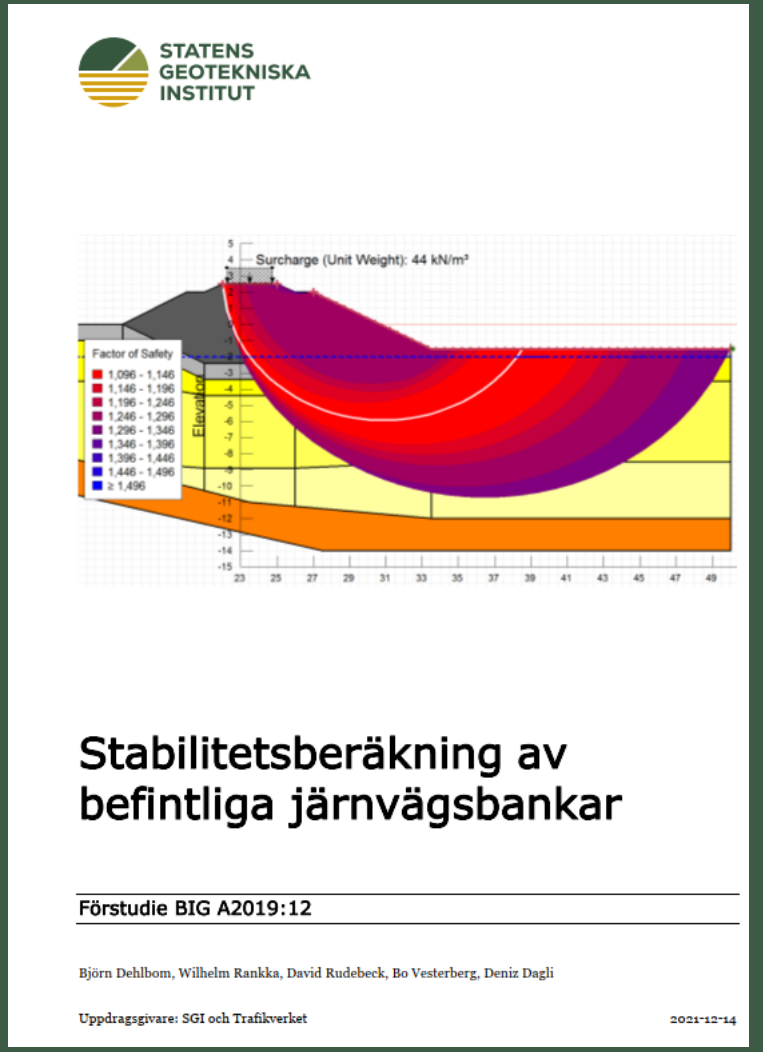
STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

STABILITETSBERÄKNING AV BEFINTLIGA JÄRNVÄGSBANKAR (2019-2021)

Förstudie vid SGI (inom TRV-BIG; BIG A2019:12)

Syfte

- Undersöka hur **osäkerheter i olika parametrar (tåglast, jordparametrar)** inverkar på beräknad säkerhetsfaktor för två sektioner på bansträckan mellan Frövi och Arboga.
- **Diskussion och förslag på att i kommande projekt** utveckla metodik för hur tåglast beaktas och hur indata till beräkningar kan bestämmas i fält och laboratorium.



SGI: Björn Dehlbom, Wilhelm Rankka, David Rudebeck, Bo Vesterberg, Deniz Dagli

TRV-engagerad: Magnus Karlsson

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

AVGRÄNSNING

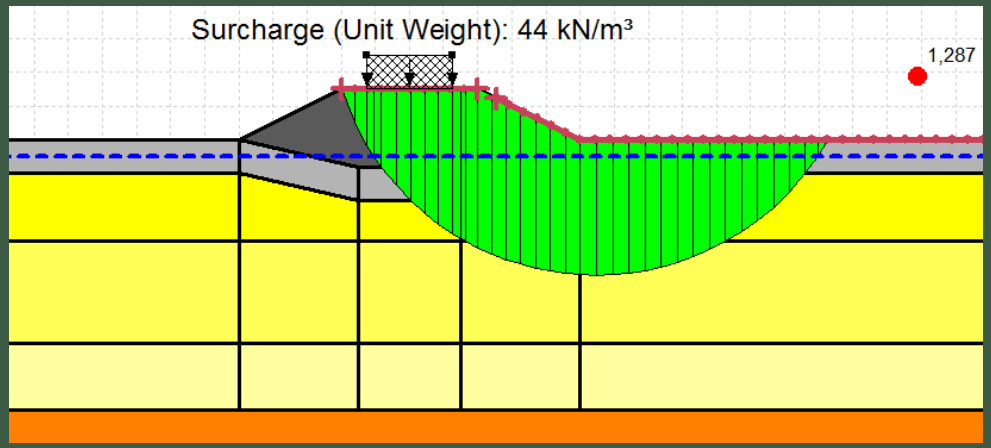
Behandlar **INTE**

- Osäkerheter i beräkningsmodeller / jordmodeller
- Skredrisk på grund av portrycksförändringar eller vattenflöden
- Järnvägsbankar i lerslänter, där tåglasten och järnvägsbanken endast är en del av totalstabiliteten för slänten

I rapporten behandlas **ENDAST** konventionella befintliga järnvägsbankar på lera där markytan är plan eller svagt lutande

SÅLEDES: vanlig geoteknisk undersökning – stabilitetsberäkning – krav enligt normer – säkerhetsfaktorns variation beroende av indata





STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

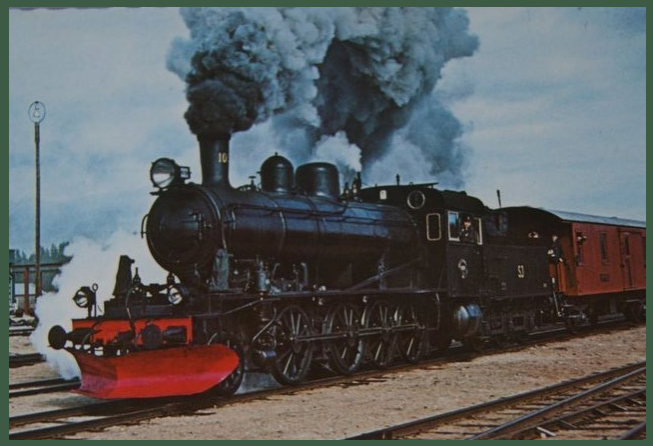
INNEHÅLL I RAPPORTEN

- KUNSKAPSUNDERLAG
- TESTBERÄKNINGAR
- DISKUSSION
- FÖRSLAG PÅ FRAMTIDA FORSKNINGS-, UTVECKLINGS- ELLER VÄGLEDNINGSPROJEKT

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

KUNSKAPSUNDERLAG

- KRAVDOKUMENT
- TÅGLASTER
- CYKLISKA PÅKÄNNINGAR VID TÅGPASSAGE
  ODRÄNERAD SKJUVHÅLLFASTHET - KORTVARIG BELASTNING
  NEDBRYTNING ELLER FÖRSTYVNING - CYKLISK LAST
- HÅLLFASTHET UNDER BEFINTLIGA BANKAR





STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

TÅGLASTEN ÄR KOMPLEX

Olika tågtyper







Stax – stvm - sth

Persontåg

Långa – hög hastighet – låg linjelast - låg axellast

Godståg

Mycket långa – halvhög hastighet – hög linjelast - hög axellast

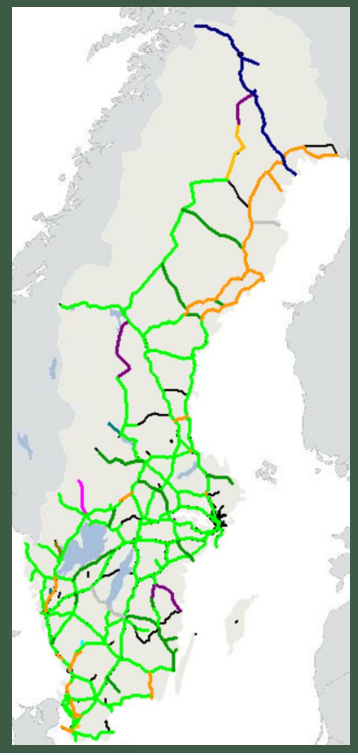
Specialtransporter

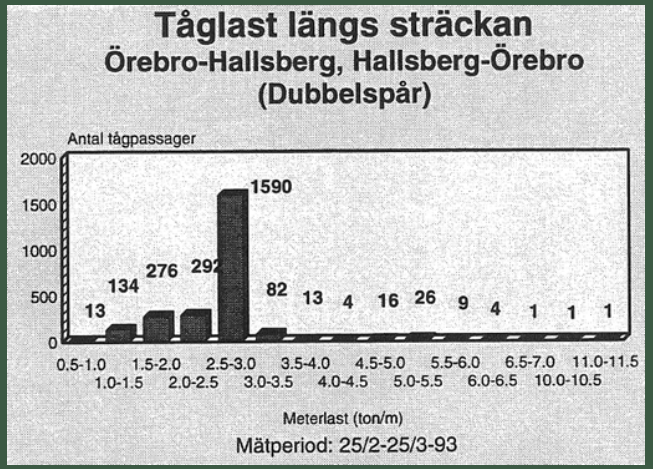
Korta – hög koncentrerad last - låg hastighet

Linjekategorier

Linjekategori	Axellast *P* (t)	Vikt per meter *p* (t/m)*	Geometri för referensvagn
E4	25,0	8,0	25 t 25 t 25 t 25 t 1,5 m 1,8 m 5,9 m 1,8 m 1,5 m 12,5 m

Linjelastens variation



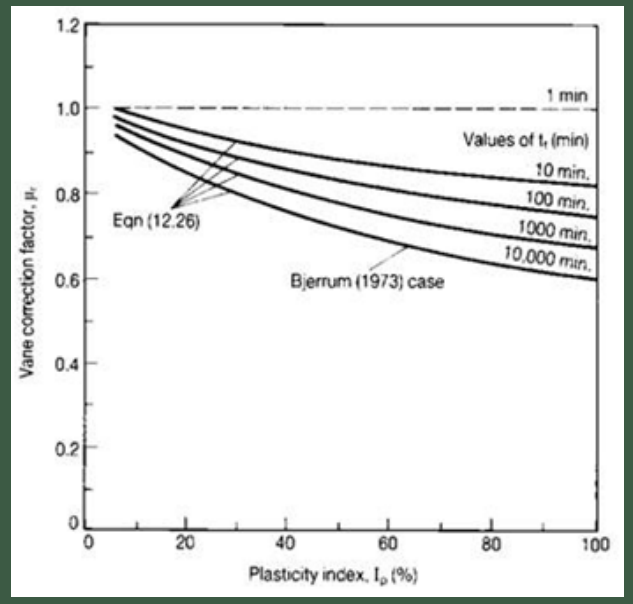


STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

TÅGLAST – KORTVARIG, CYKLISK OCH DYNAMISK

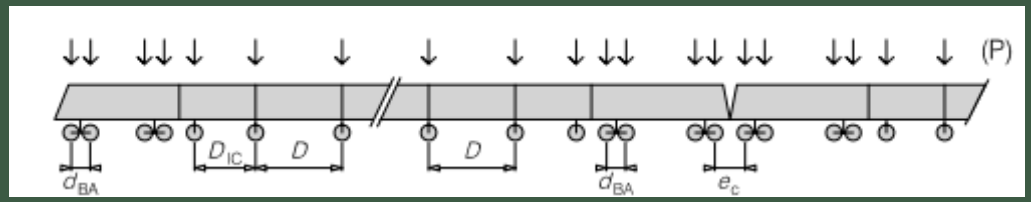
KORTVARIG

Tågpassage intermittent återkommande med varaktighet 2-30 sekunder



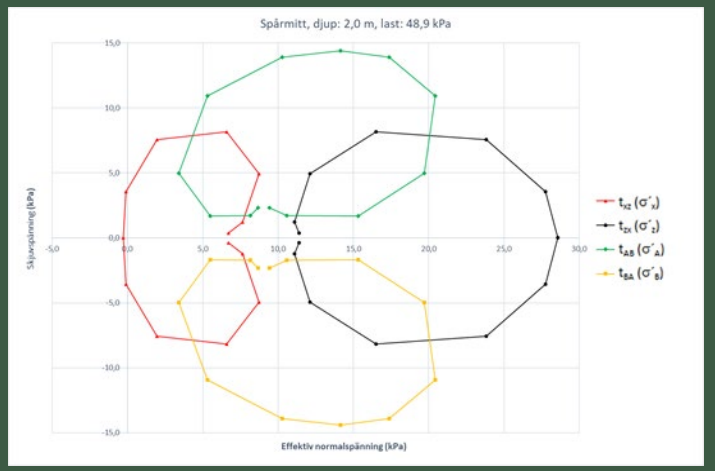
CYKLISK

Varje axel motsvarar en cyklisk lastpuls



DYNAMISK

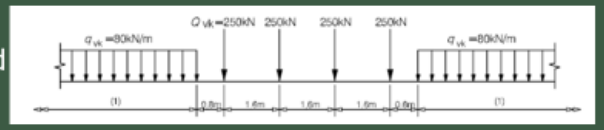
Rörlig last



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

KORTVARIG TÅGLAST
(Maxtåglast godståg)

- Långsträckt linjelast – stabilitet
- Boggilast (4 axlar) – brottgränstillstånd geokonstruktioner
- *Kombineras med*
  - *Dynamisk förstoringsfaktor (kontaktyta hjul-räl) inkluderat överlast*
- Tunga transporter (specialtransporter)
  - *Verkliga specialtransporter*
  - *Tunga transporter enligt EN 1991-2*
  - *Praxis för att beakta ändyteeffekter i fyllning saknas*



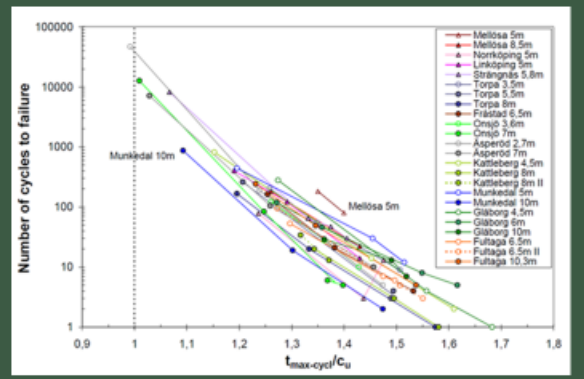
Trafikdast stax/strvm	Trafiklast kN/m²	
	Dimensionering med karakteristiska värden	Dimensionering med partialkoefficienter
22,5/6,4 och 25/6,4	34	26
22,5/8 och 25/8	44	32
30/10	53	40
30/12	64	48

Motsvarar linjelast
110 kN/m
dvs 110/80 = 1,38

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

CYKLISK TÅGLAST
(Medeltåglast person- och godståg)

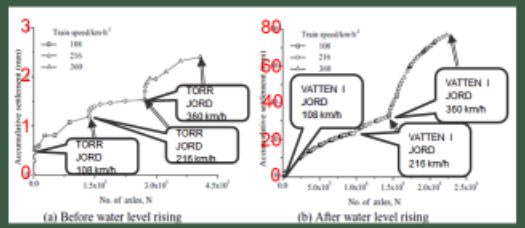
Finns inga krav idag – möjlig cyklisk nedbrytning – brottgränstillstånd ?

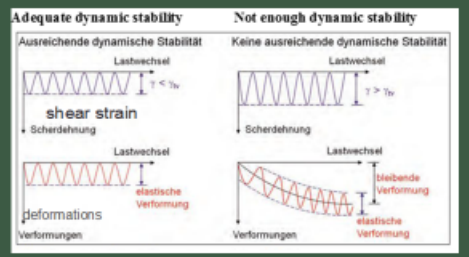


STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

CYKLISK OCH DYNAMISK TÅGLAST
(Axellast och hastighet person- och godståg)
Sättningar/spårlägesfel

- Förändringar i underbyggnaden (bro/bank – skärning/bank – trummor etc.)
- Vatten högt upp i bankroppen
- Rälsnedböjning/rälsnedböjningsförändring (styvhet) (Eber Track Lab)
- Begränsa skjuvtöjningar vid tågpassage
  - *Geofysiska mätningar*
  - *Beräkning – geodynamisk Plaxis*
  - *Vibrationsmätning i bef underbyggnad*

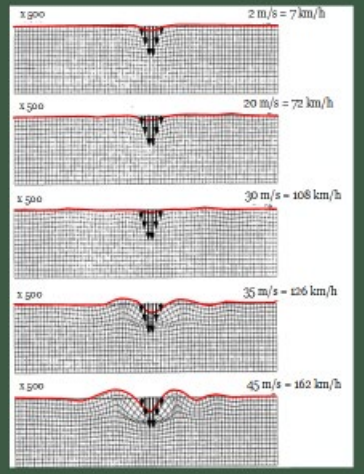


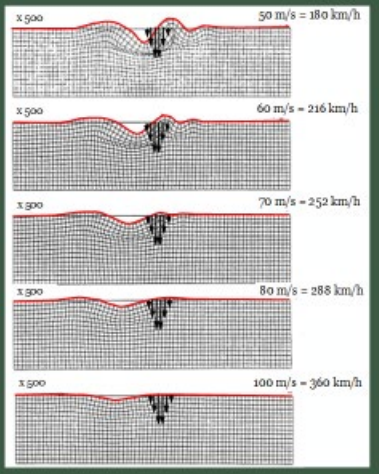


STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

DYNAMISK TÅGLAST
(Hastighet persontåg)

- Kritisk tåghastighet - spårlyft
- Accelerations- och retardationskrafter





STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

SLUTSATS FÖR PRAKTISK TILLÄMPNING

Brottgränstillstånd – stabilitet

NYBYGGNAD/OMBYGGNAD: Tåglastnormerna (linjelast-boggilast) motsvarar sannolikt inte dagens trafikbelastning, men är ett sätt att vid nybyggnad och ombyggnad ta höjd för framtida lastförändringar

TILLSTÅNDSBEDÖMNING – FÖRÄNDRING AV TÅGLAST: Vid ökning av axellast – linjelast – hastighet i befintliga banor. Hur mycket marginal har vi i tåglaster och hållfasthet i befintlig banunderbyggnaden?

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

BEHOV AV FORSKNING OCH UTVECKLING

Dynamisk förstoringsfaktor och överlast

Jordens egenskaper vid kortvarig belastning

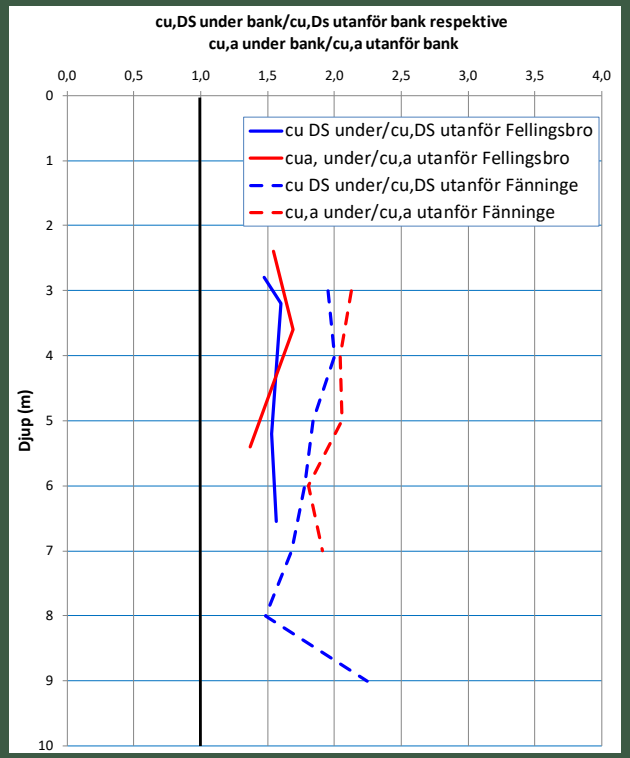
3D-effekter

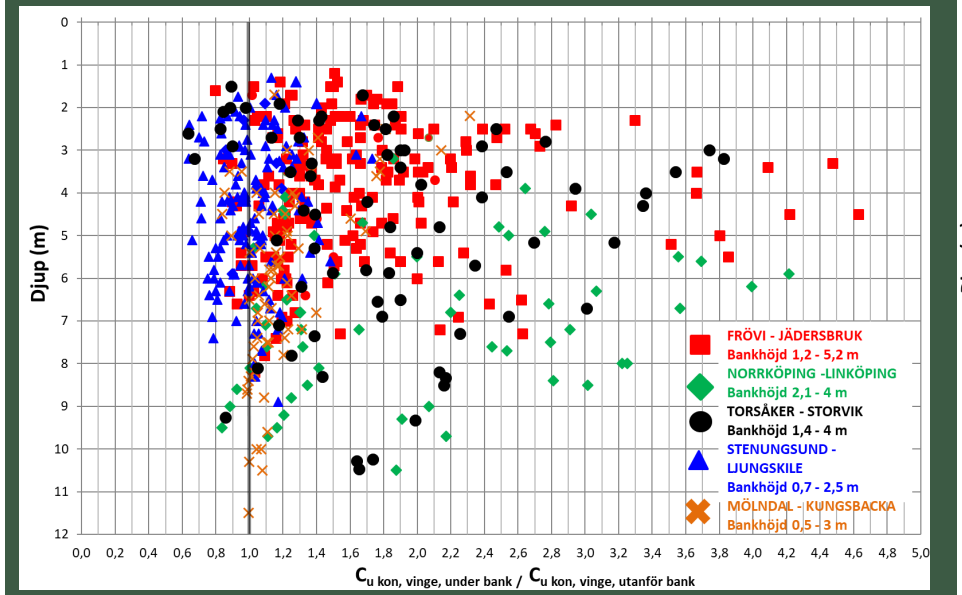
Cyklisk och dynamisk tåglast – sättningar/spårläge

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

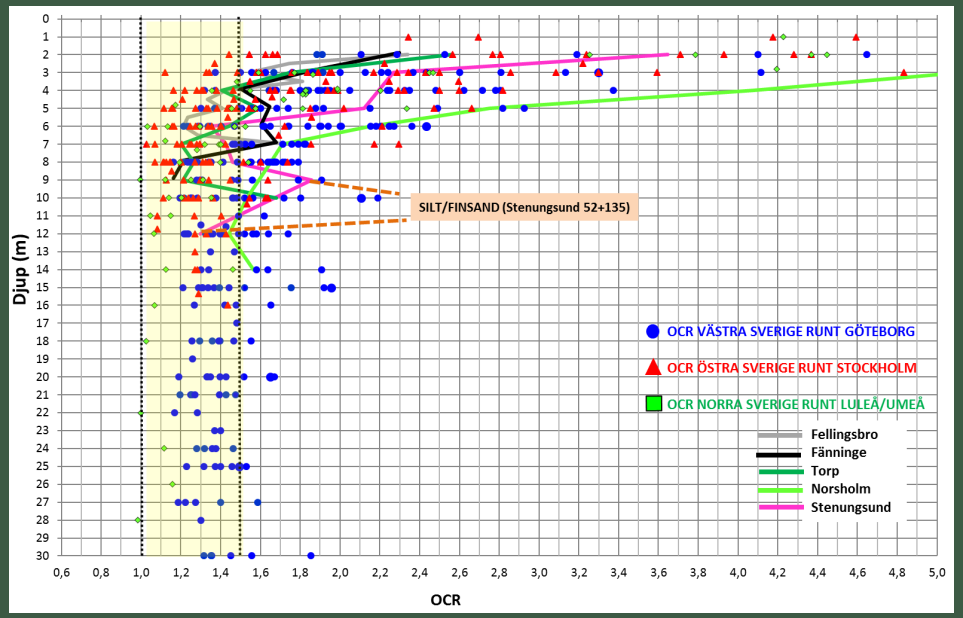
HÅLLFASTHET UNDER BEFINTLIGA JÄRNVÄGSBANKAR

Hållfasthetsökning?





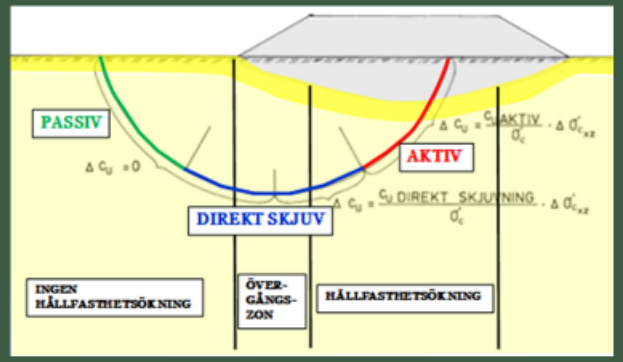
OCR

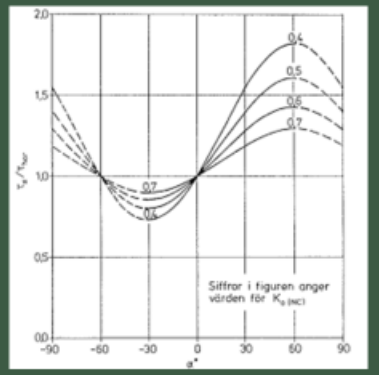


STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

HÅLLFASTHET UNDER BEFINTLIGA JÄRNVÄGSBANKAR

Anisotropi

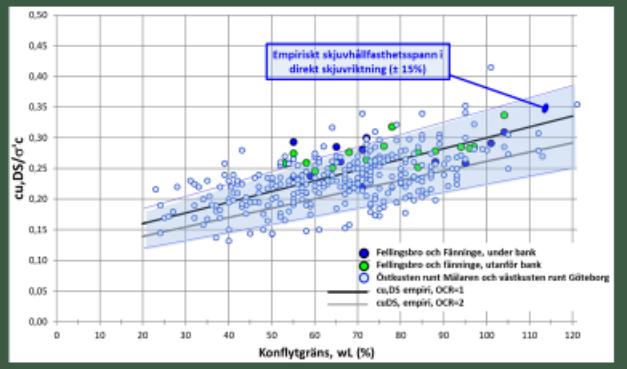


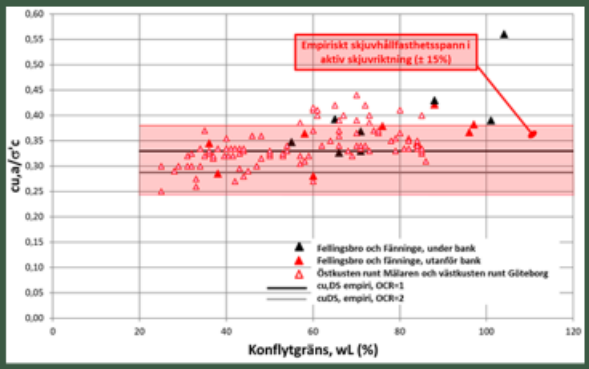


STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

HÅLLFASTHET UNDER BEFINTLIGA JÄRNVÄGSBANKAR

Empiri

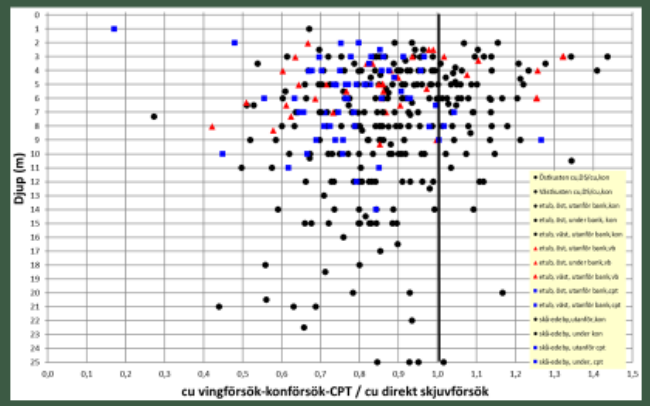




STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

HÅLLFASTHET UNDER BEFINTLIGA JÄRNVÄGSBANKAR

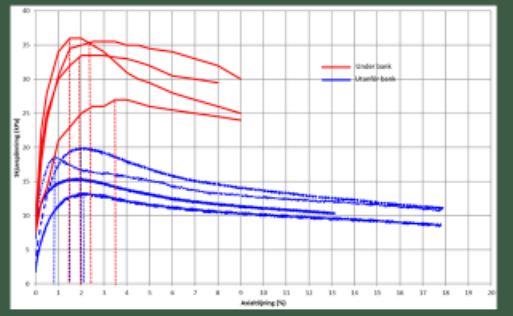
Undersökningsmetoder



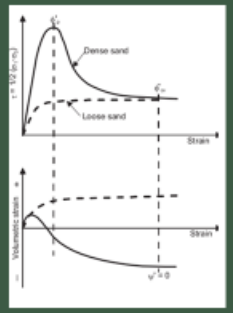
STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

SAMVERKAN FYLLNING, TORRSKORPELERA, KONSOLIDERAD LERA UNDER BANK, LERA UTANFÖR BANK

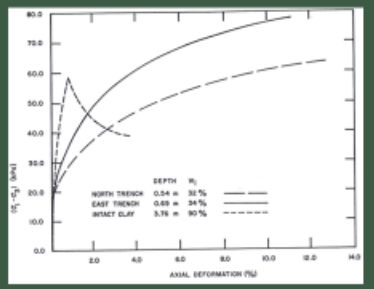
Kompatibel töjning?



Fyllning?



Torrskorpelera?



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

BEHOV AV FORSKNING OCH UTVECKLING OCH VÄGLEDNING

Vidareutveckling av empiriska ekvationer

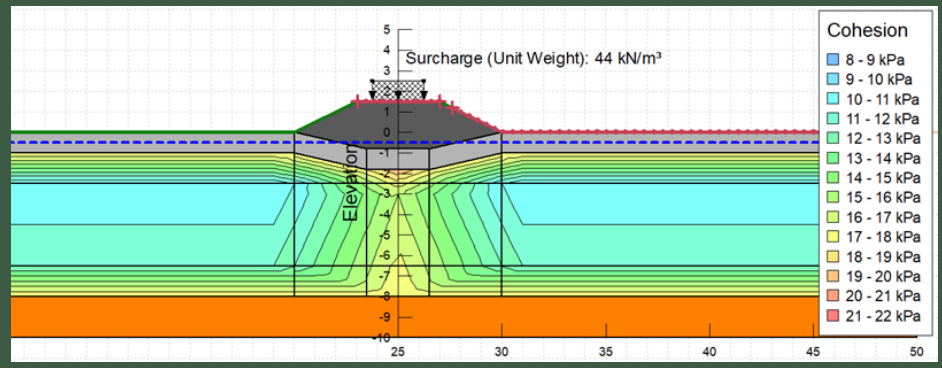
Samverkan bankfyllning, torrskorpelera, konsoliderad lera under bank och lera utanför bank

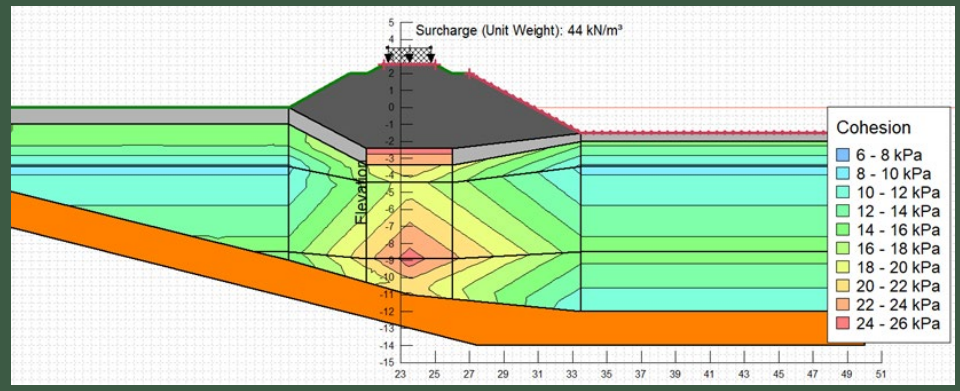
Vägledning avseende utredning av befintliga bankars stabilitet

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

TESTBERÄKNINGAR

- Jämförande stabilitetsberäkningar (SLOPE/W) har genomförts för följande fall:
- Nybyggd bank 1857
- Befintlig bank efter 160 år
  - ✓ Inverkan av hållfasthetsökning i bankens **tvärled**
  - ✓ Inverkan av indata från **olika undersökningsmetoder**
  - ✓ **Samverkan** mellan bankfyllning, torrskorpelera och lera
  - ✓ Normal **tåglast** kontra tung transportlast
  - ✓ Varierande **markgeometri** och jordlagertjocklek
  - ✓ Effekt av **hållfasthetsanisotropi**
  - ✓ Beräkningar med enstaka **kortvarig linjemaxlast**
  - ✓ Beräkningar med **cyklisk medellinjelast**





STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

NÅGRA SLUTSATSER

- Enskilda jämförelser: **skillnader på någon eller ett par tiondelar i beräknad säkerhetsfaktor för de flesta fall.**
- Beräkningsfallen sammantaget: säkerhetsfaktor mellan **1,0 - 1,5** för samma sektion beroende av jordparameterindata eller tåglastindata.
- Motsvarar skillnad - **påtaglig risk och extremt liten risk** för att järnvägsbanken ska gå till brott.
- **Stort värde med utvecklingsarbete** avseende indataparametrar till stabilitetsberäkningar av befintliga järnvägsbankar.

INDATA JORDPARAMETRAR OCH BERÄKNINGSMETODIK	Skillnad säkerhetsfaktor (%)
Beräkning baserad på direkta skjuvförsök kontra vingförsök/konförsök	+12 till +24
Beräkning mht anisotropi kontra medelvärden från direkta skjuvförsök	+6 till +16
Beräkning mht anisotropi kontra medelvärden från vingförsök/konförsök	+24 till +38
Förhöjt värde på friktionsvinkel i bankfyllning kontra försiktigt värde	+2 till +7
Maxvärde på torrskorpelerans odränerade skjuvhållfasthet kontra värde från lera under torrskorpan	+15 till +44
TÅGLASTER	
Beräkning med 80 kN/m och förhöjd skjuvhållfasthet på grund av korttidslast kontra 110 kN/m enligt TK Geo	+16 till +44
Beräkning med 80 kN/m och förhöjd skjuvhållfasthet på grund av korttidslast med indata från direkta skjuvförsök kontra 110 kN/m enligt TK Geo och indata från vingförsök/konförsök	+50 till +69
Beräkning med 80 kN/m för stillastående tåg kontra 110 kN/m enligt TK Geo	+5 till +17
3D-beräkning med tung transportlast enligt SS-EN 1991-2 kontra 2D-beräkning med 110 kN/m enligt TK Geo	-11 till ±0
3D-beräkning med tung transportlast enligt SS-EN 1991-2 med förhöjd skjuvhållfasthet på grund av korttidslast kontra 2D-beräkning med 110 kN/m enligt TK Geo	+5 till +9
3D-beräkning med verklig tung transportlast (mobil omformare) med förhöjd skjuvhållfasthet på grund av korttidslast kontra 2D-beräkning med 110 kN/m enligt TK Geo	+3 till +13

Sannolikhetsklass	Ord	Brottsannolikhet	≈totalsäk.faktor
1	Extremt	1/100 000 – 1/1 000 000	$F_C > 1,5$
2	Mycket liten	1/10 000 – 1/100 000	$1,4 < F_C \leq 1,5$
3	Liten	1/1000 – 1/10 000	$1,25 < F_C \leq 1,4$
4	Viss	1/100 – 1/1000	$1,1 < F_C \leq 1,25$
5	Påtaglig	1/10 – 1/100	$F_C \leq 1,1$

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

VAD GÖR MAN NÄR MAN SOM KONSULT BERÄKNAT.....

$$F_c = 0{,}91$$

.....FÖR EN 150 ÅR GAMMAL JÄRNVÄGSBANK

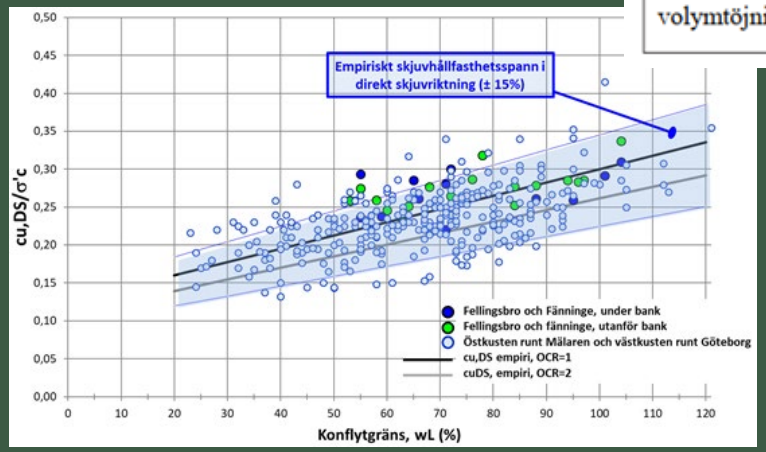
STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

DET ÄR INTE SPECIELLT KOMPLICERAT……

Skjuvförsök



CRS/Empiri

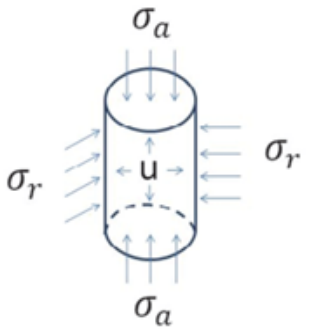


Triaxialförsök

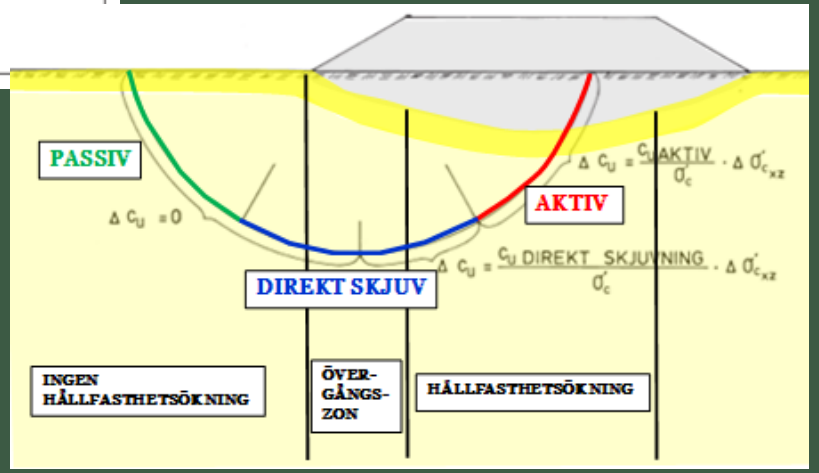
Spänningar och töjningar från triaxialförsök (basdata)

axialspänning, σ_a
radialspänning, σ_r
porvattentryck, u

axialtöjning, ε_a
radialtöjning, ε_r
volymtöjning, ε_{vol}



Anisotropi



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

FÖR DEN SOM ÄR INTRESSERAD AV ATT LÄSA RAPPORTEN FINNS DEN PÅ DIVA……

http://swedgeo.diva-portal.org

TACK

FÖR ER UPPMÄRKSAMHET