





**Erfarenheter från
Västlänken och
Foi-projekt om cu**



TRAFIKVERKET

**Knutpunkt
Geostandarder
2015-09-24
Anders Hansson**

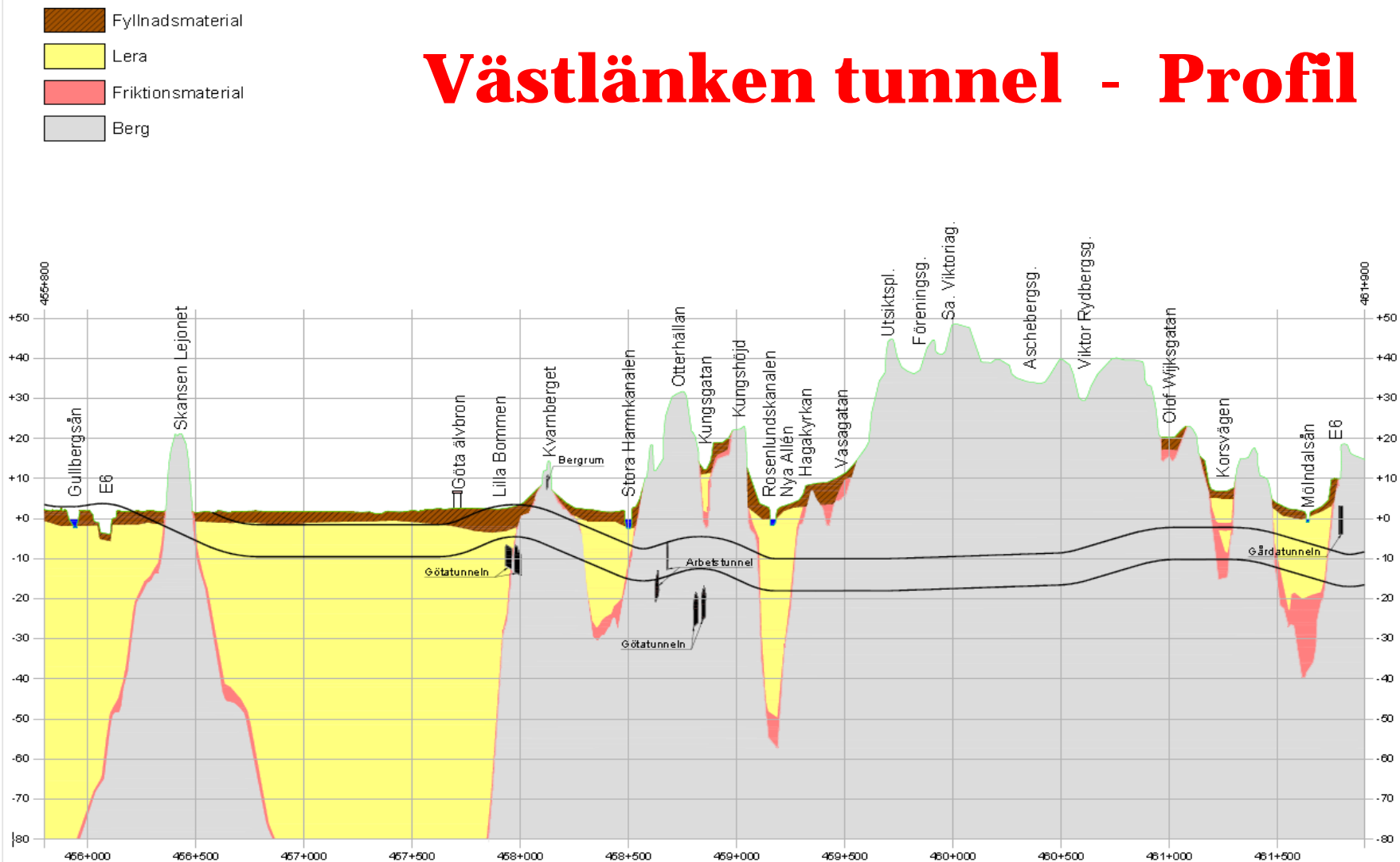
En tunnel och tre underjordsstationer

-  Bergtunnel
-  Betongtunnel
-  Tråg
-  Bro

Drygt 6,5 km tunnel,
varav 4 km går i berg



Västlänken tunnel - Profil



Undergrund

- 1) Fyllning, 0-4 m, $GVY = MY - 1,0$
- 2) Lös lera ($c_u = 15+z$ kPa), 0->100 m

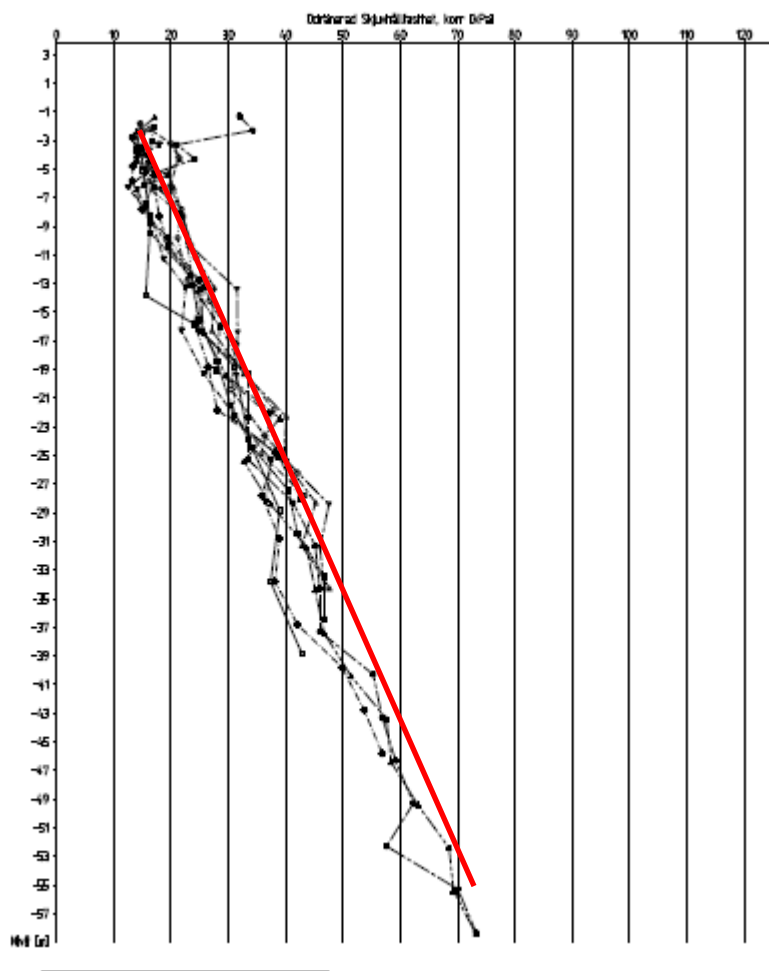
- 3) Morän, 0-6 m
- 4) Hårt berg (Granit/Gnejs)

Västlänken - Geotekniskt underlag

- Ett mycket omfattande underlag!
- Stor mängd data att bearbeta
- Viktigt att strukturera
- Stor databas - ger möjlighet till nya synsätt
- Nya val medför nya konsekvenser?



Vingförsök- Station Centralen



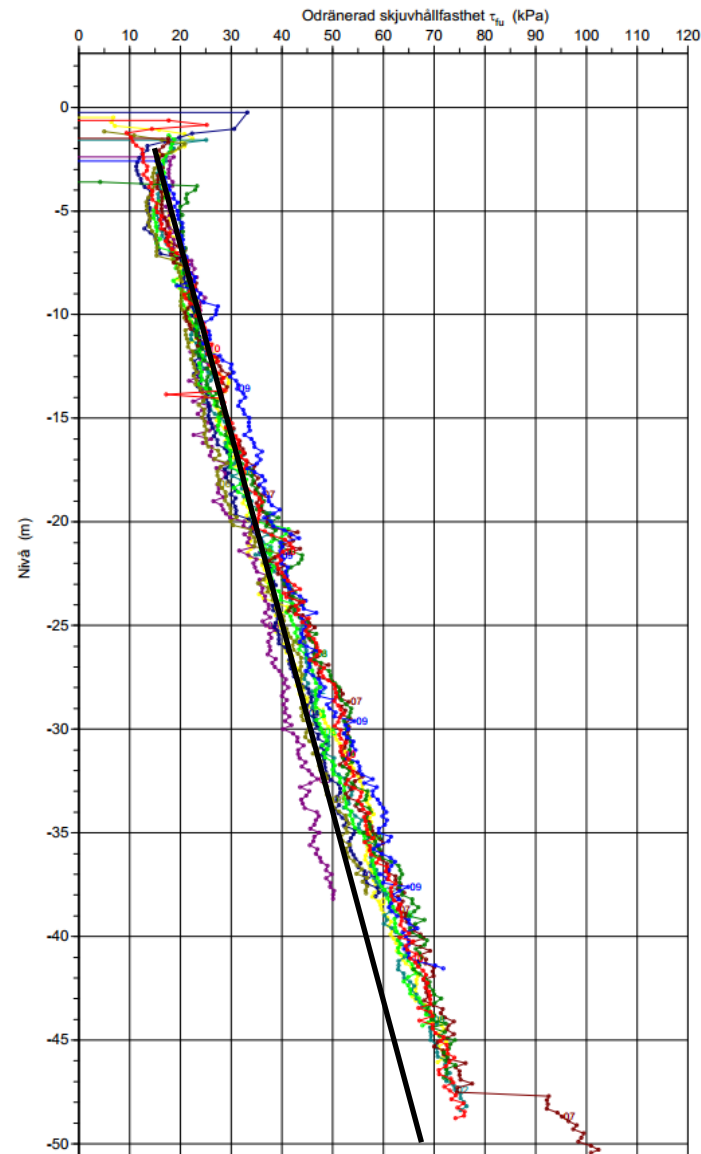
Entydigt och liten spridning

Jämförelse vald hållfasthet
Götatunneln – i motsvarande
område (Röd linje)

Text från Järnvägsutredningen

- *Lerans mekaniska egenskaper:*
Utförda avancerade laboratorieundersökningar antyder att lerans hållfasthet är högre än vad som erhålls vid konventionella undersökningsmetoder. För att den ”förhöjda” hållfastheten verkligen skall kunna utnyttjas vid utformning av stödkonstruktionerna bör avancerade laboratorieundersökningar utföras i betydligt större omfattning

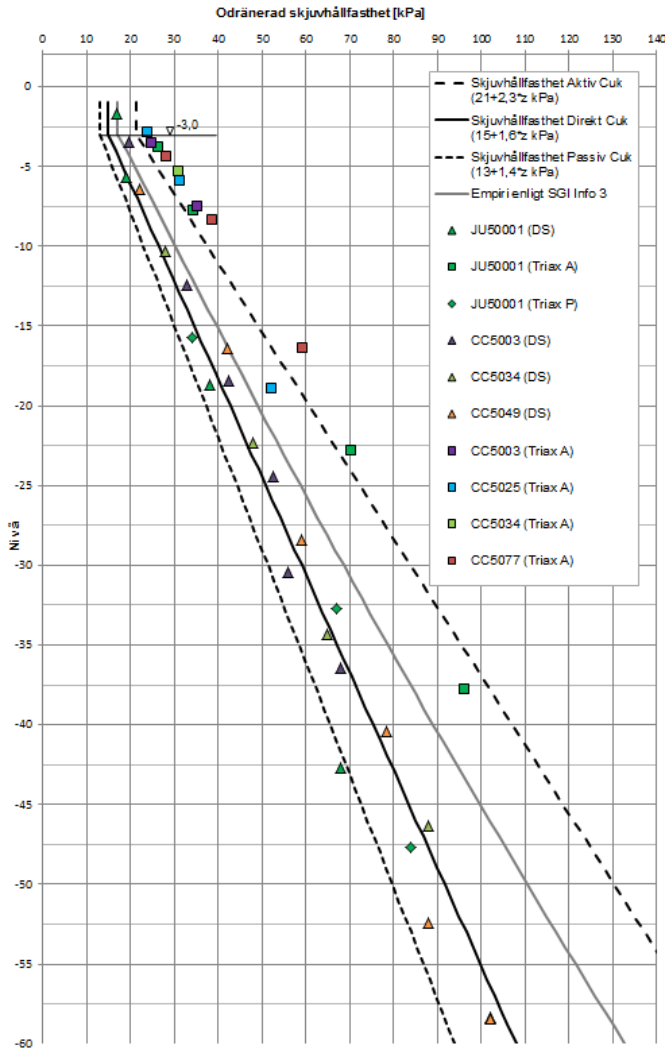
CPT



Utvärderade
hållfastheter från
CPT (Conrad)

Jämförelse med
vald hållfasthet
Götatunneln (svart
linje)

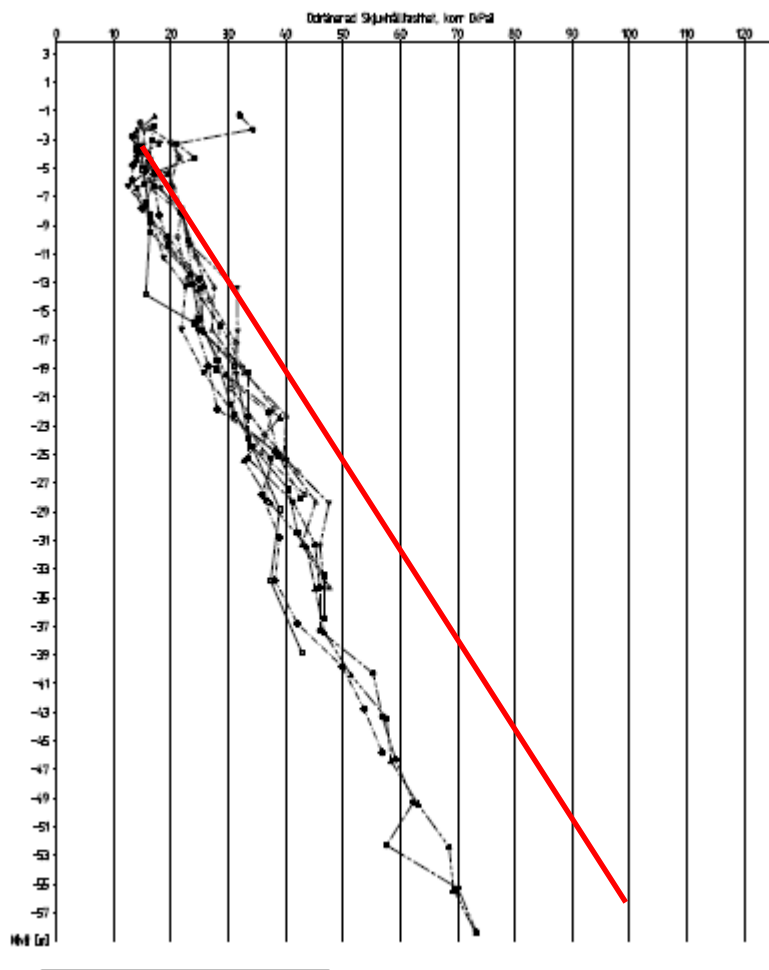
Utförda "avancerade" labförsök



Entydigt och samstämmigt!



Tillbaka till vingen ...

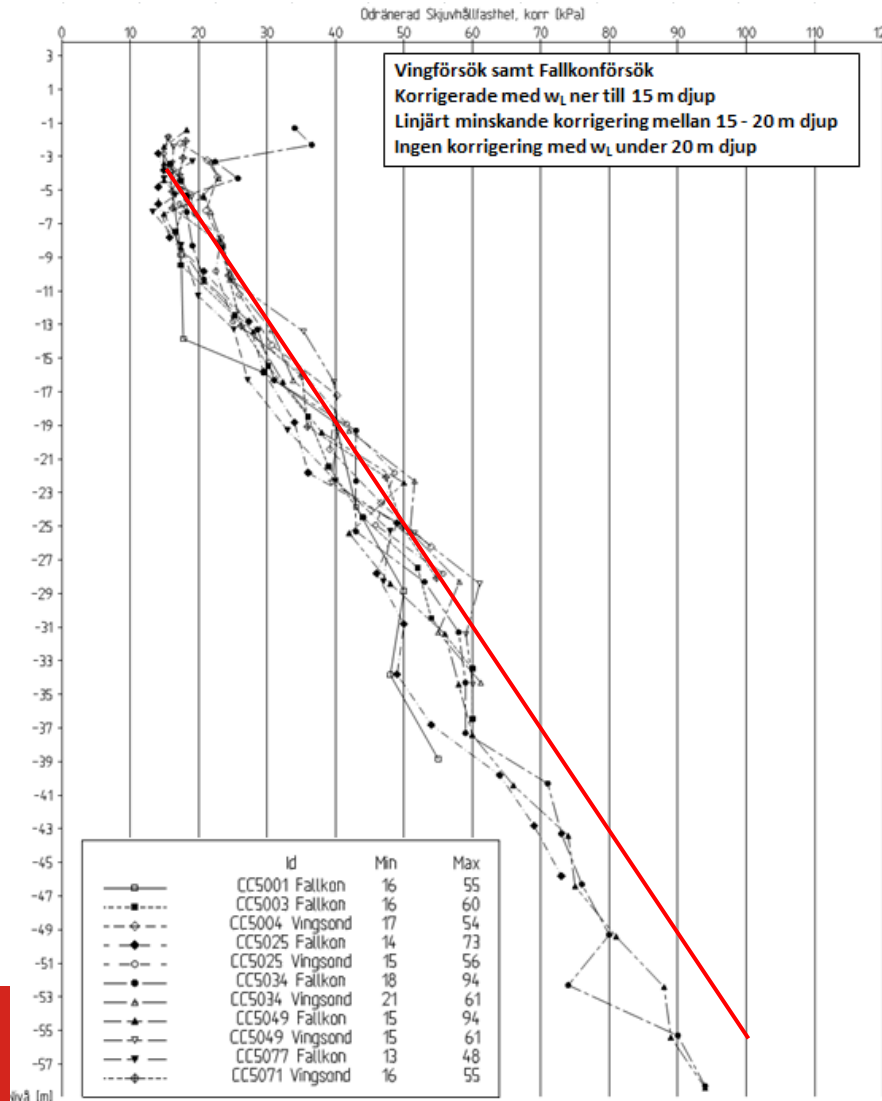


Jämförelse med (nu)
vald hållfasthet
Västlänken (röd linje)

Vinge och Fallkon ligger
markant lägre mot djupet



”Alternativ korrigering”



Jämförelse med (nu)
vald hållfasthet
Västlänken (röd linje)

SGI Info3:
*Hållfasthets-
värden som
uppmätts med
vingförsök och
fallkon korri-
geras normalt
med hänsyn till
jordens flyt-
gräns.*

Hur är det då med empirin?

Fakta: Den odränerade skjuvhållfastheten är direkt kopplad till lerans förkonsolideringstryck

Empiriska relationer

$$c_u = a \cdot \sigma'_c \cdot OCR^{-(1-b)} \text{ eller } c_u = a \cdot \sigma'_{V0} \cdot OCR^b$$

där a och b är materialparametrar.

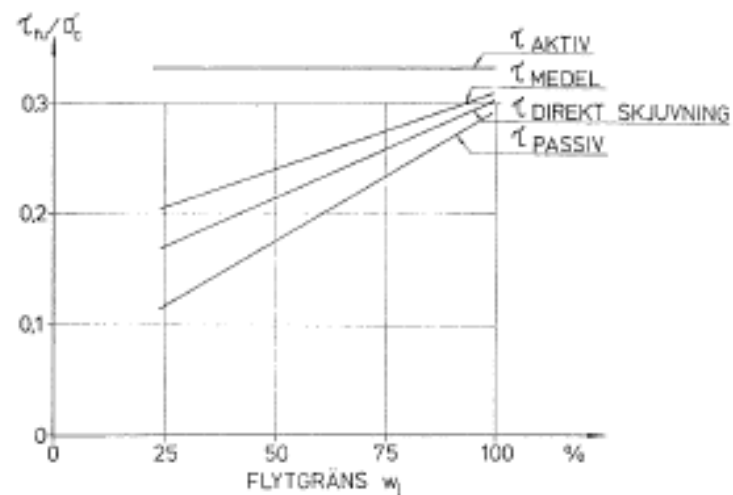
För lera är det empiriska värdet för faktor a vid

- aktiv skjuvning $a \approx 0,33$
- direkt skjuvning $a \approx 0,125 + 0,205 w_L/1,17$
- passiv skjuvning $a \approx 0,055 + 0,275 w_L/1,17$

Empirin ligger då något högt! Men om ...

$$a = 0,22-0,23$$

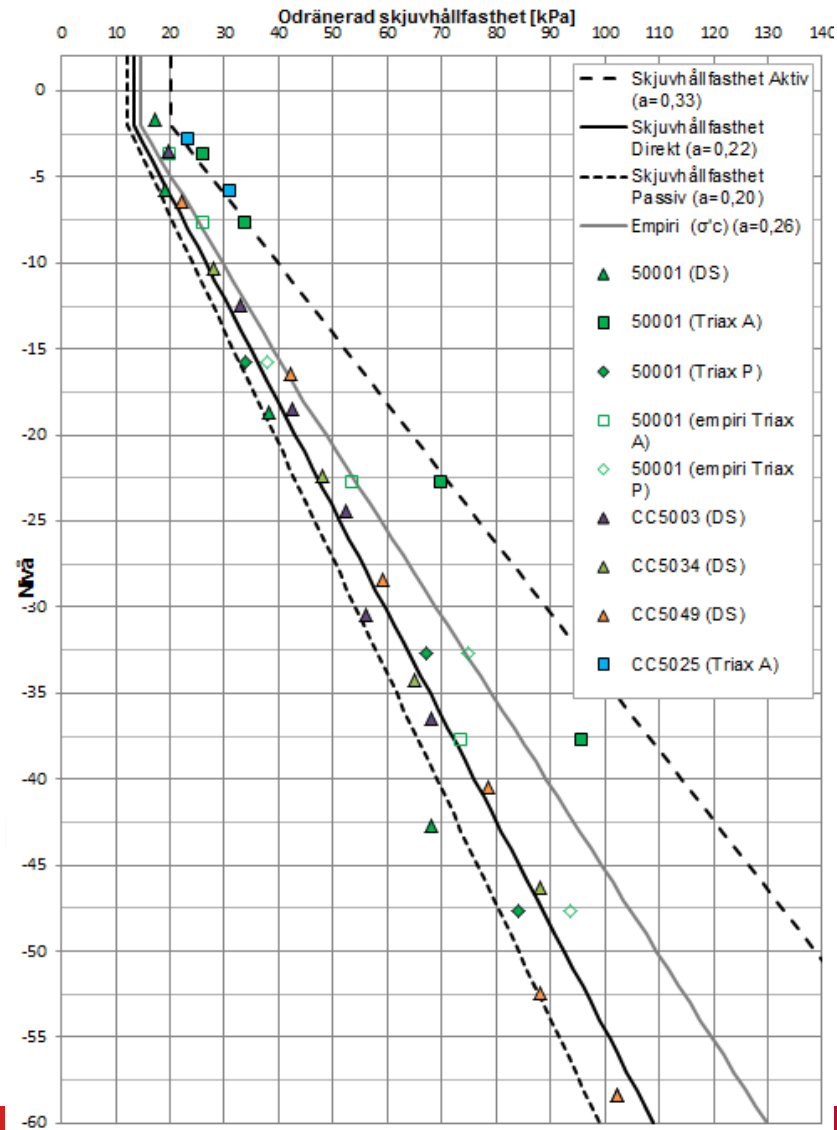
Vilket motsvarar att w_L är ca 50%...



Om w_L är 70-80 ger detta
 $a = 0,25-0,26$



Empiri jämfört med Skjuvförsök



Slutsatser så här långt...



- Väl utförda CRS försök är en bra metod att indirekt bestämma lerans odränerade skjuvhållfasthet

Räkna med att $a = 0,22 - 0,23$

- Konsoliderade odränerade skjuvförsök är en bra metod att bestämma lerans odränerade skjuvhållfasthet
- Ving- och fallkon-försök ger ok bestämning ner till 15-20 m djup
- Korrigering av ving/fallkonförsök på större djup ger för låg hållfasthet
- CPT försök är kalibrerade mot vingförsök och följer därför samma trend...
- Belastningshistorien är viktig, i synnerhet ner till 15-20 m djup

Hur ska man göra???

Trafikverket initierar ett FOI-projekt:

Bestämning av skjuvhållfasthet med avancerade metoder i praktiska tillämpningar



Syftet med forskningsprojektet

- strama upp och höja kvaliteten i undersökningarna*
- systematiskt utnyttjande av förhandskunskap*
- minska osäkerheten*
- kunskap om c_u på stora djup*

Projektgruppen

består av:

Göran Sällfors, Chalmers/GeoForce AB

Torbjörn Edstam och Anders Kullingsjö, Skanska

Per-Evert Bengtsson och Rolf Larsson, SGI

Tara Wood, NCC

Urban Högsta, Golder

Jan Ekström och Anders Hansson, Trv

Forskningsprojektet omfattar

- 'Världsomspännande' enkät om praxis vid bestämning av odränerad skjuvhållfasthet

Australien
Baltiska staterna
Finland
England och Irland
Frankrike
Holland
Kanada
Norge
Singapore
Sverige
Tyskland och Schweiz
Vietnam



Forskningsprojektet omfattar

- 'Världsomspännande' enkät om praxis vid bestämning av odränerad skjuvhållfasthet
- **Komplettering av anvisningar för genomförande av fält- och laboratorieförsök**

3.3 Direkta skjuvförsök

Direkta skjuvförsök skall utföras enligt SGF Notis 2,2004 och Svensk Standard SS 02 71 27, dock med vissa kompletteringar enligt nedan.

3.3.1. Utförande:

Utrustning och Montering (behandlas ej i detalj här)



Det cylindriska provet, ca 2 cm högt, monteras emellan filterstenar som ska vara vattenmättade, men avtorkade, så att inget fritt vatten förekommer. Gummimembran med inbyggd ståltråd, alternativt ståltrågar med distansbrickor anbringas. Övrig kringutrustning monteras och provet belastas vertikalt så snabbt som möjligt för att undvika att provet sväller. Detta gäller speciellt för prover från större djup.

Konsolidering

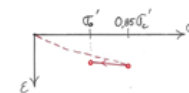
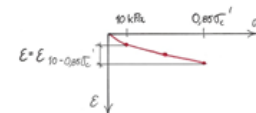
Upplastning görs under dränerade förhållanden till ca 85 å 90 % av provets förkonsolideringstryck i ett par laststeg, som vardera får verka någon timma. Denna konsolideringsfas följs genom registrering av sättningarna mot tiden. **Speciellt noteras deformationen från 10 kPa till 0,85 å 90 % av σ'_{cs} .**

Avlastning

Därefter avlastas provet under dränerade förhållanden till rådande spänningar in situ och provet får anpassa sig till detta spänningstillstånd, vanligen under natten. Ändra spänningstillstånd kan vara aktuella, men då krävs vanligen tid så att konsolidering eller svällning hinner ske.

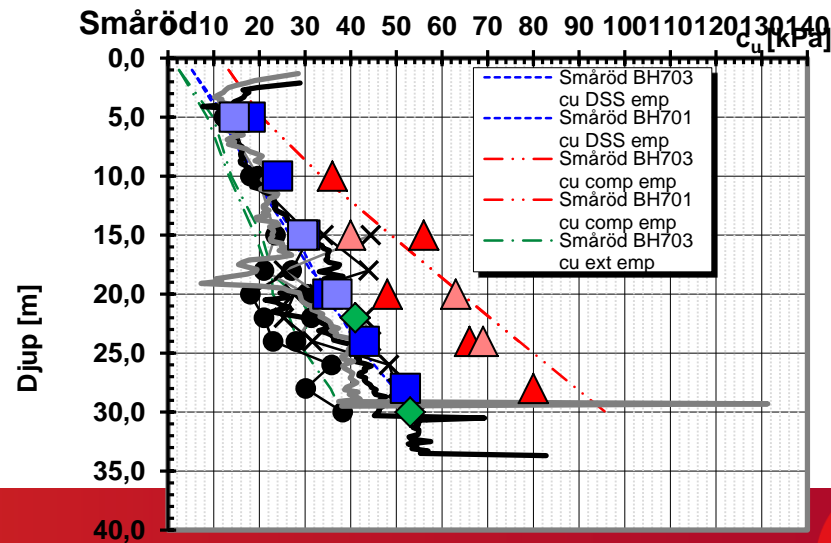
Skjuvning

Provet skjivas därefter antingen under dränerade eller odränerade förhållanden. Vid odränerade



Forskningsprojektet omfattar

- 'Världsomspännande' enkät om praxis vid bestämning av odränerad skjuvhållfasthet
- Komplettering av anvisningar för genomförande av fält- och laboratorieförsök
- Insamling av case-records – vinge, kon, CPT, direkta skjuvförsök, aktiva och passiva triaxförsök



Forskningsprojektet omfattar

- *'Världsomspännande' enkät om praxis vid bestämning av odränerad skjuvhållfasthet*
- *Komplettering av anvisningar för genomförande av fält- och laboratorieförsök*
- *Insamling av case-records – vinge, kon, CPT, direkta skjuvförsök, aktiva och passiva triaxförsök*
- ***Analys***



Forskningsprojektet omfattar

- *'Världsomspännande' enkät om praxis vid bestämning av odränerad skjuvhållfasthet*
- *Komplettering av anvisningar för genomförande av fält- och laboratorieförsök*
- *Insamling av case-records – vinge, kon, CPT, direkta skjuvförsök, aktiva och passiva triaxförsök*
- *Analys*
- ***Rekommendationer***



Redovisning av resultaten i en rapport slutet av innevarande år.

