

Hallandsås, för- förinjektering (förförisk)

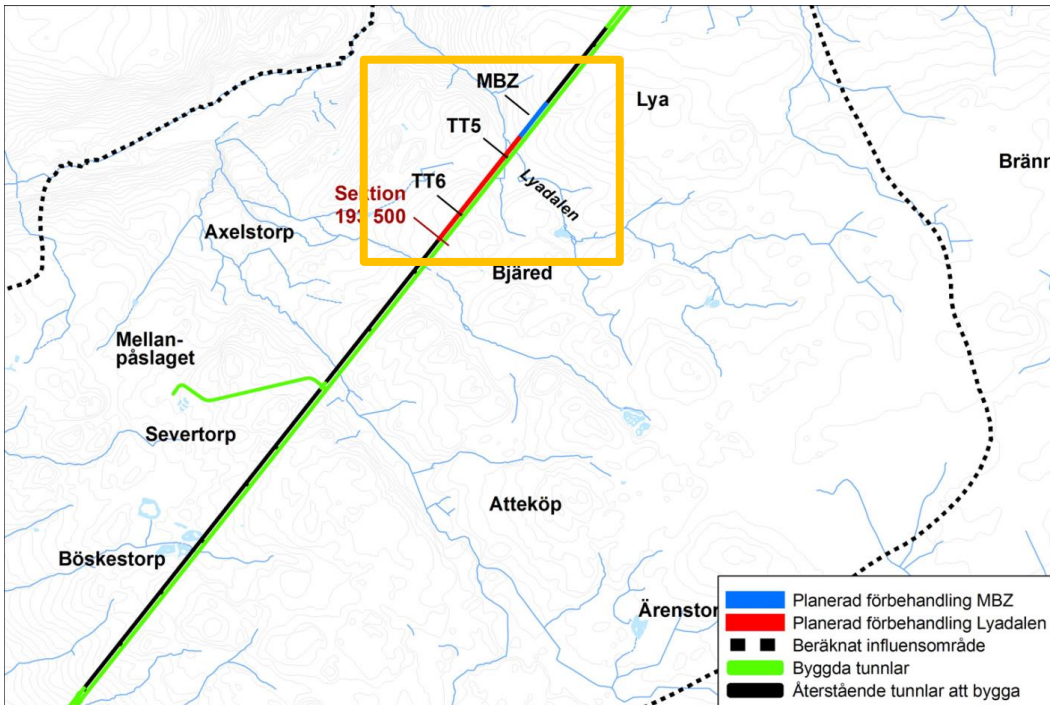
- Långa borrhål, >200 m borraras och injekteras etappvis

Johan Funehag, Chalmers/Tyréns

Nils Granberg, Tyréns

Kenneth Rosell, Jan Hartlén, Trafikverket

Långhålsborrning och injektering

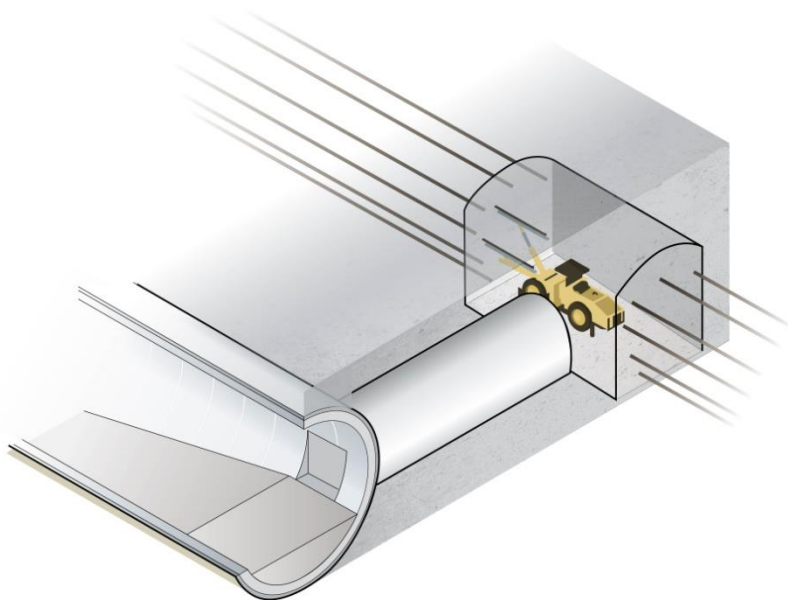


Källa: Trafikverket

- Under borrning av östra röret behövdes det injekteras ofta och mycket (TBM står stilla)
- Borrhål bedöms täta vid <100 l/min
- Läckage på 6000-18000 l/min för en 30 m sträcka, inte ovanligt
- Inte sällan mer än 5000 liter bruk per borrhål, mellan 8-20 borrhål per skärm (40-100 m³ bruk pumpas)
- Det tar tid att pumpa 5000 liter med en pumpkapacitet på 30-50 l/min!!

Långhålsborrning och injektering

Tvärtunnel nr 5 och 6



Källa: Trafikverket

- ca 200m långa borrhål borrades och injekterades åt båda håll från 2 stuffer. Ca 800 m blivande tunnel behandlades.

- Borra-mäta-injektera-observera-mäta-borra-uppdatera....

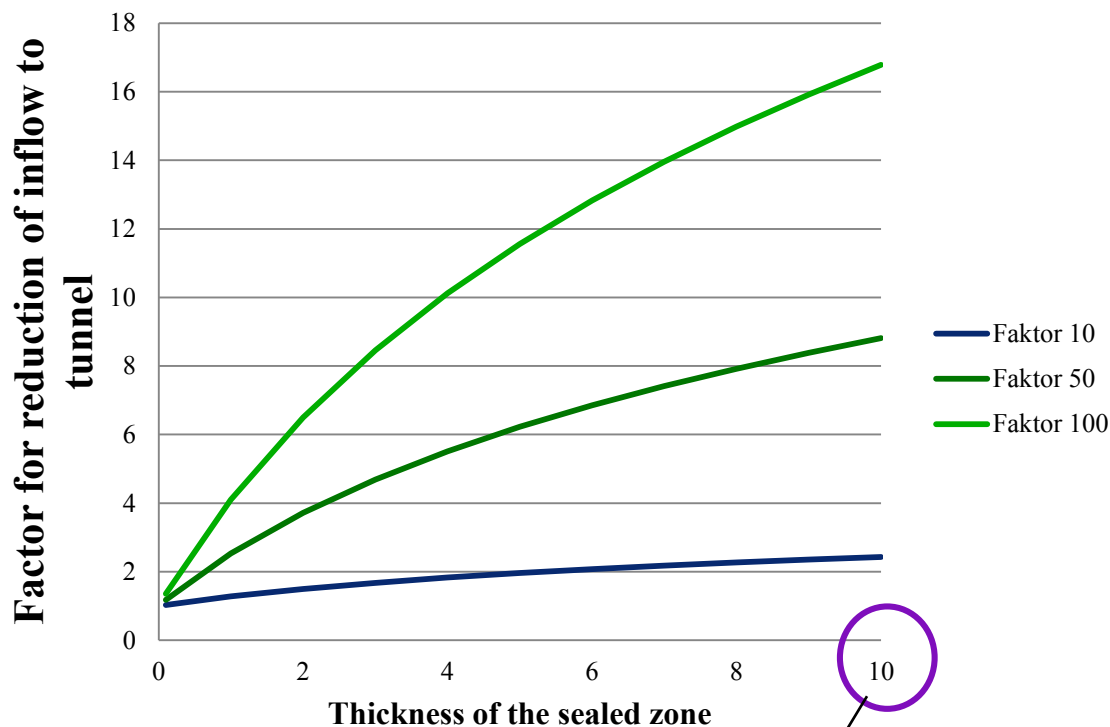
- Borra tills $\sum 480$ l/min eller max 30 m sedan injektera

Resultaten presenteras för de första 120 m för tvärtunnel 6

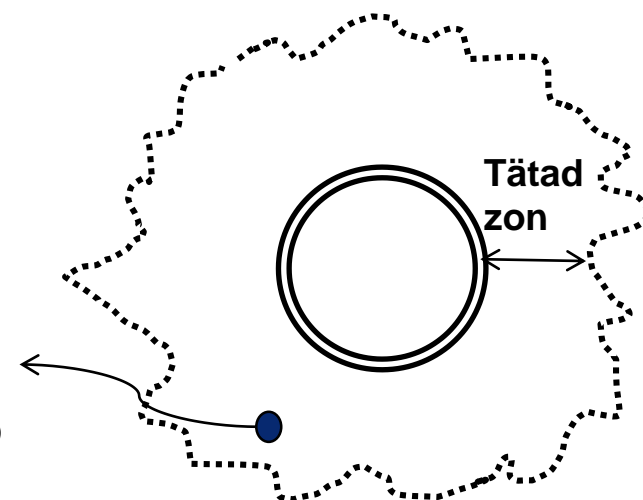
VAD VILLE VI ÅSTADKOMMA, DESIGN

Tätad zon och inläckaget till tunneln

3-D flöde



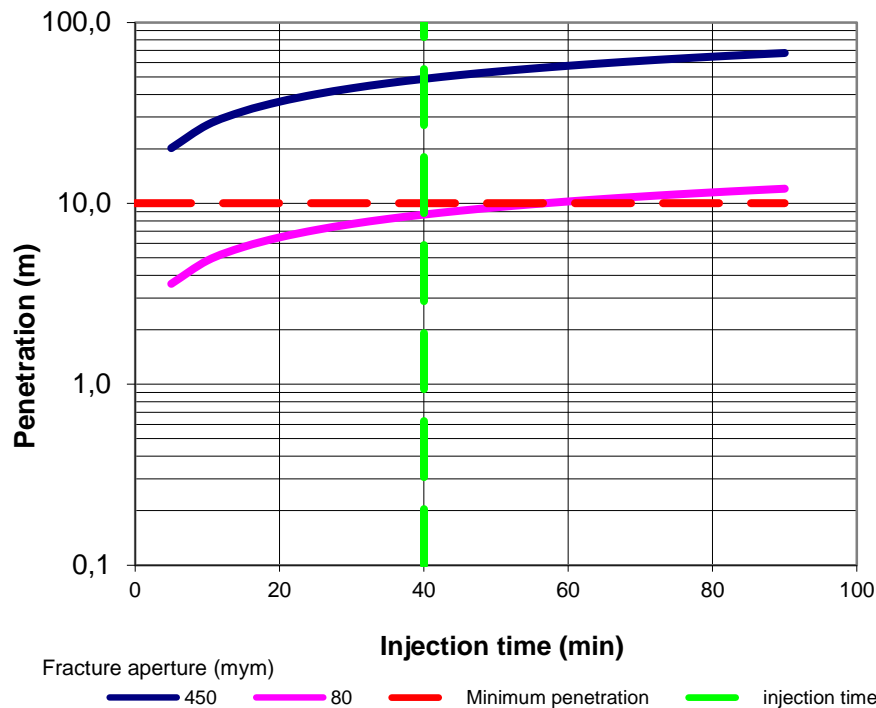
Vi behöver en inträngningslängd, l på minst 10 m!



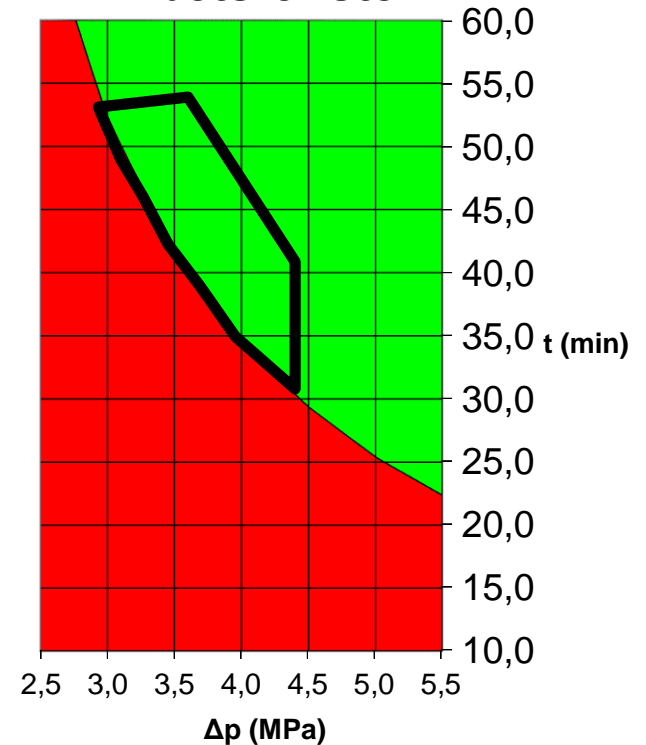
Inläckaget utan injektering=250-350 l/s (15-21m³/min)

VAD VILL VI ÅSTADKOMMA, DESIGN

Hur får vi inträngningslängden?



"Arbetsfönster"



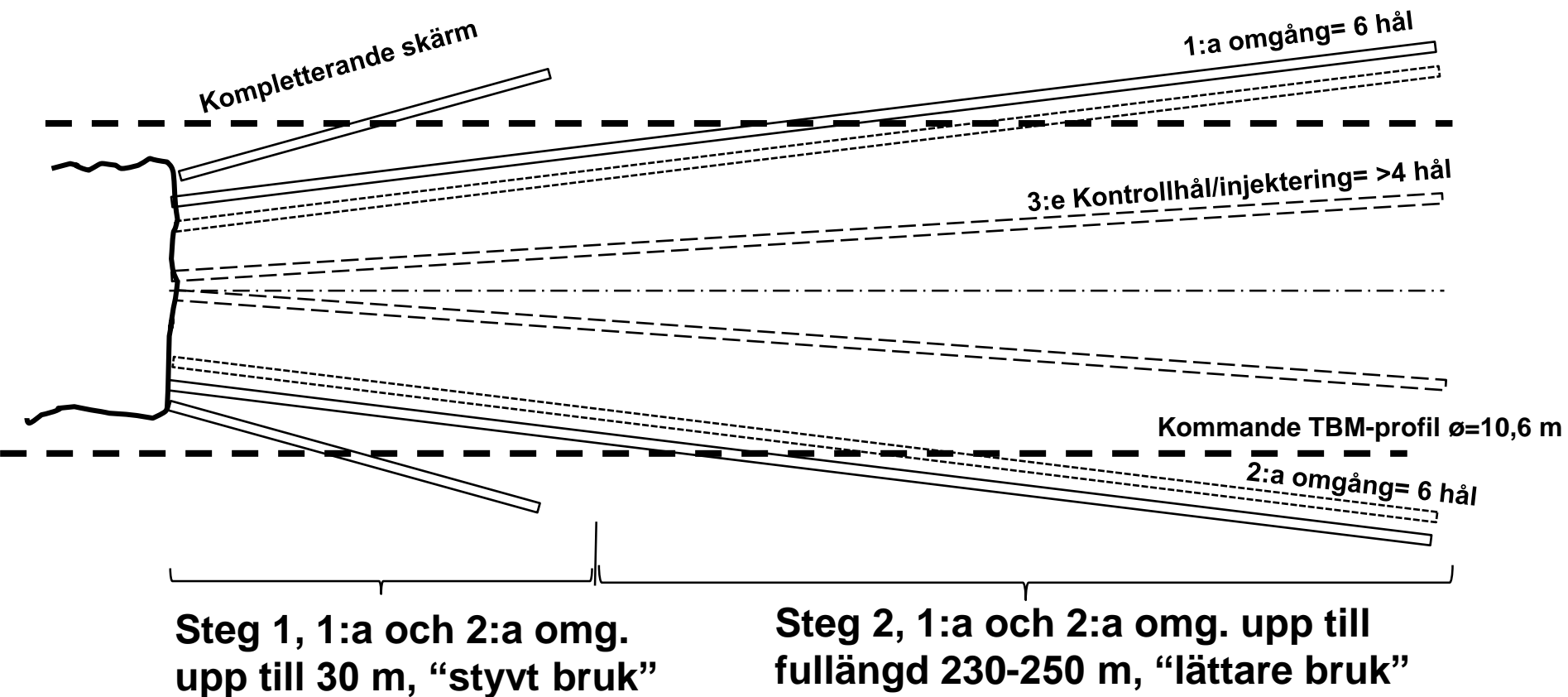
Δp (MPa)

Ref. Axelsson, (2009)

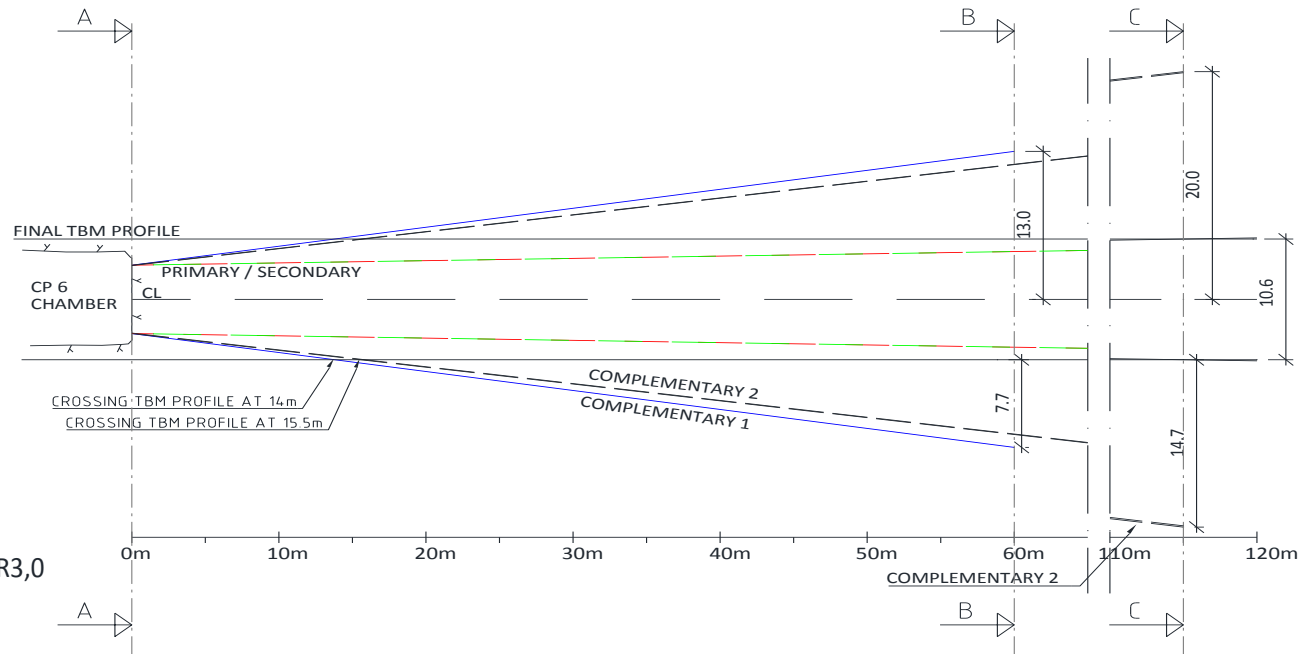
Detta nås med vissa egenskaper på bruket ($\tau_0 = 4 \text{ Pa}$, $\mu = 25 \text{ mPas}$)

Långhålsborrning och injektering

Layout



Borrning



Borrning



- Wassara

- Styrdd
borrning

Bruksegenskaper

Första 0-30 m. Risk för höga hydrauliska gradienter. Mest krut här!!

Typ 1, “Långfil”

$\tau_0=10$ Pa, 10% GroutAid

Typ 2, “Grädde”

$\tau_0= 3-4$ Pa, 5% Groutid

Sedan 30 och framåt. Följde the “Hallandsås way, mer grout!”

↓
Typ 1, “lätt-mjök”

$\tau_0=1$ Pa

↓
Typ 2, “Filmjök”

$\tau_0=4$ Pa med 4% Groutaid

Blandningen gick otroligt fint. En annan sorts blandare av “impeller typ”.

Blanda-mäta, om ej bra, tillsätt mer cement, mer vatten eller groutaid, blanda och tryck! Otroligt stabila värden. Inte riktigt vad man var van vid

- Varför styva bruk, hydraulisk gradient?

Observation of erosion

Tests in plexiglass replica

Width=190 μm

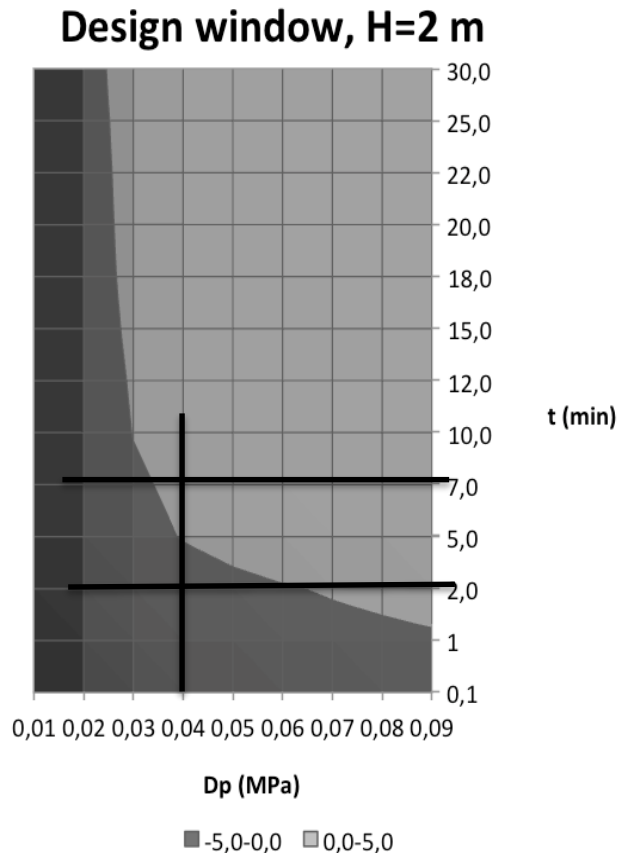
Gradient=0,2 bars

Total pressure=0,6 bars

Outcome

At 2 min, $l=0,35$ m. We should see erosion

At 7 min, $l=0,5$ m. The grout should be stable.



Film; erosion av bruk

Bråk-sprickvidder-injekterad volym- pumptider

Allt hänger i hop!

En lättmjölk går snabbt att pumpa, vid låg pumpkapacitet tar det lång tid att nå tryck och går åt mycket volym.

->Detta ger långa inträngningslängder

En långfil tvärtom, snabbt tryck, mindre volym, kortare tider men kortare inträngningslängd.

-Det finns behov för samtliga tekniker/val-

GENOMFÖRANDE

Steg 1 omgång 1, 6 hål:

- Borra första hålet, max 30 m eller till 480 l/min (ett badkar), börja borra andra hålet.
- Injektera, designtryck 50 bar, tid 40 min, eller max 7 m³
- Injektera andra hålet enligt ovan.
- Borra tredje hålet osv.

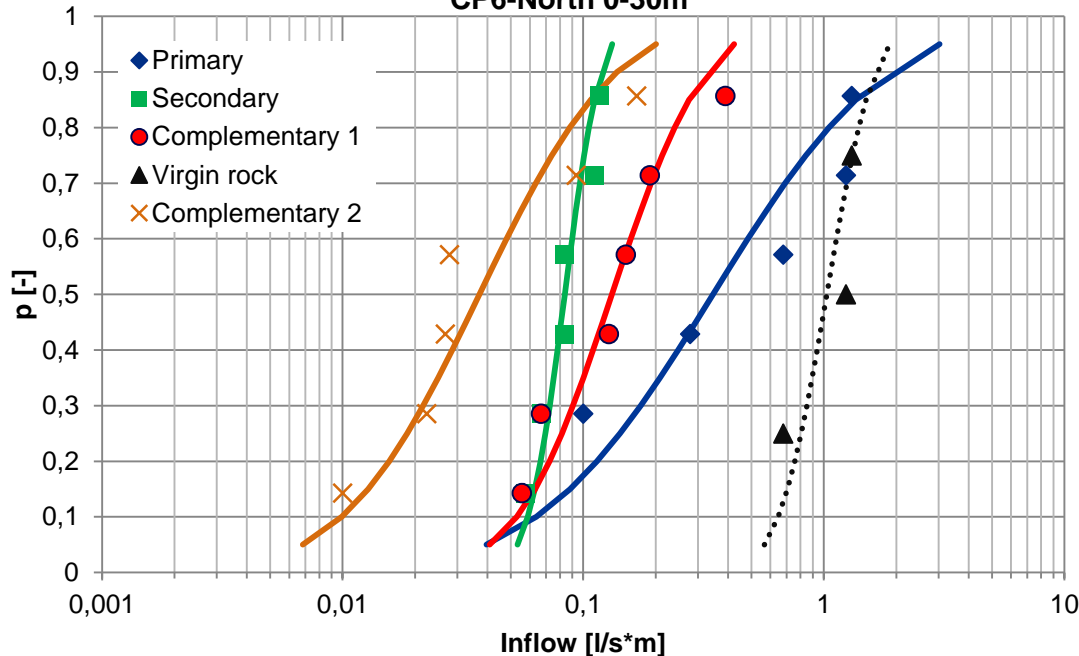
Observationer/Data

- **Flöden innan injektering,**
- Uppnådda tryck,
- erhållna effektiva injekteringstider
- Bruksegenskaper
- Injekterade volymer
- pVt-curves

Utvärdering flöden, tätningsfaktor

Första 30 m norrut

CP6-North 0-30m



Medianflöden från
borrhålen

Jungfruligt= 1l/s*m

Omg 1=0,35 l/s*m

Compl. 1=0,13 l/s

Compl. 2= 0,036 l/s

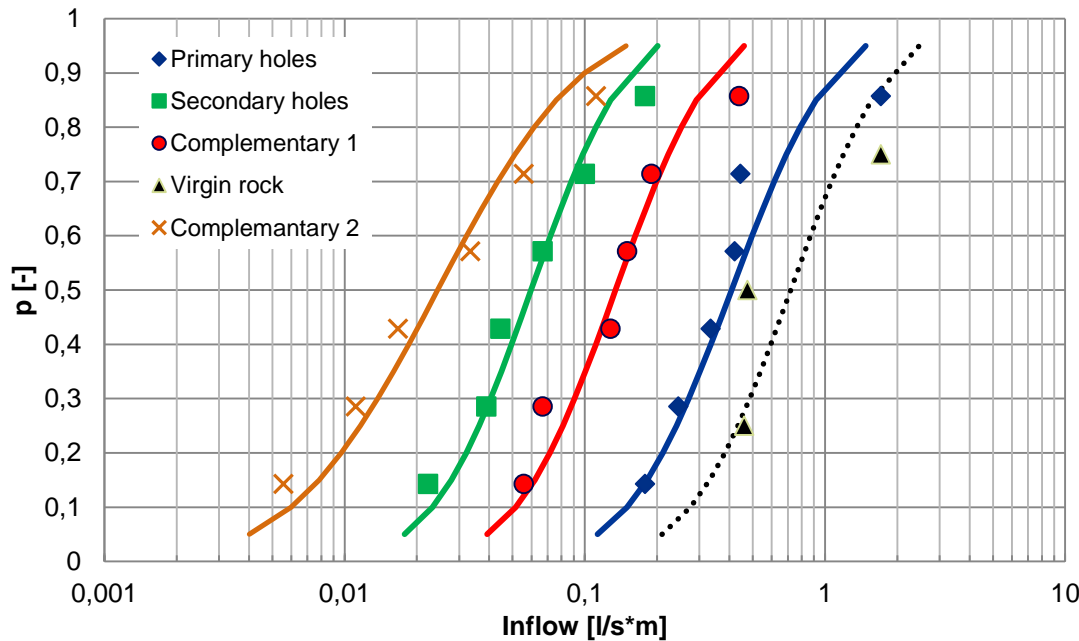
Tätningsfaktor= 1/0,036= 28

Skulle ha en faktor 50!

Utvärdering flöden, tätningsfaktor

Första 30 m söderut

CP6-South 0-30m



Medianflöden från
borrhålen

Jungfruligt= 0,8 l/s*m

Omg 1=0,4 l/s*m

Compl. 1=0,13 l/s

Compl. 2= 0,02 l/s

Tätningsfaktor= $0,8/0,02=$
40

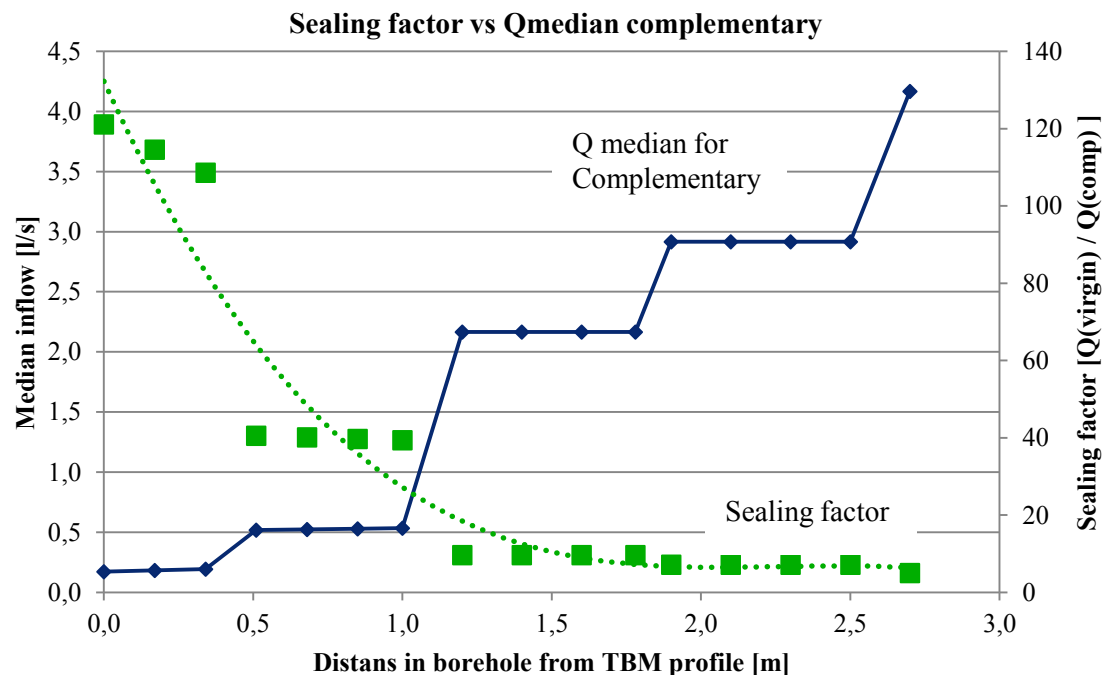
Section	Median inflow virgin rock	Sealing effect of primary fan	Sealing effect of secondary fan	Sealing effect of complementary fan 1	Total sealing effect (virgin rock/tightest fan)
0-30	0.7	11	5	35	35
30-60	2.9	29	4	22	29
60-90	2.4	12	3	-	12
90-115	1.5	11	5	-	11

Vill en tillräcklig tät zon runt kommande TBM.

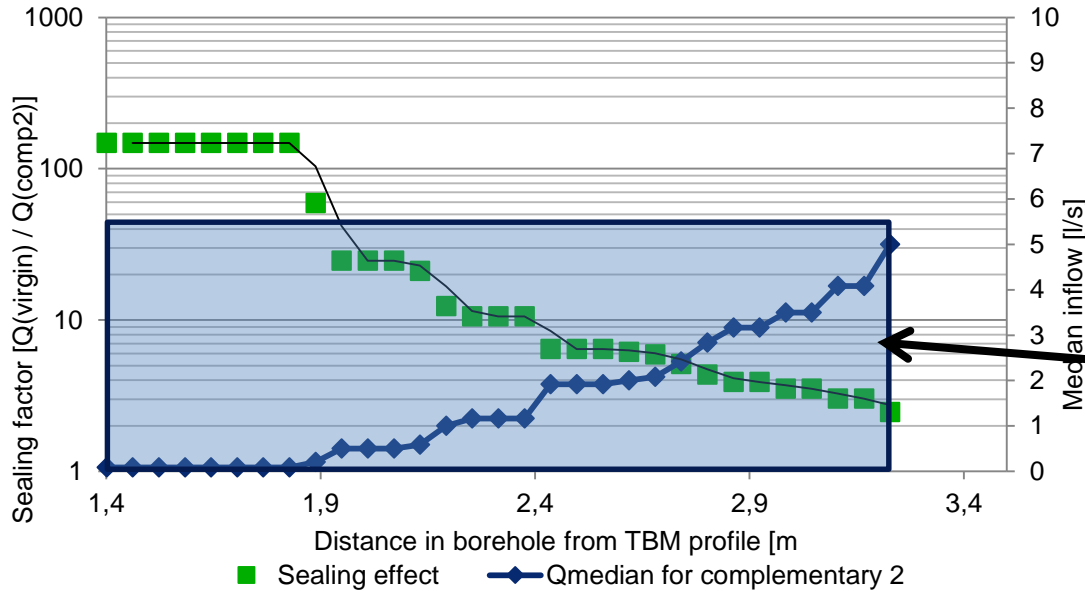
Allt längre in i borrhålen (alltså längre ut från TBM profil) ökar inflödet till borrhålen.

Tätningfaktorn i skärmen tolkad enligt tidigare virgin rock mot compl. skärm nr 2 (den som sticker ut mest från TBM-profil).

Detta ger indikation på volym injikerad bergsmassa samt visar på att en tätad zon är inte ett homogent område.



Sealing factor vs Qmedian complementary nr 2, north 60-90m



Tätheten i den tätade zonen

Arean i diagrammet för tätningsfaktor över påverkansområdet

Section	The end of the borehole reaches out	North		South	
		Sealing factor	Inflow reduction factor	Sealing factor	Inflow reduction factor
0-30	0 m	-	-	-	-
30-60	1.3 m	26	2	22	2
60-90	3.2 m	45	5	43	5
90-115	4.8 m	53	6	25	4

Vad säger analysen om vad vi borde ha klarat

Givet tillgänglig data och beroende på hur man borrar så kan följande sägas

- 0-30m. borde vara väldigt tätt. Tätad zon på randen till TBM:en en faktor på 1000
- 60-90m. Lägre täthet, omkr 20 men med stor utbredning.
- 90-115m. omkr 20-50 och stor utbredning

- Inläckget skall ha reducerats med en faktor 2-6.

Alltså. Prognosticerat inflöde innan injektering var 130 l/s per 100 m. Med den genomförda injekteringen skulle vi nå ett inläckage på ca 21-65 l/s per 100 m. Detta motsvarar 0,5-1,5 l/s per betongring vilket är acceptabelt i projektet.

Vad blev det i verkligheten



TACK för uppmärksamheten!

**Och tack till Trafikverket och
SkanskaVinci**