

En fallstudie av station Odenplan Citybanan – analys av in-situ spänningar och bergmassans beteende

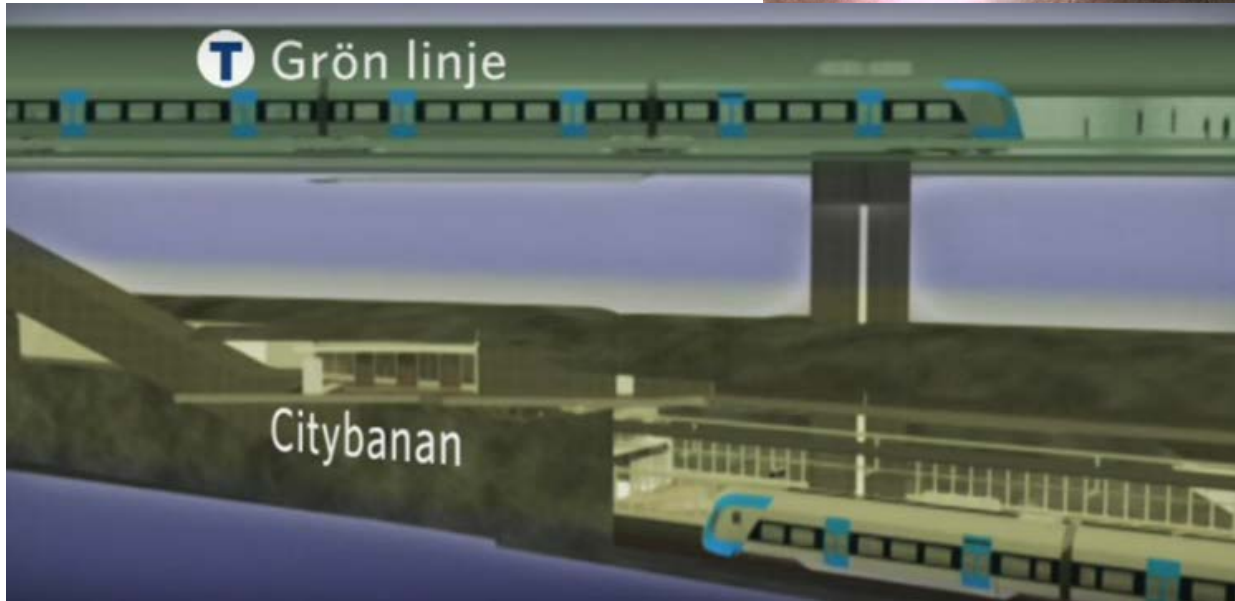
Diego Mas Ivars, SKB

Fredrik Johansson, KTH

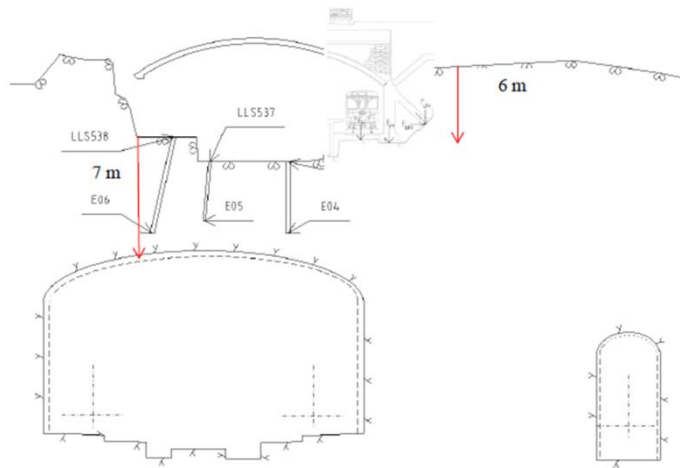
Rima Ghazal, Itasca Consultants (Frankrike)

Abel Sánchez Juncal, Itasca Consultants (Sverige)

Roció Batres Estrada, Sweco



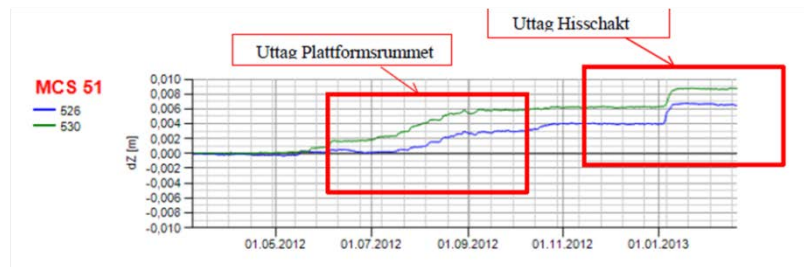
Bakgrund



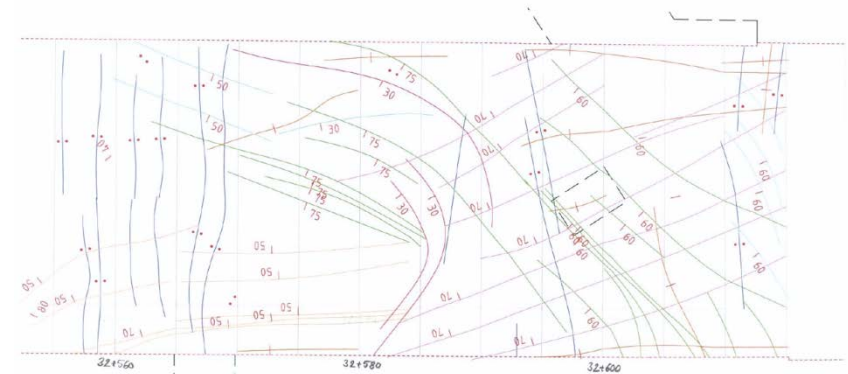
Figur 2.2 Placering av extensometrar och vatskenivågivare, sektion genom Citybanan vid längdmätning ca 32+590 som visar placering av extensometrar E04, E05 och E06 samt vatskenivågivare LLS536, LLS537, LLS538.

De observerade rörelsema kan isoleras till två huvudsakliga händelser:

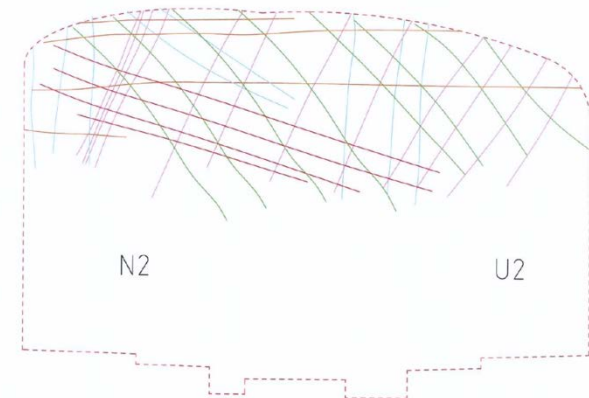
1. Uttag av plattformrum och
2. Sågning av hisschaktet vid LM 32+600.



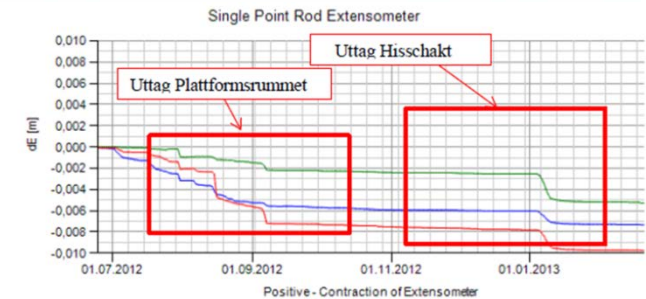
Figur 2.3 Resultat från mätningar med vatskenivågivare MCS1- 526 och 530.



SMP Plan



SMP - typsektion



Figur 2.5 Resultat från mätningar med extensometrar E04, E05 och E06.

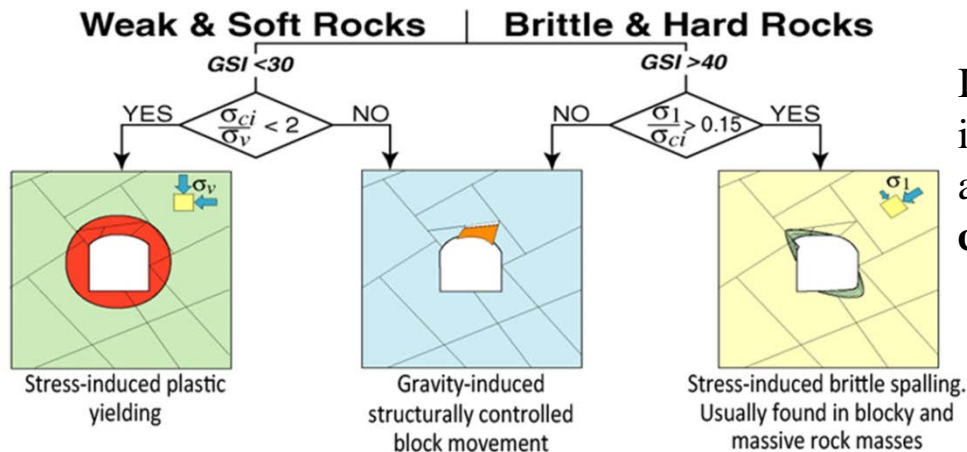
Syfte

- Baserad på denna fallstudie har syftena med detta arbete varit att
 - (1) föreslå en generell metodik för bakåtanalys baserat på uppmätta deformationer under geologiska förhållanden vanligt förekommande i Stockholmsområdet
 - (2) analysera det troliga intervallet för rådande in situ spänningar vid Odenplan.

Kontinuum vs Diskontinuum

Hoek & Brown (1997): “Where the block size is of the same order as that of the structure being analyzed, **the Hoek-Brown criterion should not be used**”.

Continuity Factor (CF) = tunnel diameter / block diameter = 12.5 – 25 (Palmström and Stille 2010). Discontinuous (blocky) system → **discontinuum approach**



Instability mode based on rock quality (GSI), intact rock strength and stress level (Martin et al., 2003) → **gravity-induced structurally controlled block movement**

Numerisk modell – geometri och sekvenser

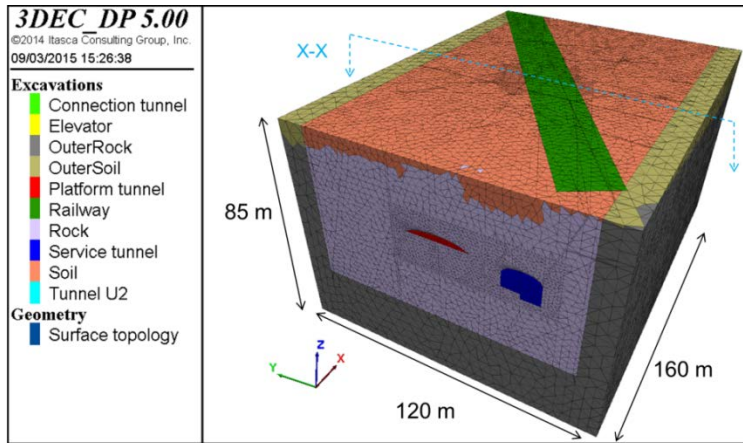


Figure 1. General view of the model and meshing.

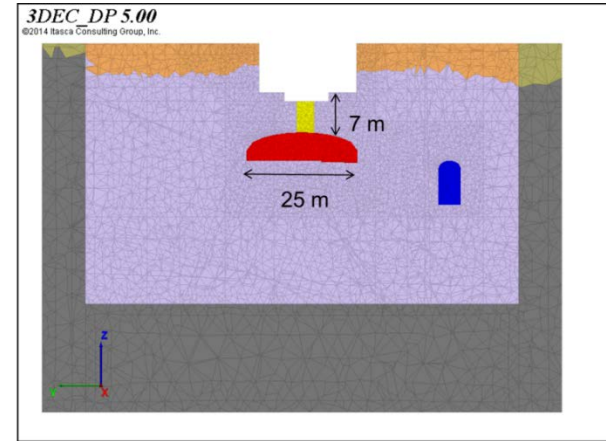


Figure 2. Cross section X-X showing the minimum rock cover (around 7 m).

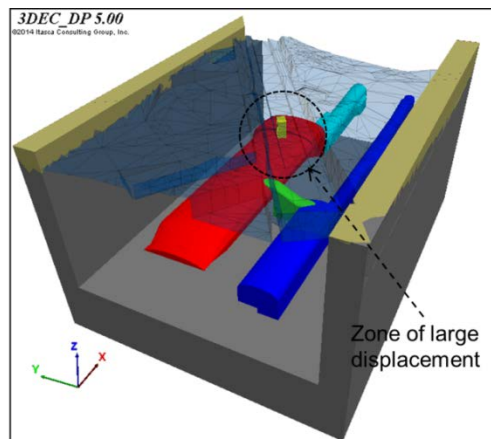


Figure 3. Excavations and rock surface topology.

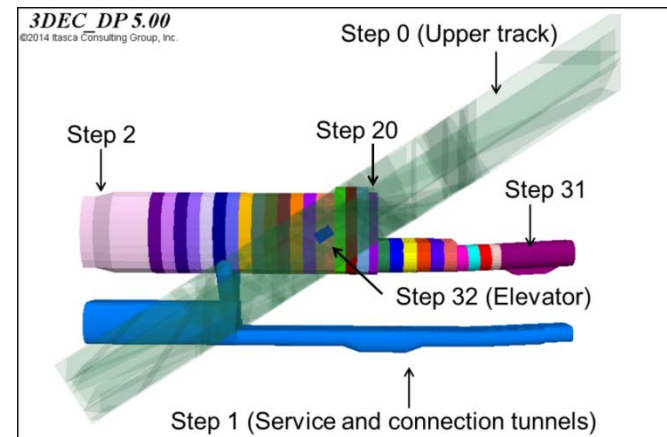


Figure 4. Sequence of excavation.

Numerisk modell – in situ stress + DFN + förstärkning

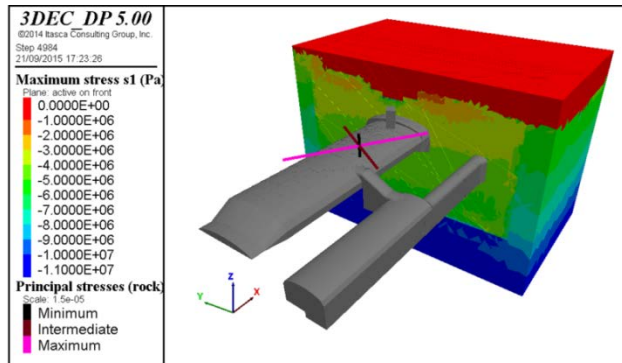


Figure 5. Initial principal stress orientations (for the 3 cases) and contour of maximum stress (for case 1).

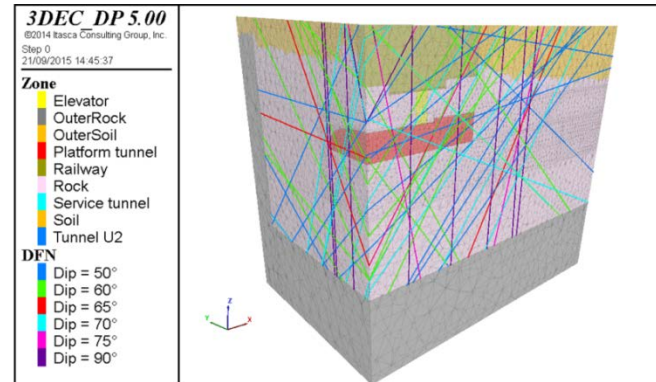


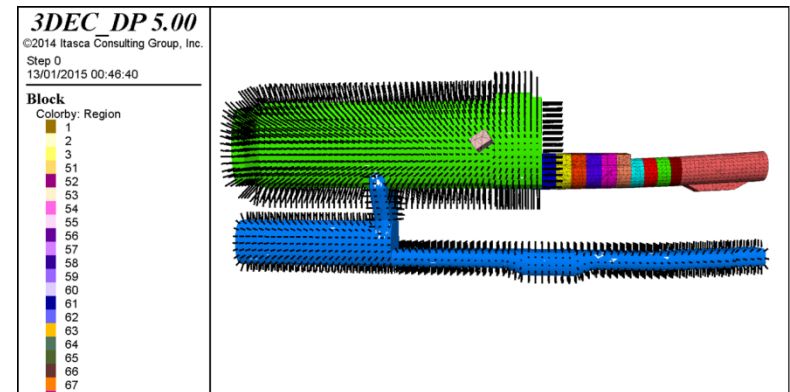
Figure 6. Joint network : traces on two vertical planes passing by Platform tunnel.

| | Unit | Values |
|--------------|-------|--------|
| K_n | MPa/m | 75 |
| K_s | MPa/m | 7.5 |
| c | MPa | 0. |
| ϕ | ° | 32 |
| ϕ_{res} | ° | 30 |
| Ψ | ° | 7 |

$$\sigma_H = \sigma_{0H} + a \cdot z ; \quad \sigma_h = \sigma_{0h} + b \cdot z \quad (1)$$

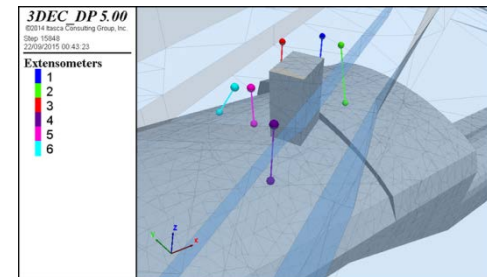
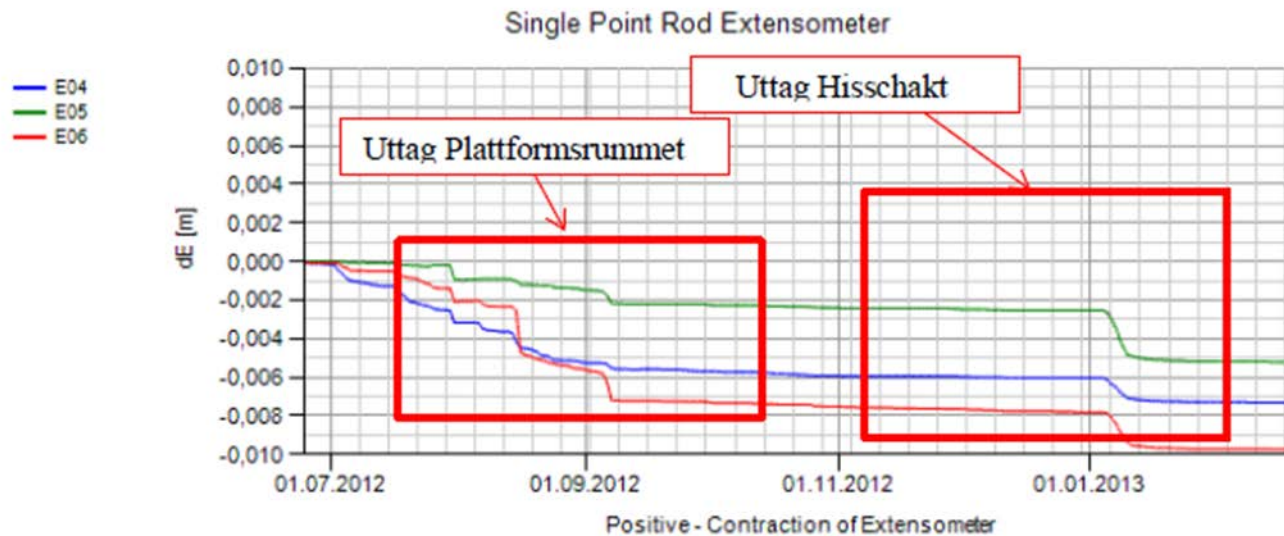
Table 3 Parameters of the different stress cases.

| | | Case 0 | Case 1 | Case 2 | Case 3 |
|------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Rock | ρ [t/m ³] | 2.1 | 2.65 | 3.2 | 2.65 |
| | σ_{0H} [MPa] | 3 | 4.7 | 5.7 | 5.7 |
| | σ_{0h} [MPa] | 0.5 | 2.3 | 3.5 | 2.3 |
| | a [MN/m ³] | 0.075 | | | |
| | b [MN/m ³] | 0.0275 | | | |
| Soil | ρ [t/m ³] | 2 | | | |
| | K_0 | 0.33 | | | |



In situ observationer

- Uppmätta rörelser av 5-10 mm i plattformstaket (nära hisschaktet)
- Uppmätt dilatation i bergmassan: 5-10 mm i extensometrarna installerade runt hisschaktet mellan plattformstaket och ovanliggande befintlig tunnelbanestation (Odenplan)



Figur 2.5 Resultat från mätningar med extensometrar E04, E05 och E06.

Resultat I

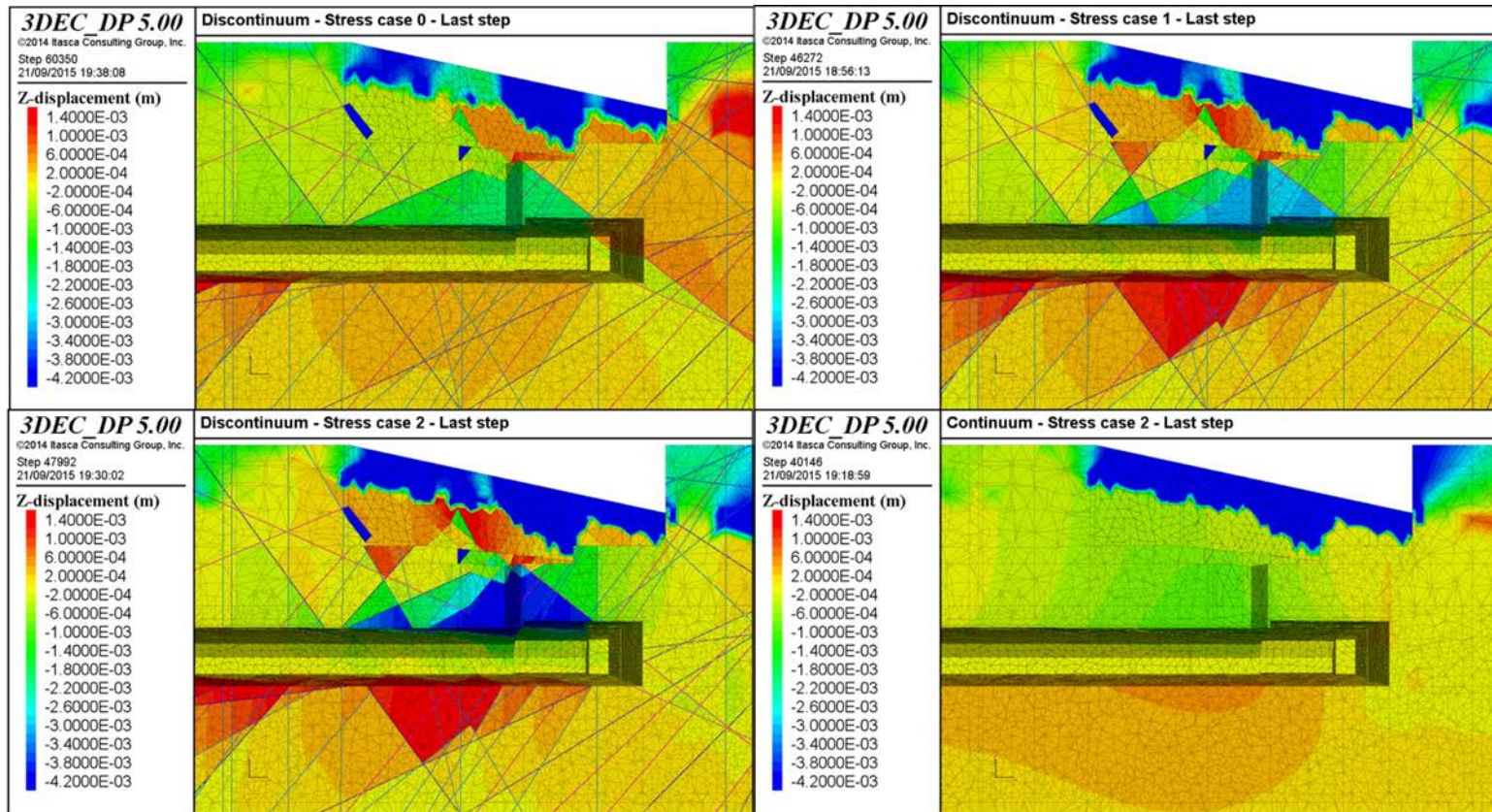


Figure 7. Vertical displacement at the last step of excavation (longitudinal section along the Platform tunnel): comparison between discontinuum models (with stress case 0, 1, 2) and continuum model (stress case 2).

Resultat II

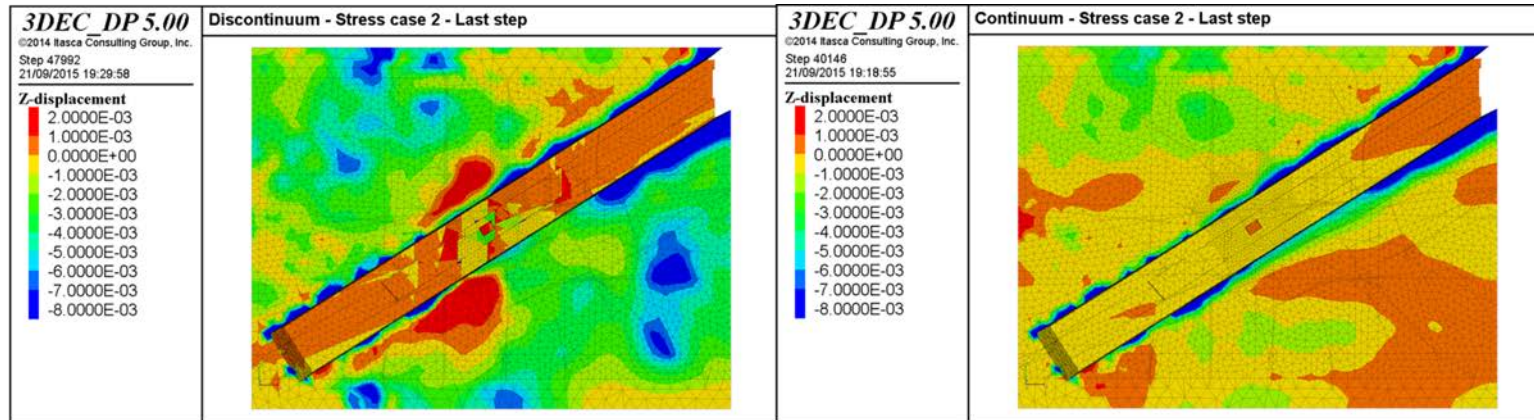


Figure 8. Vertical displacement at the top of the model at the last excavation step for the discontinuum and continuum models (stress case 2).

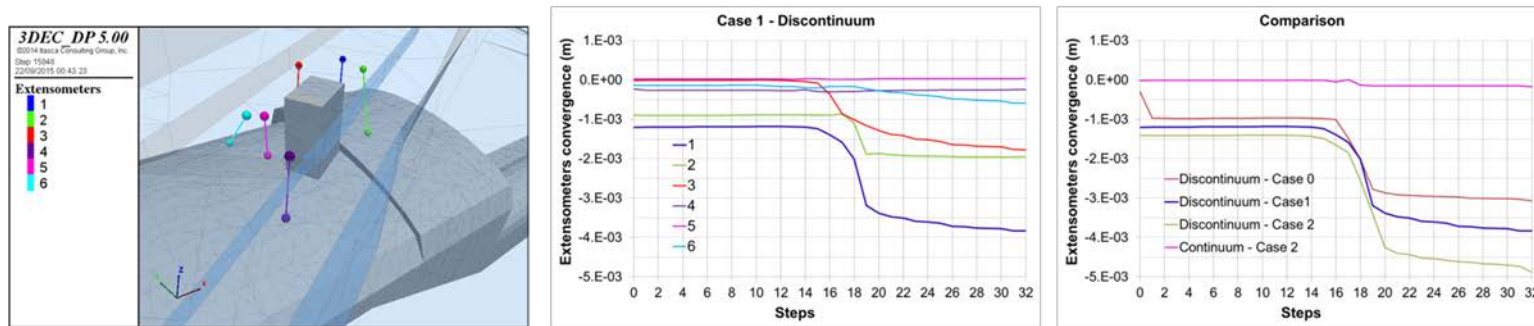


Figure 9. Convergences along virtual extensometers installed between Platform tunnel and upper track.

Slutsatser

- En kontinuum modell i detta fall, med givna indata, klarade inte att återskapa det observerade beteendet av den blockiga bergmassan vid Odenplan.
- Förslag att beräkningar kan/ska genomföras med diskontinuum modeller när den storskaliga stabiliteten domineras av rörelser i en blockig bergmassa.
- Största horisontella huvudspänningen vid Odenplan ligger sannolikt i intervallet 5,7-7,2 MPa vid ett djup på av ca 20 m, vilket verkar stämma bra överens med mätningarna som visar på ett genomsnittligt värde av 8 MPa vid ett djup på 30 m.