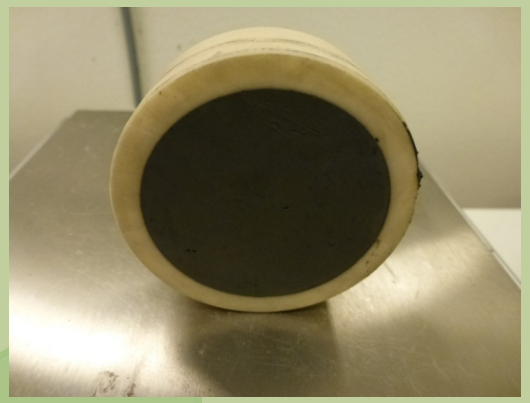


Laboratoriemetod för bestämning av odränerad skjuvhållfasthet, vattenkvot och densitet under bank

Konsolidering av prover i triaxialförsök till krypspänningar under banken

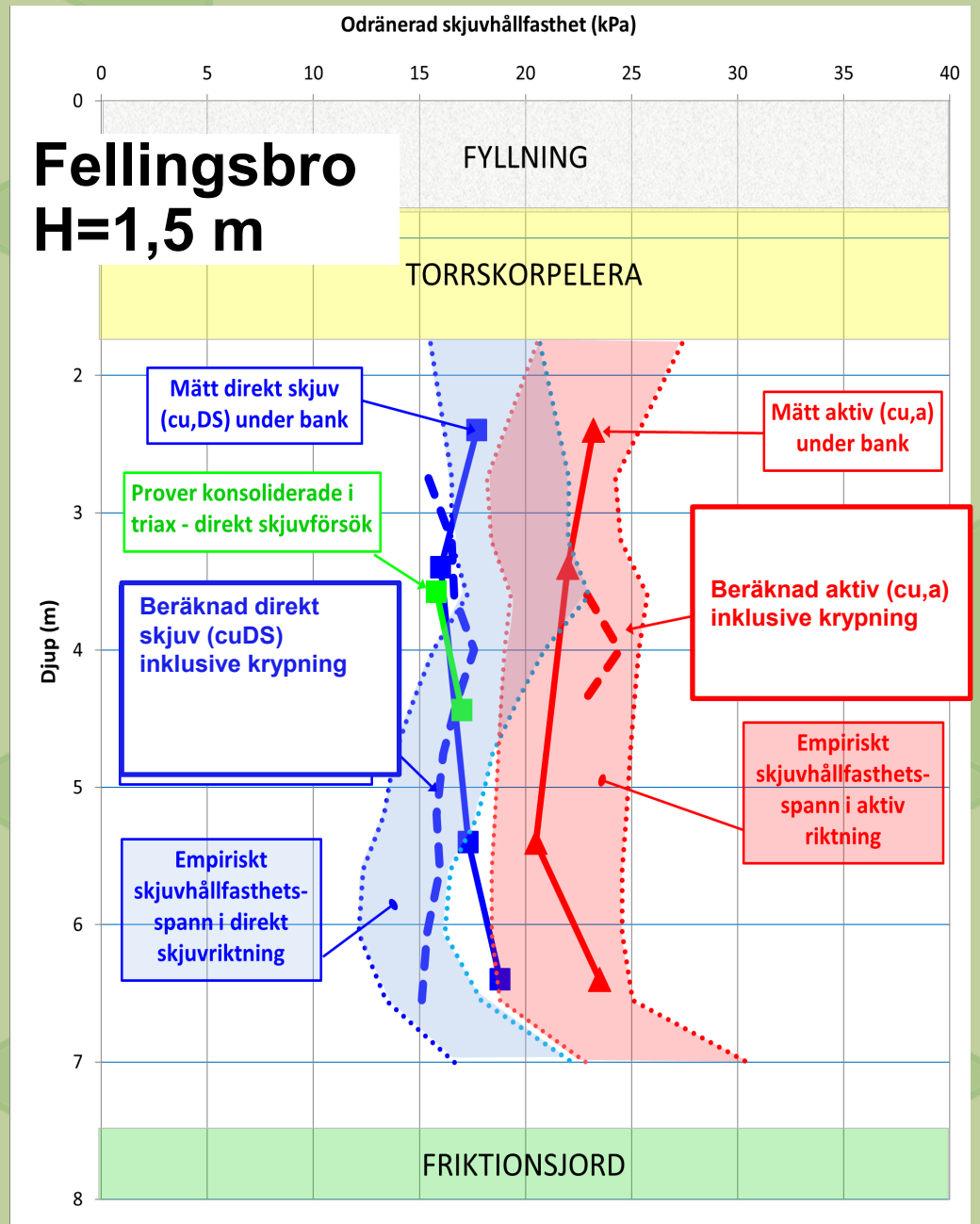


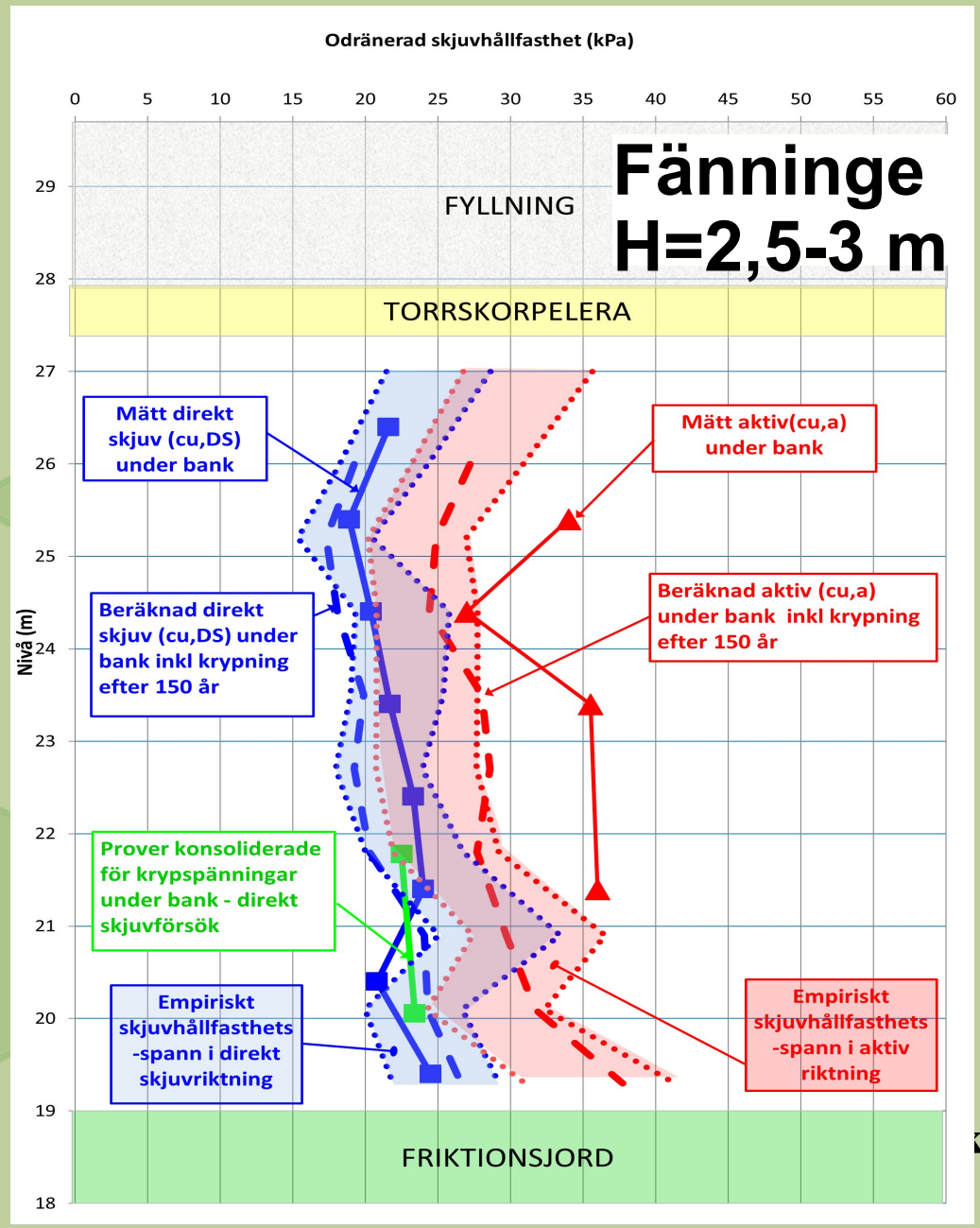




SGI Statens geotekniska institut

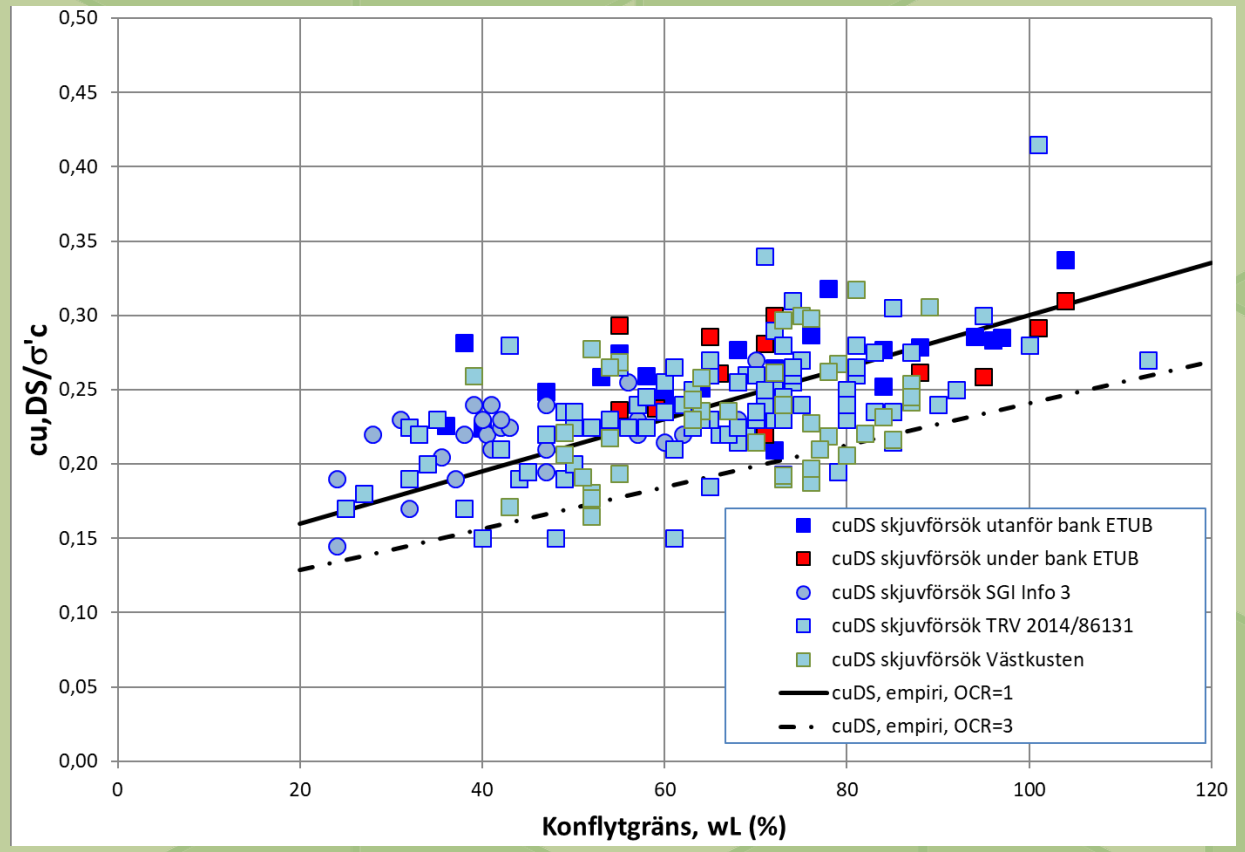
Skjuvhållfasthet under bank - resultat



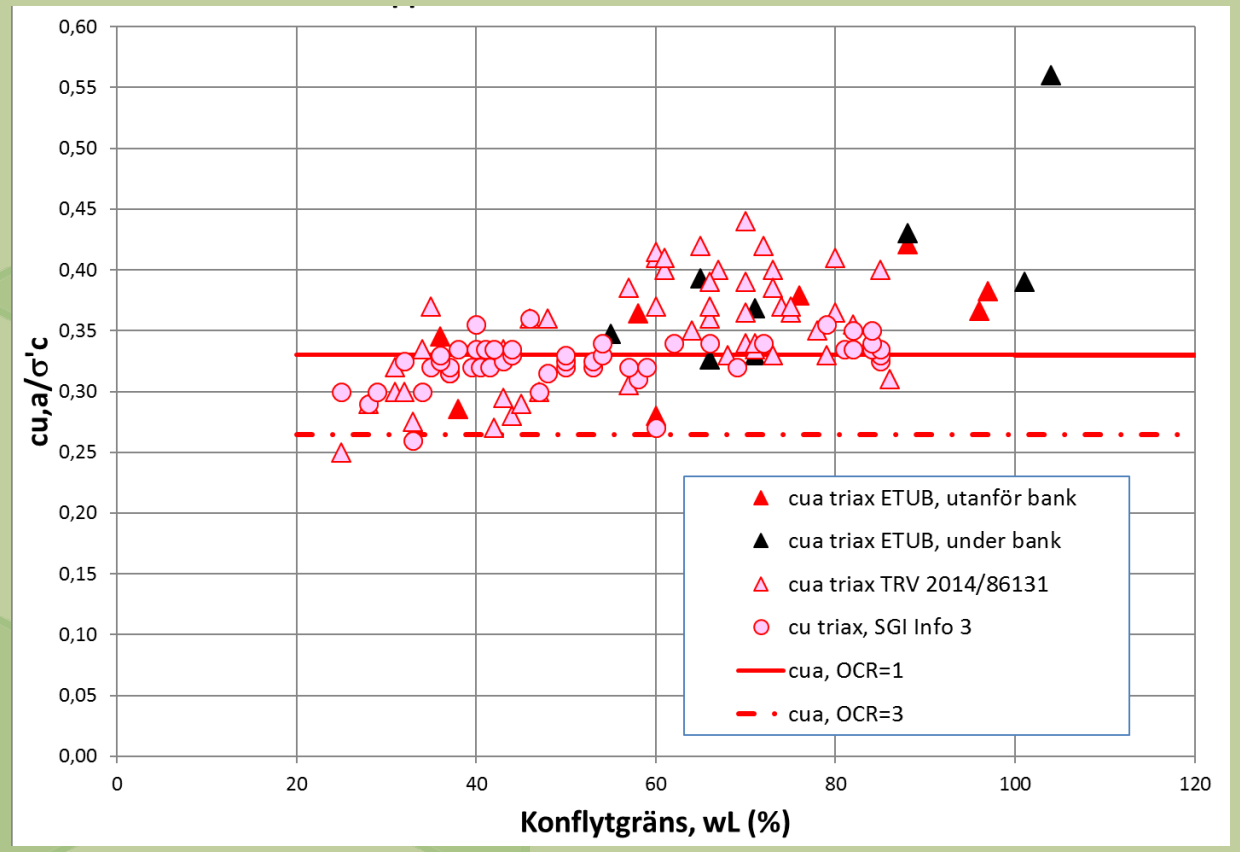


Svensk empiri – direkta skjuvförsök och odränerade, aktiva triaxialförsök

Direkt skjuvriktning – odränerade, direkta skjuvförsök



Aktiv skjuvriktning – odränerade, aktiva triaxialförsök

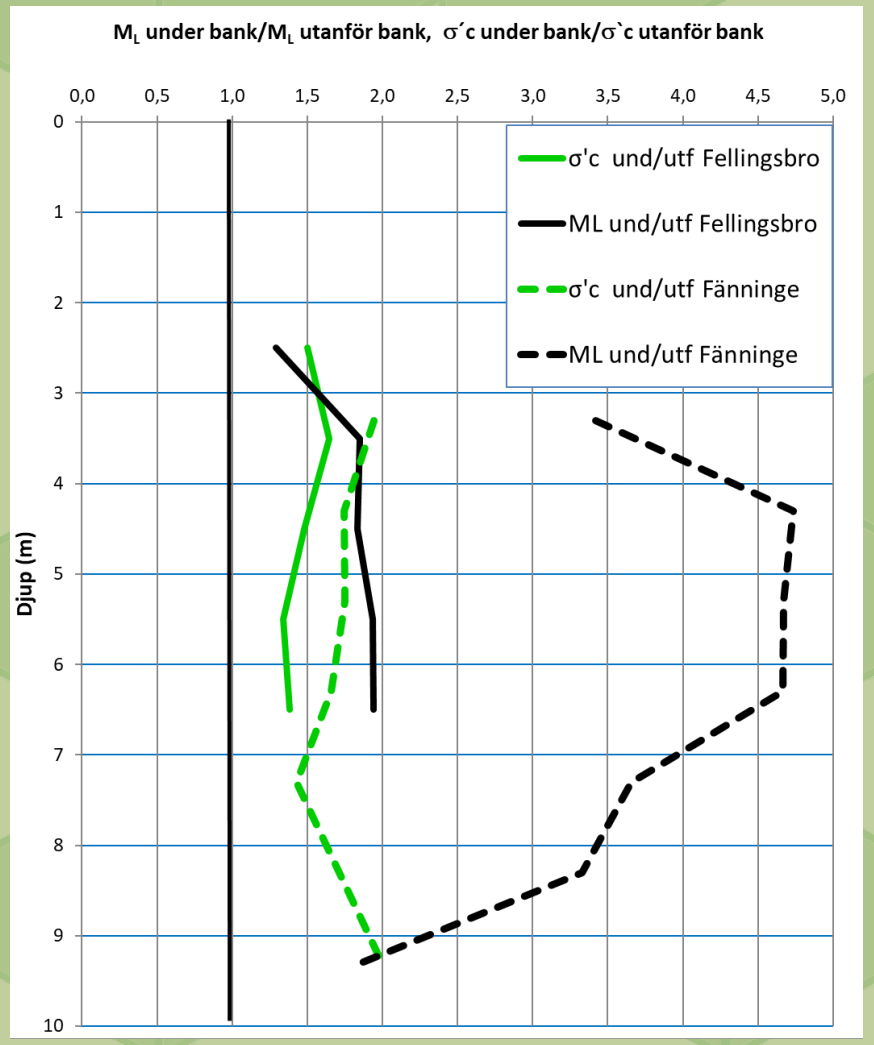


SGI Statens geotekniska institut

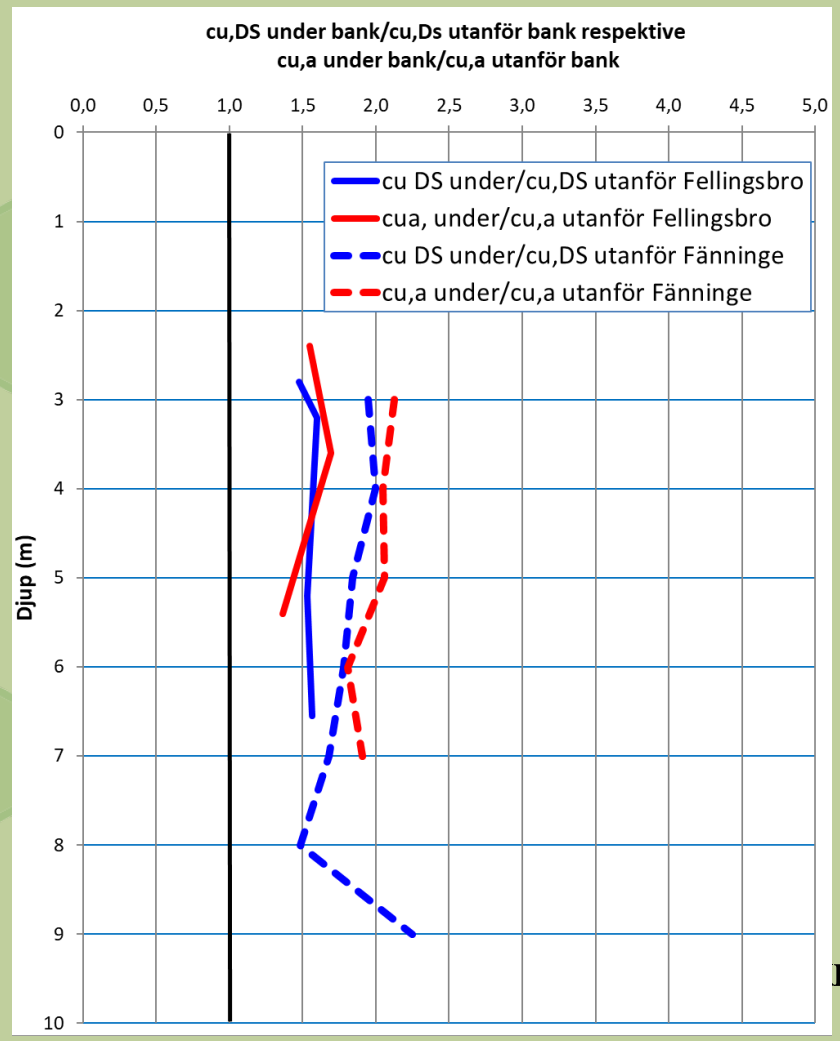
Förändring av egenskaper under bankarna i Fellingsbro och Fänninge efter 150 år

Heldagen linje: Fellingsbro - Bankhöjd 1,5 m - Sättning 0,7 m Streckad linje: Fänninge - Bankhöjd 2,5 - 3 m - Sättning 2,5 m

Grön linje - ökning förkonsolideringstryck
Svart linje - ökning kompressionsmodul

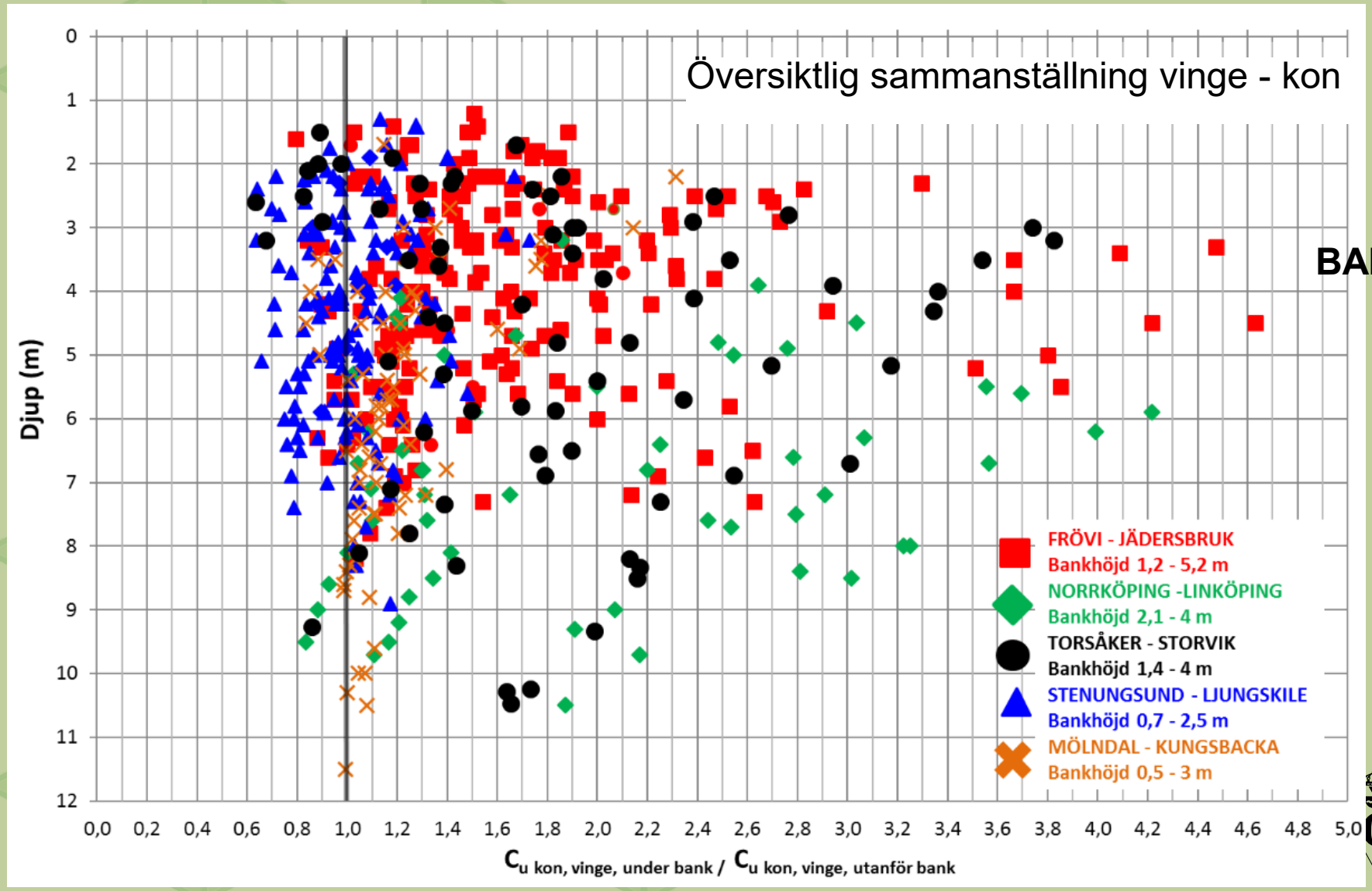


Blå linje – ökning odränerad skjuvhållfasthet i direkt skjuvriktning
Röd linje – ökning odränerad skjuvhållfasthet i aktiv skjuvriktning



niska institut

Hur stor är hållfasthetsökningen under 100-150 år gamla järnvägsbankar?



BANKLAST KONTRA OCR !

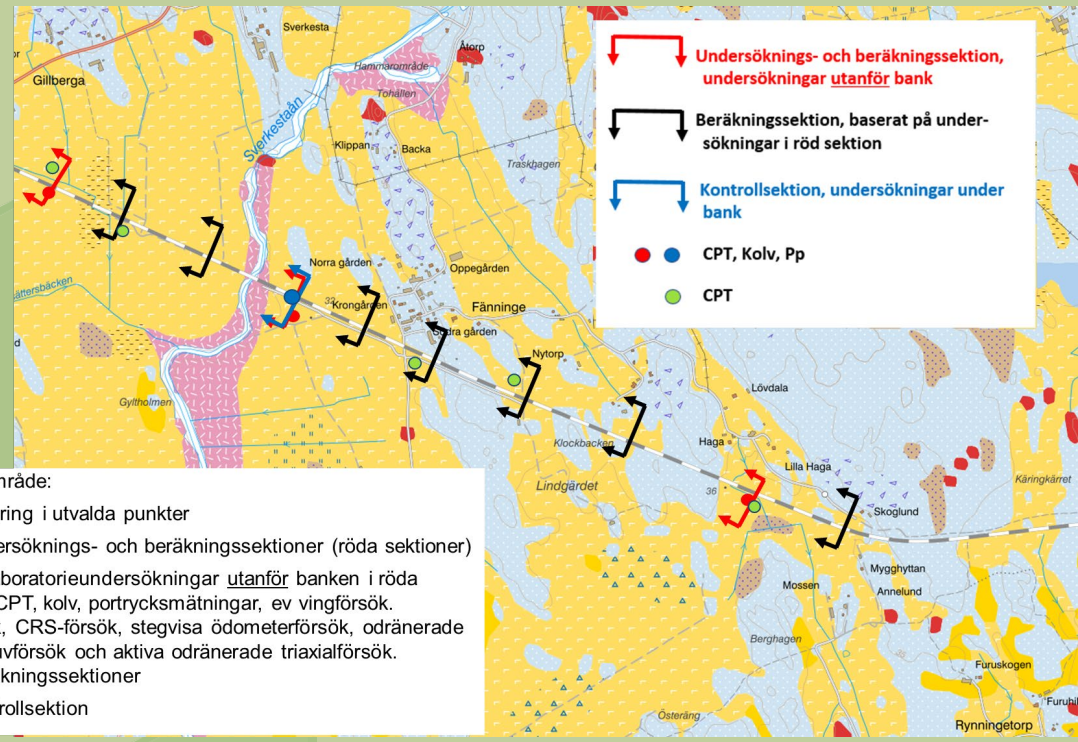
Statens geotekniska institut

Till vad kan metoden användas?

Långa bansträckor/vägsträckor

Kombinera olika metoder!!

- ✓ Använd ***ALLTID*** **”empirispann”**. Snåla inte på **CRS**! Viktigt med loggande **portrycksmätning**.
- ✓ **CPT** som **”mängdmetod”** utanför bank. **Kalibreras** mot direkta skjuvförsök och aktiva triaxialförsök i utvalda punkter/sektioner.
- ✓ Undersökning utanför bank i utvalda sektioner (**pp, kolv, DS, CAUC, CRS, stegvis ödometer**). **Beräkning och labprovning** för aktuell sektion och andra sektioner där undersökning inte utförts.
- ✓ **Kalibrering** av beräkning/labprovning genom undersökning under bank i enstaka sektioner. Metoder: **pp, kolv, DS, CAUC, CRS**



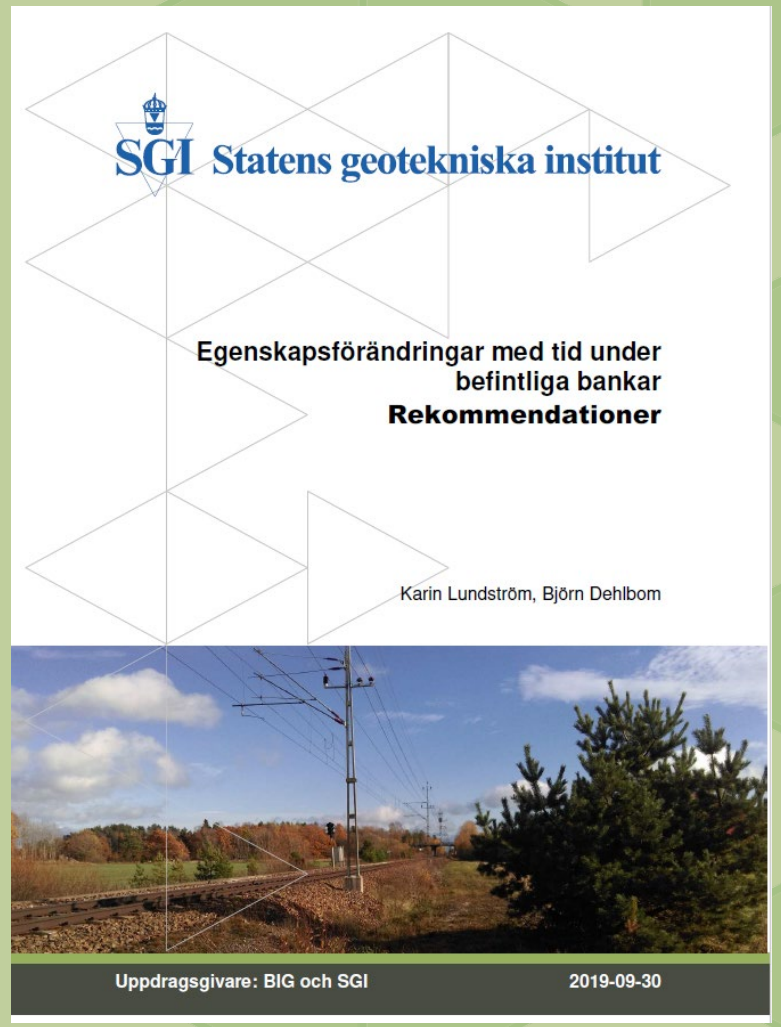
Inom varje typområde:

1. CPT-sondering i utvalda punkter
2. Val av undersöknings- och beräkningssektioner (röda sektioner)
3. Fält- och laboratorieundersökningar utanför banken i röda sektioner. CPT, kolv, portrycksmätningar, ev vingförsök. Rutinförsök, CRS-försök, stegvisa ödometerförsök, odränerade direkta skjuvförsök och aktiva odränerade triaxialförsök.
4. Val av beräkningssektioner
5. Val av kontrollsektion

Beräknings- och labmetoden enligt rapporten är komplement till normala undersöknings- och labmetoder

SGI Statens geotekniska institut

Avrapportering



Rapporter 4 stycken:

Rekommendationer

Huvudrapport

Delrapport 1, Geotekniska undersökningar utförda av Banverket – sammanställning och analys.

Delrapport 2, Geotekniska undersökningar utförda inom uppdraget 2017–2019 – sammanställning och analys

Konferensartikel och presentation på ECSMGE2019

Artikel och presentation på GD 2020 (inställd pga sjukdom)

Presentation för SGI våren 2020

Presentation för Trv dec 2020

Presentation BIG jan 2021

SGI Statens geotekniska institut