STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

Branschsamverkan i Grunden

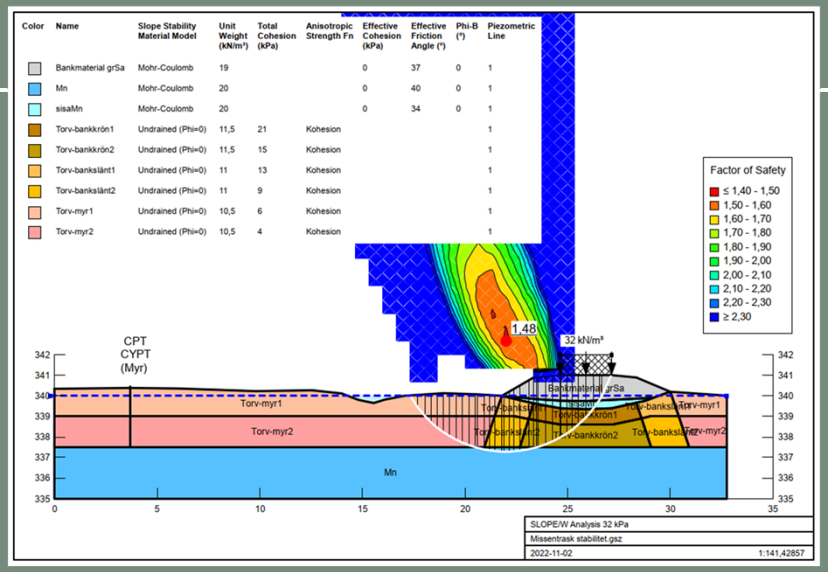
BIG-webbinarium 2024-09-13

TRAFIKVERKET

TORV - FORSKNINGSPROJEKT VID SGI (INOM TRV-BIG)

HÅLLFASTHETSEGENSKAPER HOS TORV FÖR STABILITETSANALYSER AV BANKAR (2020-2025; BIG-PROJEKT A2020-05)







TORVFORSKNINGSGRUPP VID SGI: BO VESTERBERG, MATTIAS ANDERSSON, DAVID RUDEBECK, MARTIN HOLMÉN, FREDRIK BURMAN, BJÖRN DEHLBOM

REFERENSGRUPP: ERIK ERIKSSON OCH KARIN SPETT, TRV, NIKLAS THUN, BPL (/TRV) OCH MARTIN SUNDVALL, NORCONSULT/TYRÉNS

TORVFORSKARE - DISKUSSIONSPARTNER: COR ZWANENBURGH (DELTARES, HOLLAND), MIKE LONG (UCD, IRLAND)

Forskningsprojektets viktigaste resultat

För **fibrig torv** (låg- och mellanförmultnad torv) för torv **under bank** och **utanför bank**:

- Utvecklat en metodik för hur ansätta torvs hållfasthetsegenskaper för förbättrad beräkning av stabilitet för befintliga bankar på torv.
- Utvecklat och testat ny sonderingsmetod i fält – CYPT
  - Tagit fram empiriska samband för CYPT för bestämning av hållfasthet.
  - Tagit fram även en mindre CYPT för produktionssondering under befintlig järnväg.
- Utvecklat och testat ny provtagningsmetod av ”ostörda” prover i fält.
- Vidareutvecklat tidigare metodik för undersökning och bestämning av aktiv, passiv och direkt skjuvhållfasthet.
- För torv vidareutvecklat en befintlig metod (ETUB, för lera) för att i lab. belasta prover tagna från sidan om bank (myr) så de förväntas motsvara hållfasthet hos torv under bank.
- Torvs hållfasthetsegenskaper och mekaniska beteende under befintliga bankar har nu identifierats och kvantifierats.
- Tagit fram olika empiriska samband för hållfasthet.



Fibrig torv, utanför bank, obelastad (myr)



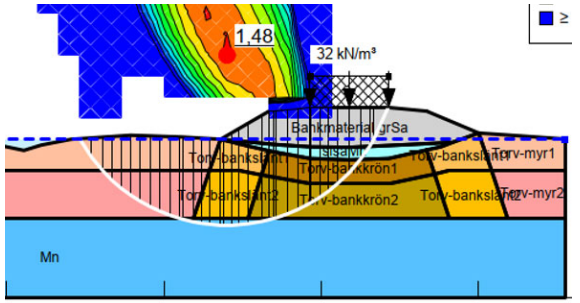
Fibrig torv, under bank, belastad och komprimerad

Baserat på främst 3 försökslokaler i projektet, men också tidigare resultat nationellt och internationellt.

Nyttan med resultaten

För **fibrig torv** (låg- och mellanförmultnad torv):

- Många järnvägsbankar (och vägbankar) på torv kan sannolikt ”friskskrivas” och behöver inte förstärkas, dvs. har tillräcklig stabilitet. Har tidigare underskattat hållfastheten under bank. Högre hållfasthet ⇒ Ekonomiskt och miljömässigt ($C0_2$, naturresurser) positivt.
- Tillförlitligare bestämning i fält av hållfasthet. ⇒ Bättre underlag för dimensionering.
- Torv under järnvägbankar kan undersökas med produktions-CYPT. ⇒ Bättre underlag för dimensionering vid ex. planerad ökning av axellast.
- Bättre provkvalitet förväntas uppnås med nya torvprovtagaren. ⇒ Tillförlitligare parametrar från laboratorieförsök.
- Förbättrad vägledning för undersöka, tolka resultat och ansätta hållfasthetsegenskaper för stabilitetsberäkningar av järnvägar och vägar på torv. ⇒ Ökad tillförlitlighet till indata till stabilitetsberäkningar.
- Bättre empiriskt underlag för stabilitetsberäkningar – då undersökningar i fält- och laboratoriet ej kan utföras i önskad omfattning. ⇒ Bättre underlag för dimensionering.
- Prover kan tas på sidan om befintlig järnvägsbank och förväntas ge en representativ hållfasthet motsvarande under bank, belastningshistoria återskapas i direkta skjuvförsök (och triaxialförsök). ⇒ Möjliggör förenklad provtagning.

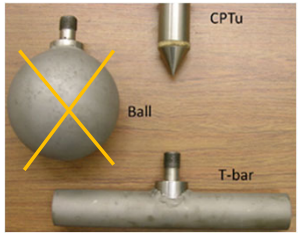




Fältförsök - tre lokaler (Norr- och Västerbotten) – nedlagda järnvägsbanor

Undersökt torv:
- Under bank (belastad och komprimerad torv)
- Sidan om bank (obelastad torv)

Genomfört sondering i torv under och på sidan om bank:
- CPT
- CYPT (olika varianter)
- T-bar
- Vingförsök



CYPT





Tagit prover med torvprovtagare (gammal och ny SGI provtagare):
- Under bank (belastad och komprimerad torv)
- Sidan om bank (obelastad torv)

Laboratoriet (torv från under och sidan om bank) :
- Triaxialförsök (odränerade aktiva, passiva)
- Direkta skjuvförsök (odränerade)
- Ödometerf., CRS, kompressometerf.
- Karakterisering

Fältförsök lokal Missenträsk – Torv från under bank (belastad av bank)

Provtagning torv cylinder med 100 mm diameter: torv som pressats ihop under bank (taget från 1 m djup i torven under bank).





Torv från under annan bank, tydlig horisontell skiktning.



Samma prov i båda bilderna. I vänstra bilden har provet först dragits isär vertikalt (med två händer) och skapat ett horisontalplan och i högra bilden har det provet därefter brutits av (med två händer) i två halvor och skapat ett vertikalplan.

Anisotropi – strukturell (och anisotropa spänningar in-situ) ⇒ påverkar hållfasthet och styvhet ⇒ olika i vertikal- och horisontalriktningen.

Fibrer – fungerar som en ”armering” eller ”textil”. Torven uppvisar även draghållfasthet.

SGI har utvecklat en ny utrustning (sond) – CYPT (CYlinder Penetration Test)

För hållfasthetsbestämning av torv i fält

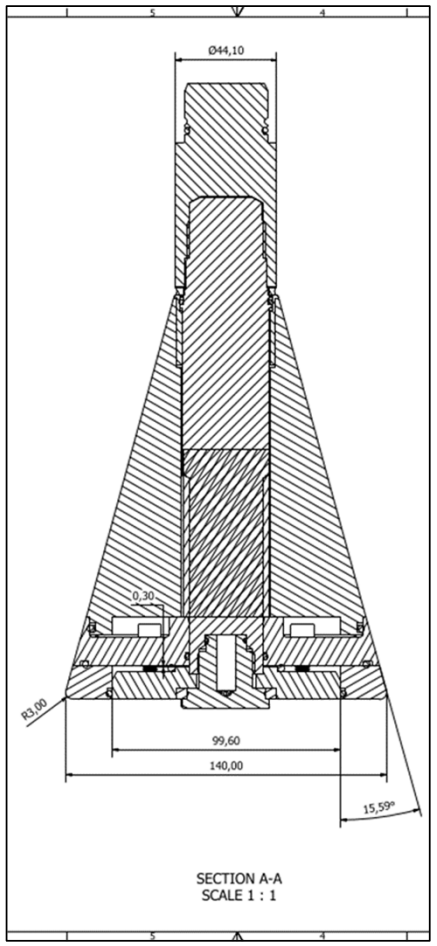
SGI utvecklat CYPT under 2020-2021 tillsammans med Geotech (inspiration från föregående SGI:s modellförsök på torv).

Kopplas till vanlig CPT-utrustning.

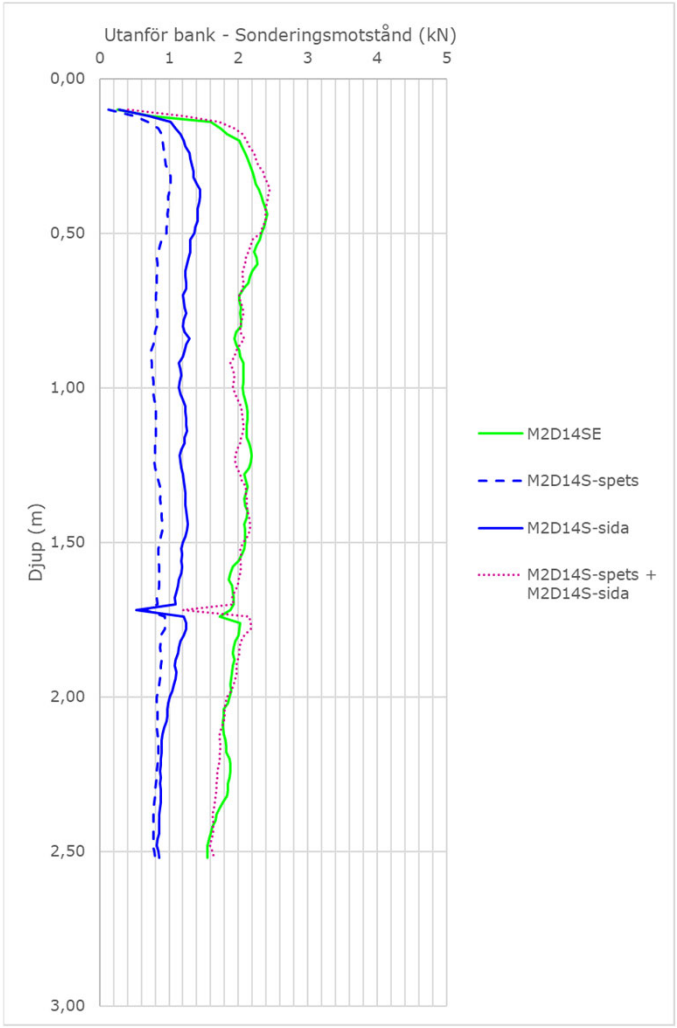
Mäter tre tryck (då dubbelplatta):
- spetstryck - inre yta
- spetstryck - yttre yta
- portryck







Ex. resultat CYPT, Missenträsk
Verifiera funktionalitet – dubbel-CYPT



Ny utrustning (sond) – CYPT – 5 varianter

Tagit fram fem olika varianter av CYPT:

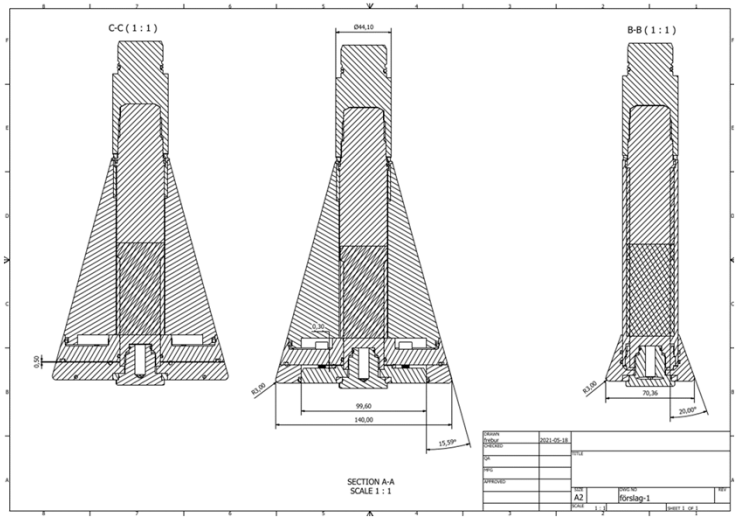
- 140 mm enkelplatta (nabbar)
- 140 mm dubbelplatta (slät)
- 140 mm dubbelplatta – görs till enkelplatta (slät)
- 70 mm enkelplatta (slät)
- 70 mm enkelplatta (nabbar)

Bottenplattan för 140 mm / 70 mm byts ut.

140 mm – forsknings-CYPT
70 mm – produktions-CYPT

Inverkan av draghållfasthet i fibrig torv studeras genom:
- Dubbelplatta
- Slät yta / nabbar





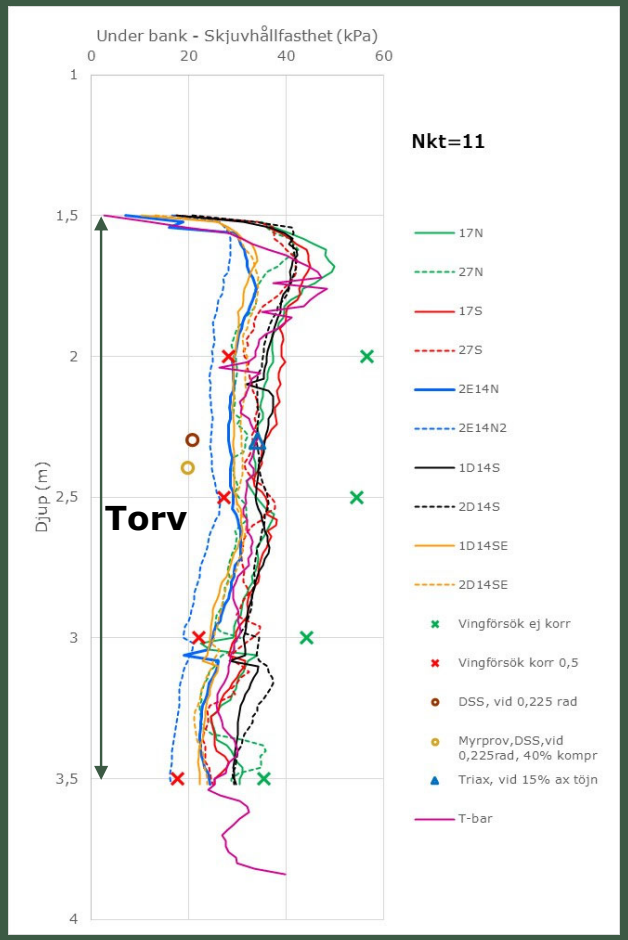




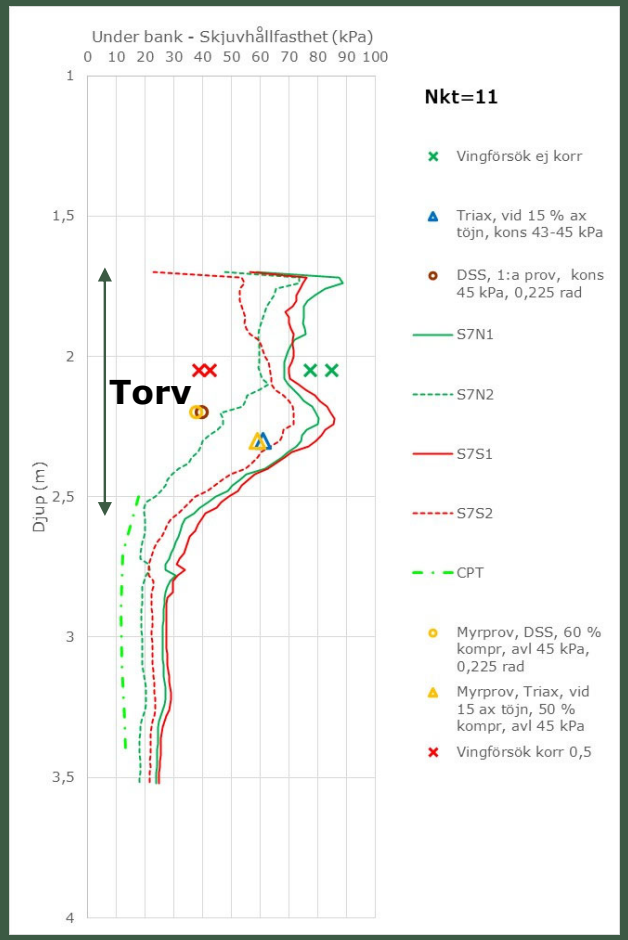


UNDER BANK – JUSTERAD NKT

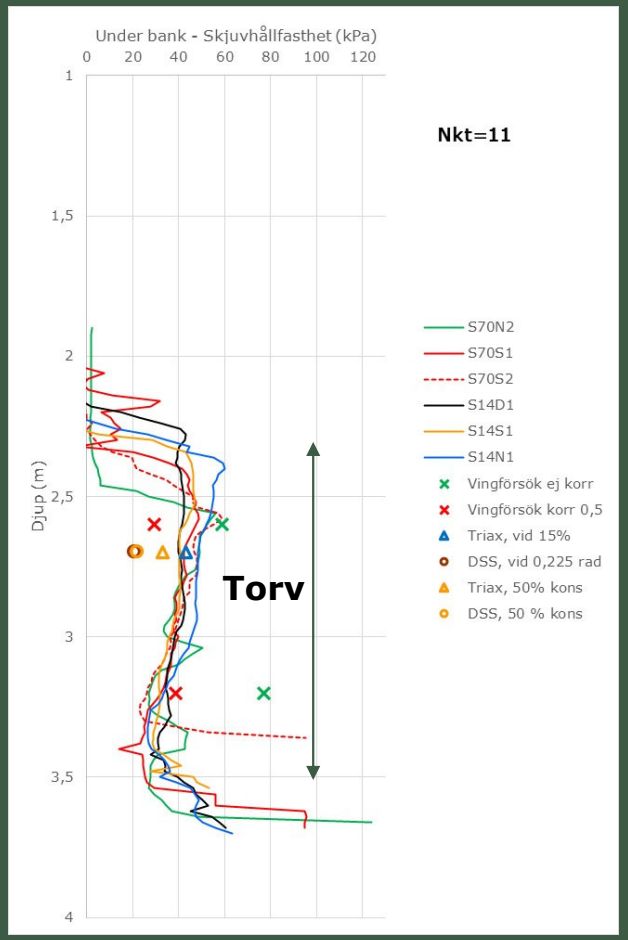
Missenträsk, CYPT=11, T-bar=10



Kärrbäck, CYPT=11

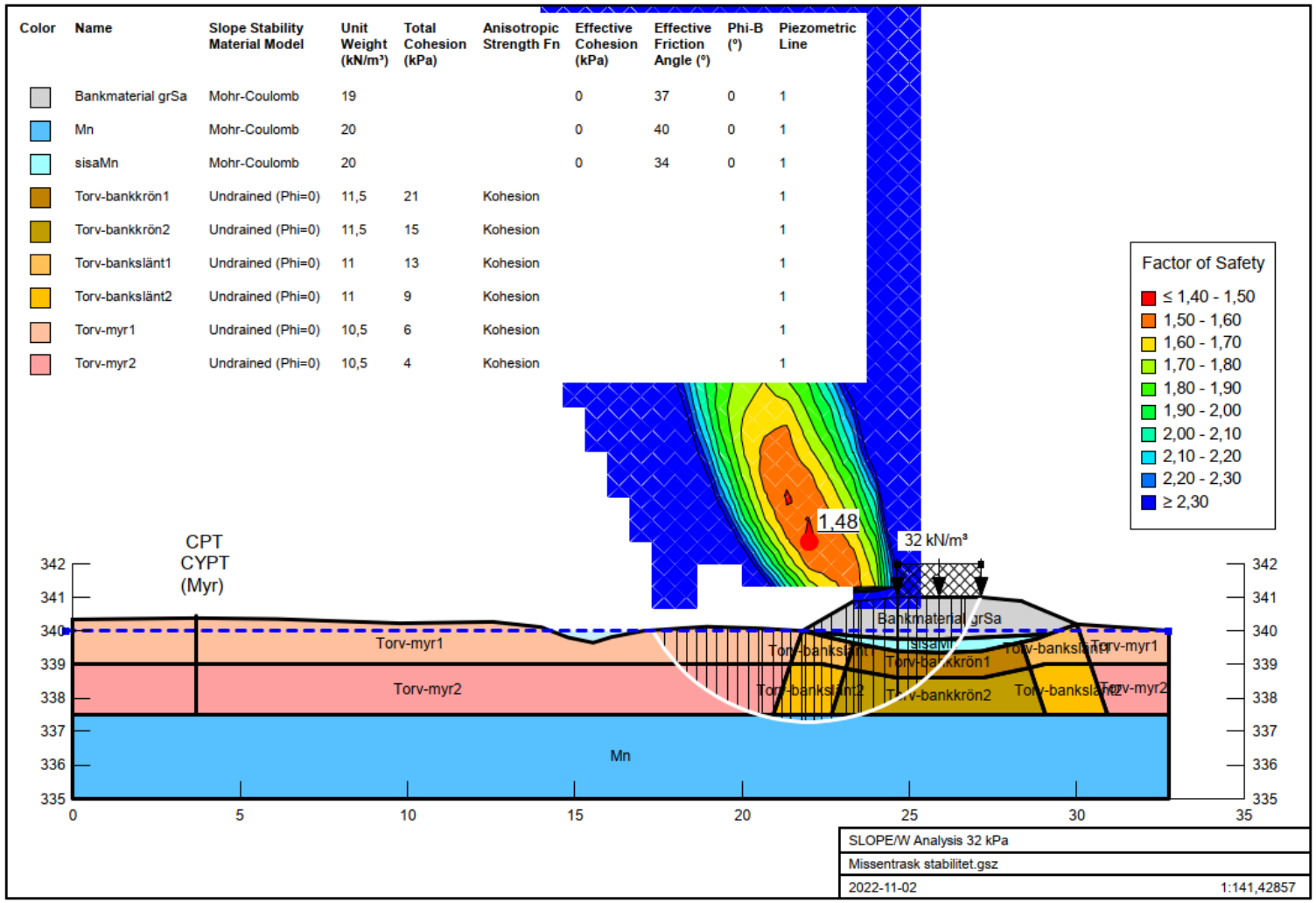


Oja, CYPT=11



Stabilitetsberäkning – ex. bank Missenträsk

Här stabilitetsberäkning med Ny metodik - version 1.0 vad gäller betraktelse av skjuvhållfasthet hos torv (anisotropi medtas samt även skillnader i hållfasthet i olika zoner av torv under och på sidan om bank)
(För att förenkla och jämföra olika beräkningar har cirkulärcylindrisk glidyta antagits, vilket inte behöver vara verkliga fallet.)

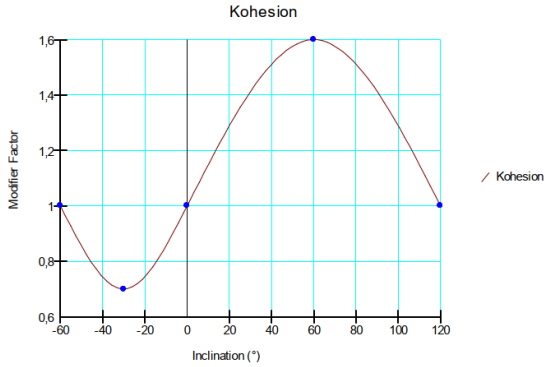


Skjuvhållfasthet utvärderad från odrän. lab.försök (direkt skjuv, aktiv triax, passiv triax), för de översta lagret i de olika zonerna med torv. Se lager/zon-indelning. Utvärderat vid 5 % respektive 15 % axialtöjning (triax) och räknat stabilitet.

Angivna ”Total Cohesion (kPa)” i tabellen är värden från direkta skjuvförsök.

Anisotropifunktion används för att räkna om till hållfasthet i olika riktningar (ex. aktiv och passiv skjuvhållfasthet) och här baserat på de utförda lab.försöken:

Anisotropifunktion

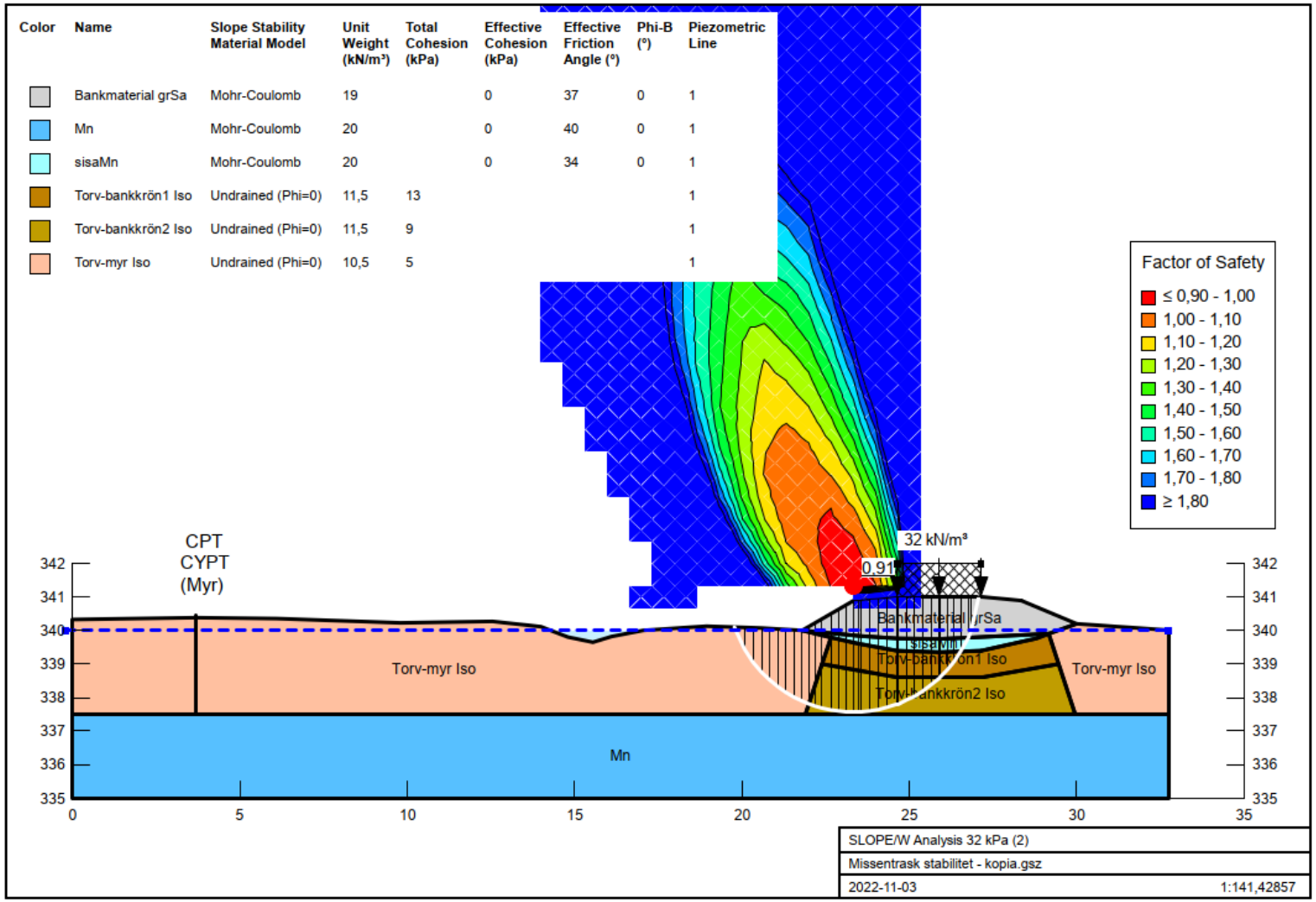


Anisotropifunktionen: ex. skjuvhållf. 21 kPa i direkt skjuvning motsvarar 34 kPa aktiv hållfasthet

Hållfasthetens variation i torven med djupet (övre och nedre lager) fås från sondering (CYPT) i fält i torv under respektive på sidan om bank.

Stabilitetsberäkning – ex. bank Missenträsk

Här stabilitetsberäkning med traditionell/enkel metodik vad gäller betraktelse av skjuvhållfasthet hos torv: använder resultat från odränerade direkta skjuvförsök, bara tillgång till torv från myren för försök.
(För att förenkla och jämföra olika beräkningar har cirkulärcylindrisk glidyta antagits, vilket inte behöver vara verkliga fallet.)



Angivna ”Total Cohesion (kPa)” i tabellen är värden på skjuvhållfasthet från direkta skjuvförsök utförda för ”bankspänningar” (kons.spänning 29 kPa) på torv från myren och ”myrspänningar” (kons.sp. 7 kPa) på torv från myren.

Anisotropi i hållfasthet beaktas inte.

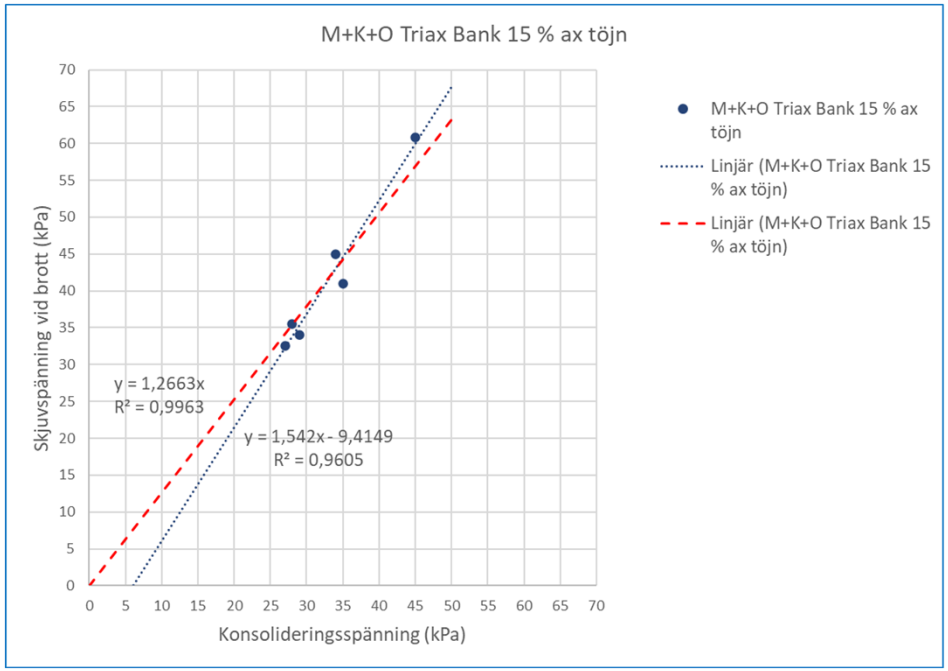
⇒ Stor skillnad i beräknad säkerhetsfaktor mellan ny metodik - version 1.0 (1,48) och traditionell metodik (0,91).

⇒ TrV ser idag i många fall orimligt låga beräknade säkerhetsfaktorer för befintliga bankar på torv. Där brott eller stora rörelser inte skett.

⇒ Underskattning av hållfasthet i torv sannolikt en stor del av förklaringen till icke-representativa beräknade säkerhetsfaktorer.

Empiri – exempel på - framtagna i projektet

Samband mellan bankens last (tryck) på underliggande torv och torvens hållfasthet



Tre lokaler och tre olika bankhöjder (1,5 m, 2,4 m, 3,2 m), förmultningsgrad H2-H5.

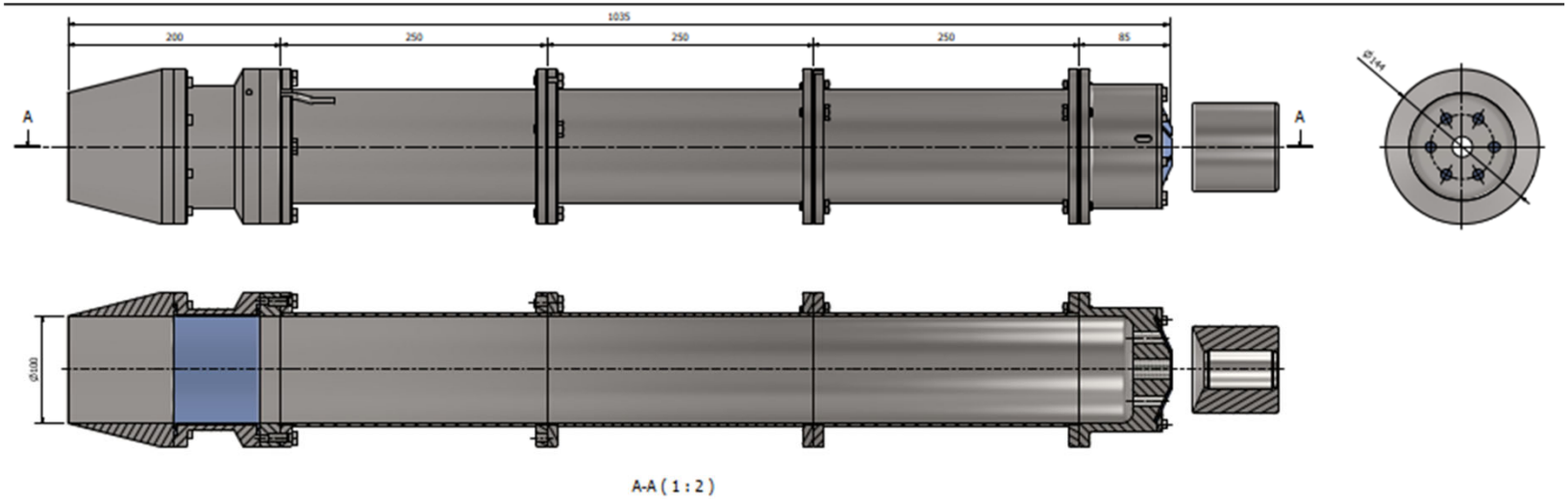
Empiri (aktiv hållfasthet):
Skjuvhållfasthet = 1,27 x bankspänning

Om bankens höjd (ovan torvlagret) är känd kan skjuvhållfasthet preliminärt bedömas (kräver inga försök, förutom möjligen sondering). Grundvattenytan är ofta ungefär i nivå runt markytan (myr) på sidan om banken och bankmaterialets densitet kan antas.

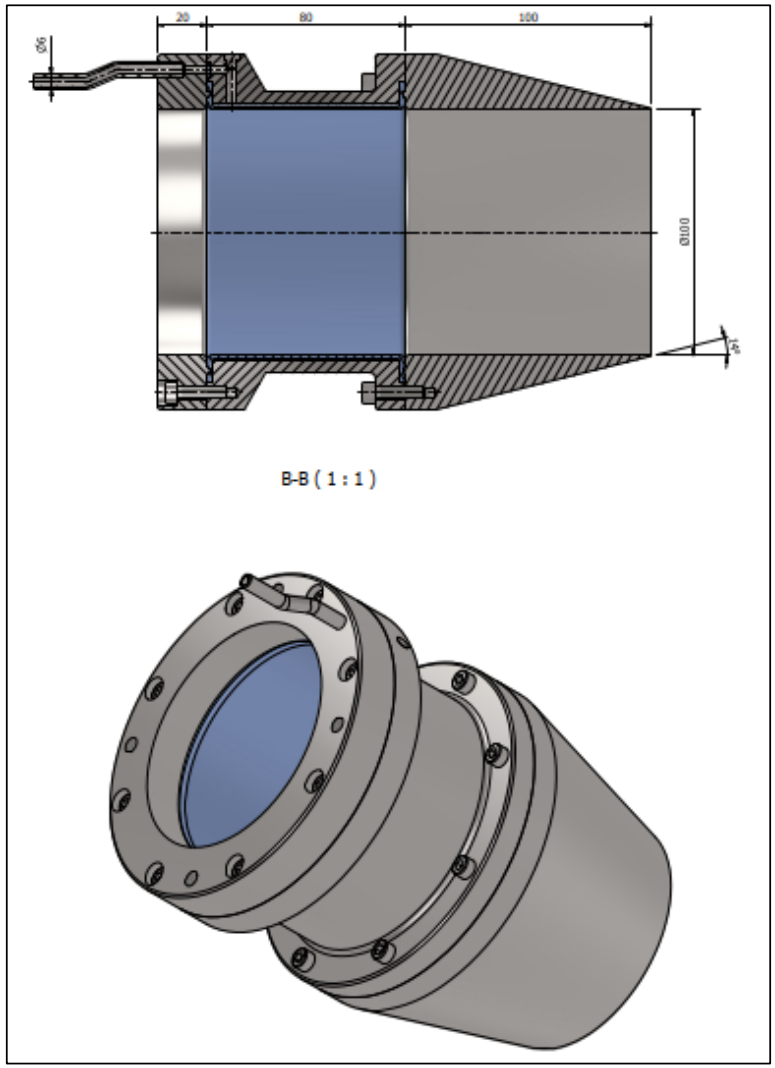
Ny Torvprovtagare – utvecklad av SGI 2023

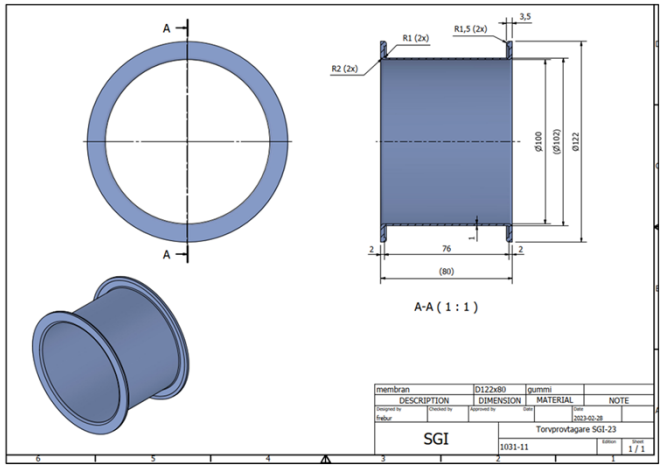


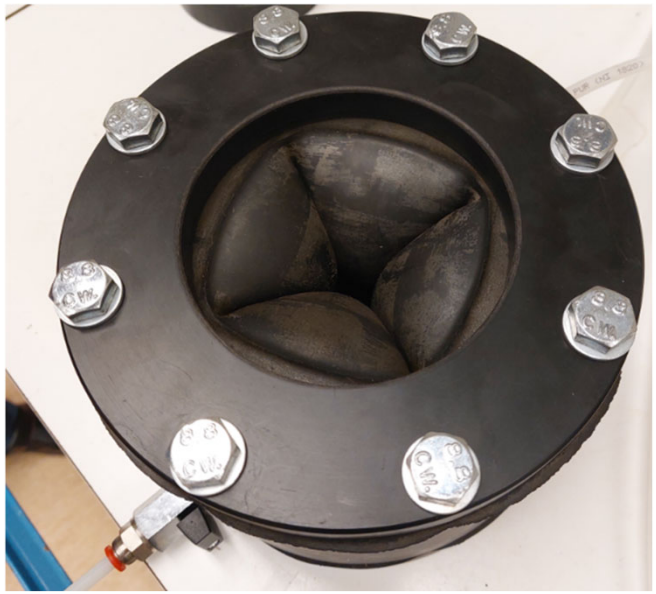
- Bakgrund: pågående torvforskningsprojekt vid SGI – sett behov av bättre torvprovtagare.
- Mål: bättre kvalitet på upptagna prover och att oftare kunna få upp prover (från både obelastad och belastad torv i fält).
- Första provtagning med borrbandvagn i fält 2023 i lokal Oja, gamla Haparandabanan.



Ritningar – Ny torvprovtagare - slutarmembran







Test av slutarfunktion hos membranet.

Ny torvprovtagare - med borrbandvagn i torvforskningsprojekt (lokal Oja sept 2023)

Provtagning under bank







Resultaten är lovande: funktionalitet och provkvalitet.

Några slutliga tips

- Slutrapport ”Torvs hållfasthet och stabilitet för bankar på torv” klar i Mars 2025
  (laddas då ner från databasen DiVA portal).

- Kommande forskningsprojekt hos SGI (förhoppningsvis): Beräkningar fokus: teoretisk modellering av rörelser och stabilitet för bankar på torv.

- Kontakt på SGI: torvforskare Bo Vesterberg: bo.vesterberg@sgi.se
  eller andra SGI:are med i torvforskningen

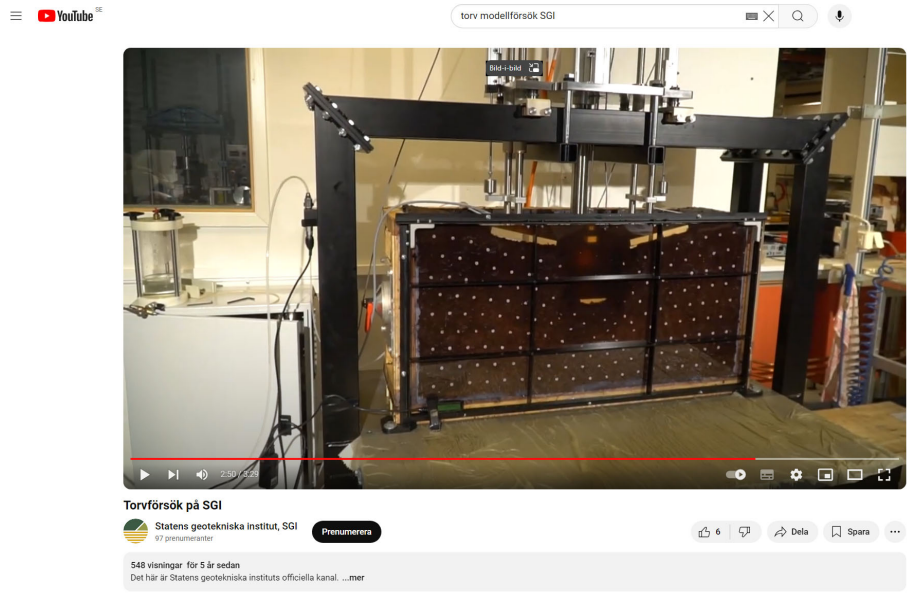
- Tidigare rapporter (finns laddas ner från DiVA portal):

  ”Erfarenheter av byggmetoder på torvmark” (2016):
  Bo Vesterberg, Peter Carlsten, Per Lindh

  ”Torv – deformationer och brottmekanismer i modellförsök. Ny utrustning och metodik för blockprovtagning och modellförsök” (2020):
  Bo Vesterberg, David Rudebeck, Fredrik Burman, Mattias Andersson, Martin Holmén

  Film på Youtube (3 minuter) – om Modellförsök på torv: ”Torvförsök på SGI”





CHAT
Webbinarium 20240913 Torv

Helvacioglu, Anil (Extern)12:16Redigerad

är den där torven på sliden 5 pressats under banken? är banken som en tillfällig vall innan banvallen? Om det är det, hur lång tid tog det innan börjar av jarnkonstruktion?

Laith Al-Taie (Inte verifierad)12:21

angående direkt skjuvförsök, var provhöjd låst eller olåst?

Nystedt, Kent (Inte verifierad)12:35

Hur förväntas ett skred utbreda sig i en torvjord till skillnad från cirkulärcylindriskt?

Lindström, Jonathan (Extern)12:38

Gällande provtagningshylsorna; vad väger de olika hylsorna och hur många hylsor kan användas för en och samma provtagning. (Hur djupt kan ni ta prover med denna metod?).

Hej Jonathan. Jag kollade med Fredrik Burman som konstruerat den nya torvprovtagaren. En tom hylsa väger 3,5 kg och full hylsa, ca. 5-6 kg (beroende på material). (Erik Kalén)

Jönsson, Sten-Sture (Inte verifierad)12:38

Bo, du har varit noga med att hänvisa till låg och medelförmultnad torv och de bilder vi sett har varit väldigt fibriga, dvs snarare lågförmultnad torv. Hur ser du på skillnader när vi har högförmultnad torv? I Småland är det snarare medelförmultnad till högförmultnad torv som dominerar.

Anders Jonefjäll (Extern)12:45

Skall vi se torv som odränerad eller finns det fall då vi bör se det som dränerat?

Får vi rekommendationer för dränerade värden?

