



PÅLKOMMISSIONEN
Commission on Pile Research

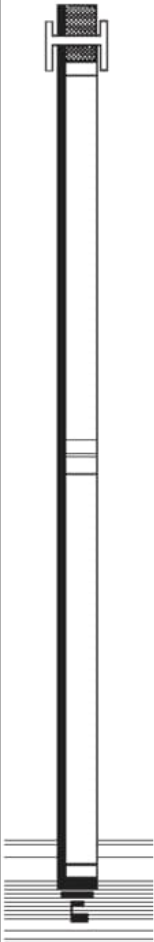
Samverkanspålar av stål & betong

Anvisningar för dimensionering av betongfyllda stålrörspålar

*Håkan Karlsson
Simon Håkansson
Fredrik Sarvell*

STOCKHOLM 2022

Rapport 108





Håkan Karlsson
Skanska Teknik
Anläggning och Geoteknik
Geogruppen Stockholm

Specialist
Geoteknik/Geokonstruktioner



Simon Håkansson
ELU Konsult
Geoteknik Göteborg

vAC, Uppdragsledare/ Specialist
Geokonstruktioner.

Varför en rapport om samverkanspålar?

- Spretande beräkningar från alla aktörer
- Gruppsammansättning (Pålkommisionens projekt)
Håkan Karlsson Skanska*, Simon Håkansson ELU, Fredrik Sarvell Ruukki**,***,
Björn Nyblad BTB*,***, ~~Andreas Hansson Hercules*,***~~
- Tolkning av Eurocode 1994
- Focus på gemensamt synsätt
- Gemensam beräkningsmodell
- Status: 95 % klar – till remiss ref.grupp inom snar framtid...

Sedan starten senhösten 2014:

- *) Föräldralediga ca 6 mån
- **) Bytt arbetsgivare 3 ggr
- ***) Startat egen verksamhet

Avgränsningar

- Betongfyllda cirkulära stålrör med eller utan ingjutna stålelement
- Betongens hållfasthetsklass begränsas till C20/25 och högre samt till C60/75 och lägre.
- Stålets hållfasthetsklass begränsas till max S460
- Huvudfokus har varit pålar med analytisk beräkningsmodell för knäckning.

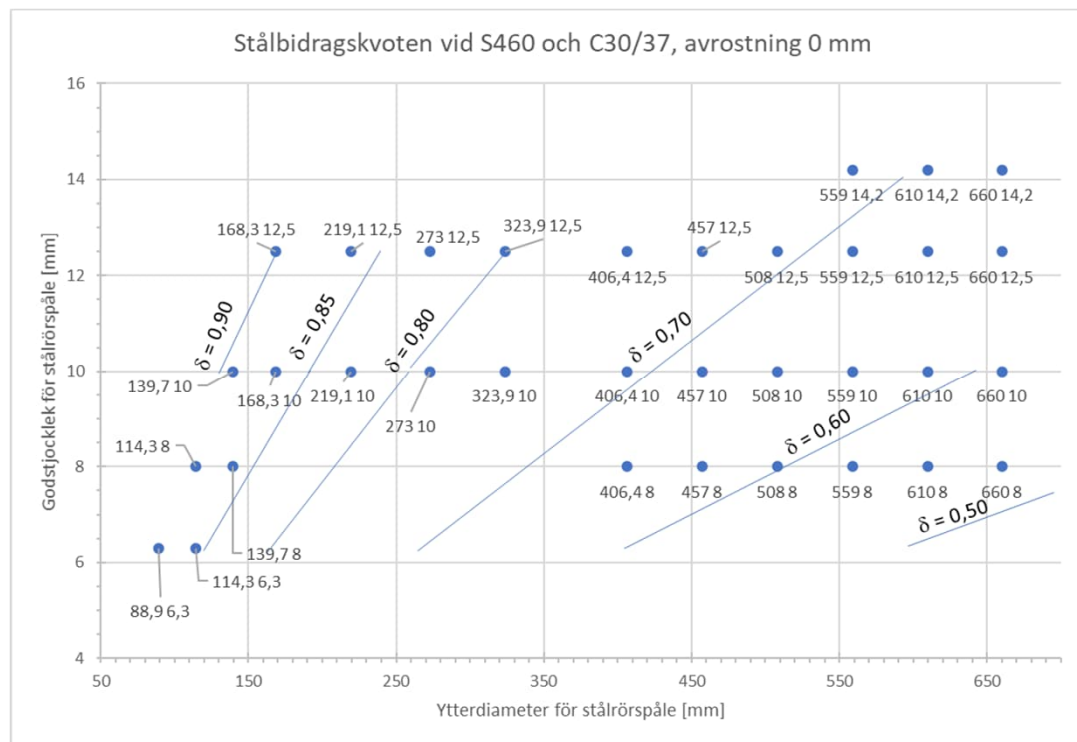
Dimensioneringsförutsättningar - Stålbidragskvoten

När kan det räknas som en samverkanspåle? - I princip alltid!

$$0,2 < \delta < 0,9$$

$$\delta = \frac{A_a f_{yd}}{N_{pl,Rd}}$$

$$N_{pl,Rd} = A_a f_{yd} + 1,0 A_c f_{cd} + A_s f_{sd}$$



$\delta > 0,9 =$
stålpåle

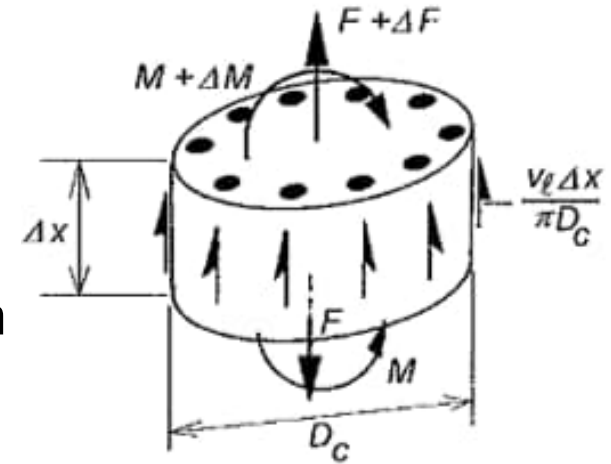
$\delta < 0,2 =$
betongpåle

Obs! kontrollera
för hela
livslängden
(rostmån)

Dimensioneringsförutsättningar

Vidhäftning

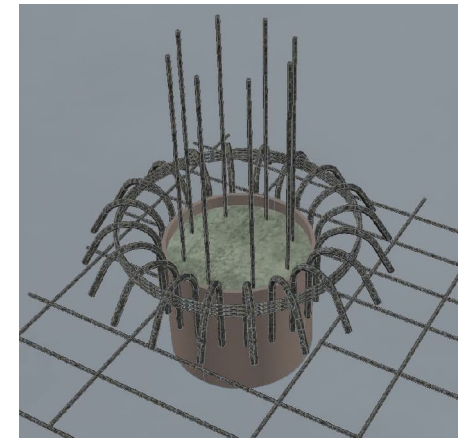
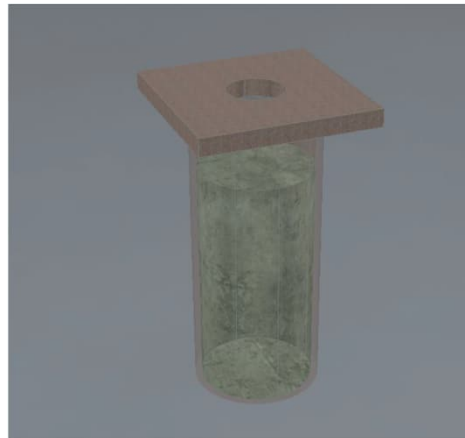
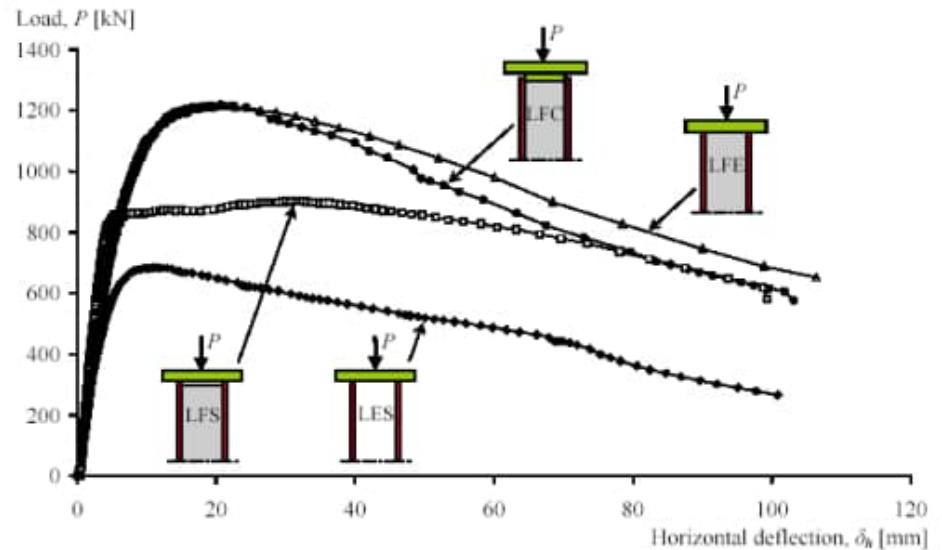
- Endast den autogena krympningen äger rum i ett slutet betongfyllt rör
- Den radiella krympningen överträffas av den laterala expansionen hos tryckt betong och därför erhålles erforderlig vidhäftning
- I dubbel symmetriska ståltvärnsnitt med innesluten betong blir det inga skjuvspänningar så länge betongen är osprucken. I de flesta fall vid tryckta stålrörspålar är hela tvärsnittet tryckt och därmed spricker inte betongen.
- **Slutsatsen** är att man normalt inte behöver använda skjuvförbindare (studs) för att få samverkan i rörpålar.



Lastinföring vid topp

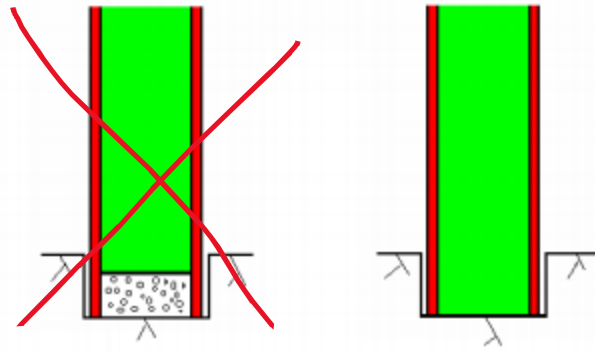
För att få nyttja full samverkan krävs en särskild åtgärd i påltopp för att lastinföring sker både till betongen och stålet

Efterinjektering för att få full samverkan

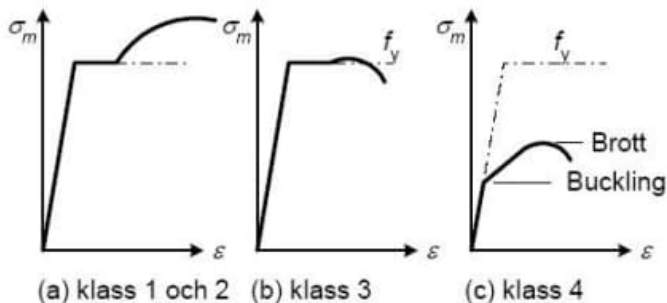


lastinföring vid fot

- Rengör mot berg för full samverkan!
- Kontroll med kamera
- Urspolning med direkt efterföljande igjutning



Tvärsnittsklasser



Slankhetsklass och namn	1 Plastisk	2 Kompakt	3 Semi-kompakt	4 slank
Metod för global analys (bestämning av snittskrafter)	Plastisk	Elastisk	Elastisk	Elastisk
Tvärsnittsanalys (bestämning av bärförmåga)	Plastisk	Plastisk	Elastisk	Elastisk

Det rekommenderas inte att man hamnar i tvärsnittsklass 4! Det ger då instabilitet (på grund av slankhet, lokal buckling) och ytterligare instabilitet (på grund av utböjning med andra ordningens effekter, knäckning) - Analytisk beräkningsmetod ej tillämpbar.

OBS! Effektiva tvärsnitt över teknisk livslängd (mht rostmån):

$$TK1 \quad \frac{d}{t} \leq 50 \cdot \frac{235}{f_y}$$

$$TK2 \quad \frac{d}{t} \leq 70 \cdot \frac{235}{f_y}$$

$$TK3 \quad \frac{d}{t} \leq 90 \cdot \frac{235}{f_y}$$

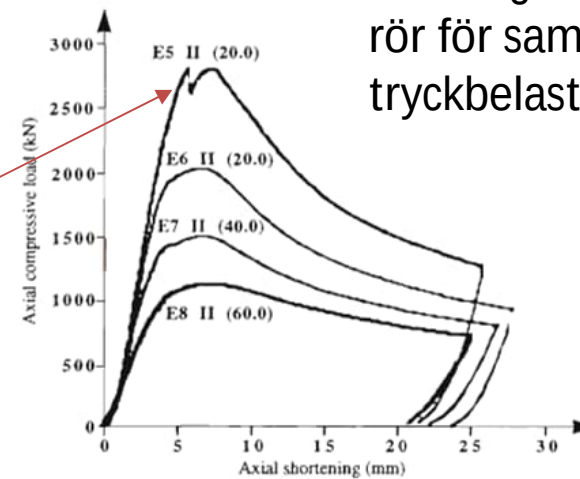
$$TK4 \quad \frac{d}{t} > 90 \cdot \frac{235}{f_y}$$



Tvärsnittsklasser, forts



Buckling utåt i ofyllda rör !
Fv. Oskarvad, bra svetsskarv,
dålig, mkt dålig



Buckling utåt i fyllda
rör för samtida böj- och
tryckbelastning

Samverkanstvärnsnitt med semiplastisk kapacitet

$$EI_a = K_0 E_a I_a$$

$$EI_{eff} = K_0 (E_a I_a + K_{e.II} E_{cd,eff} I_c)$$

Kalibreringsfaktor $K_0 = 0,9$

Korrektionsfaktor $K_{e.I} = 0,6$ $K_{e.II} = 0,5$

$$\eta = \frac{W_{pl.a}}{W_{el.a}} \leq 1,25$$

$$\left(\frac{W_{pl.a}}{W_{el.a}} \right) \approx (1,28 - 1,35)$$

$$W_{el.sc} = \frac{I_a}{d_{y.a,eff} / 2}$$

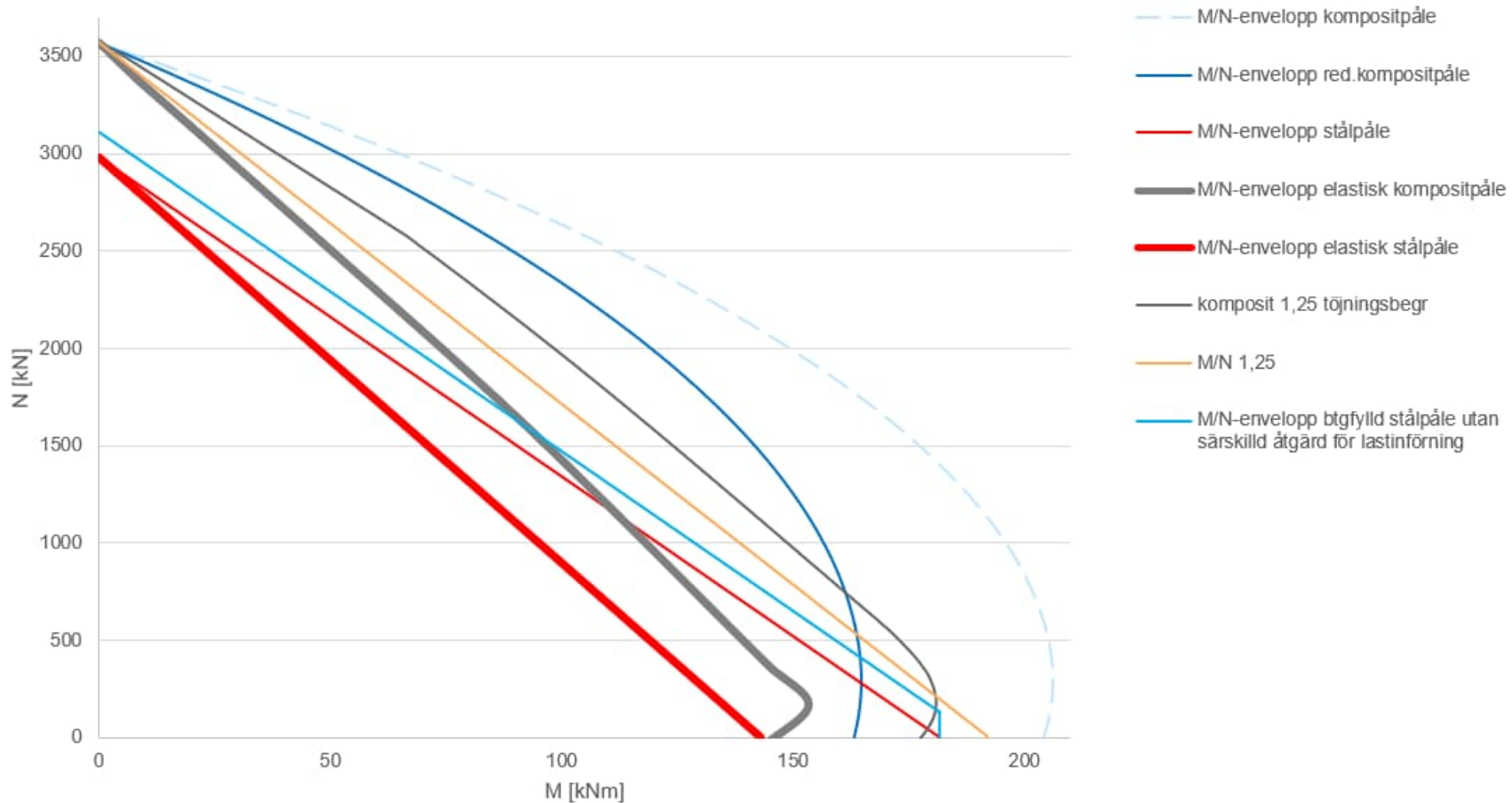
$$W_{el.sc} = \frac{I_a + I_c \frac{E_{cd,eff}}{E_a} K_0 K_{e.II}}{d_{y.a,eff} / 2}$$

$$M_{Rd.a} = \eta W_{el.a} f_{yd}$$

$$M_{Rd.sc} = \eta W_{el.sc} f_{yd}$$

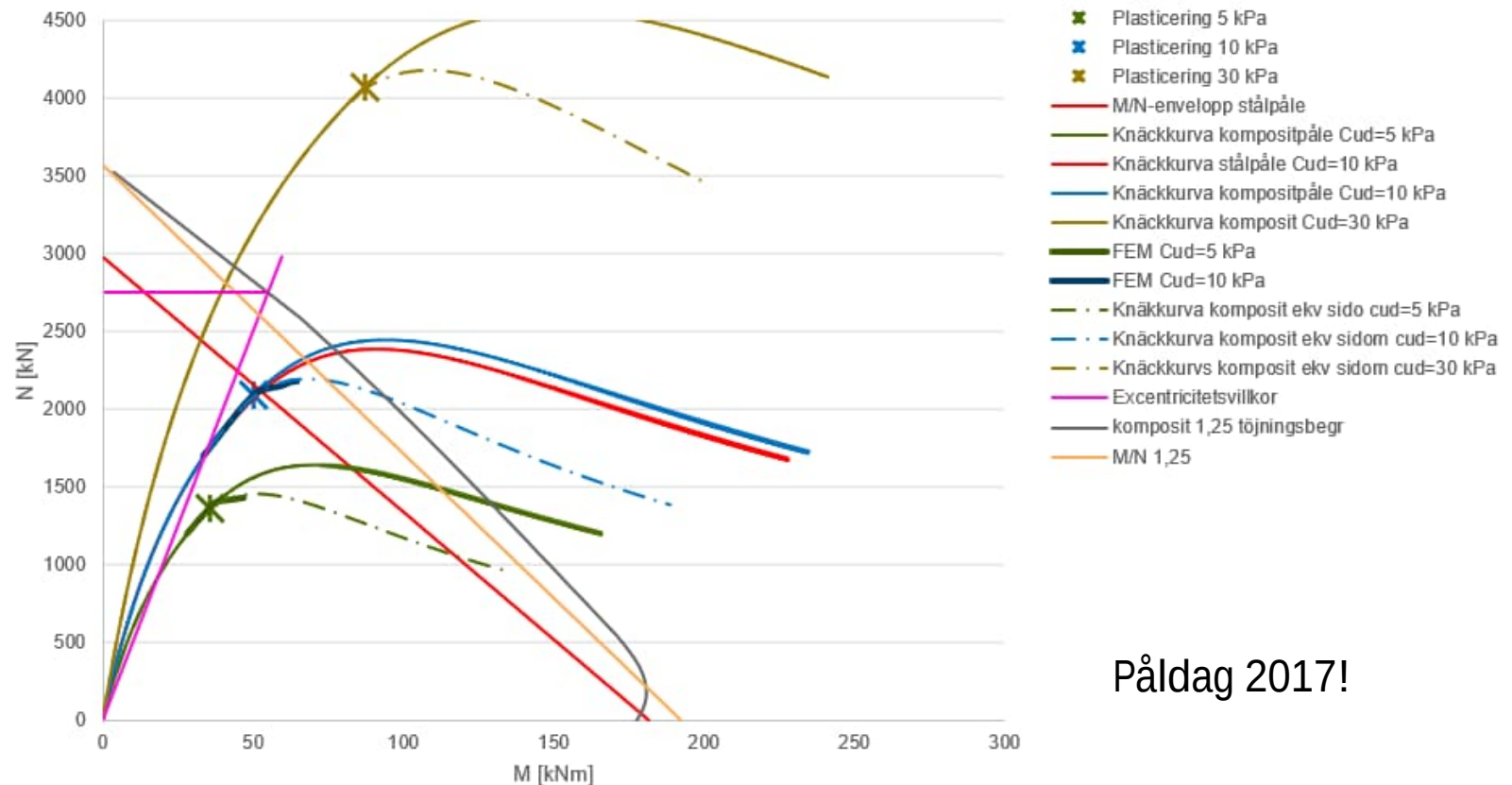
Samverkanpålens olika brottenvelopper

Samverkanspåle (komposit) stål och betong enligt Eurocode 4 ULS
 $\phi 219,1 \times 12,5$ S460MH+C30/35 rostmån 2,4 mm, 85% långtidslast, en skarv per knäcklängd



Sidomotstånd (ekv. sidomotstånd VS ekv. arbete)

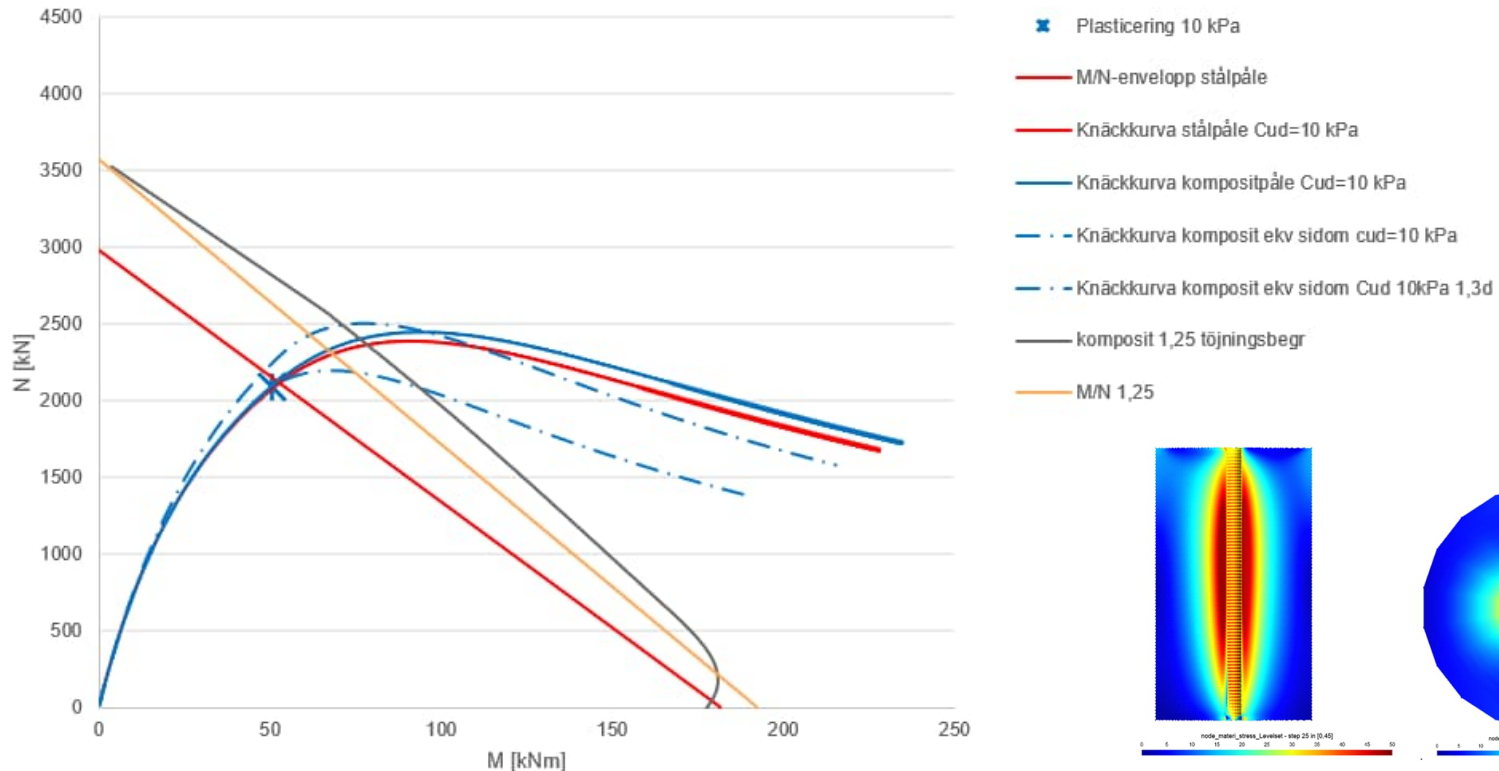
Samverkanspåle (komposit) stål och betong enligt Eurocode 4 ULS
 $\phi 219,1 \times 12,5$ S460MH+C30/35 rostmån 2,4 mm, 85% långtidslast, en skarv per knäcklängd



Påldag 2017!

PÅLKOMMISSIONEN

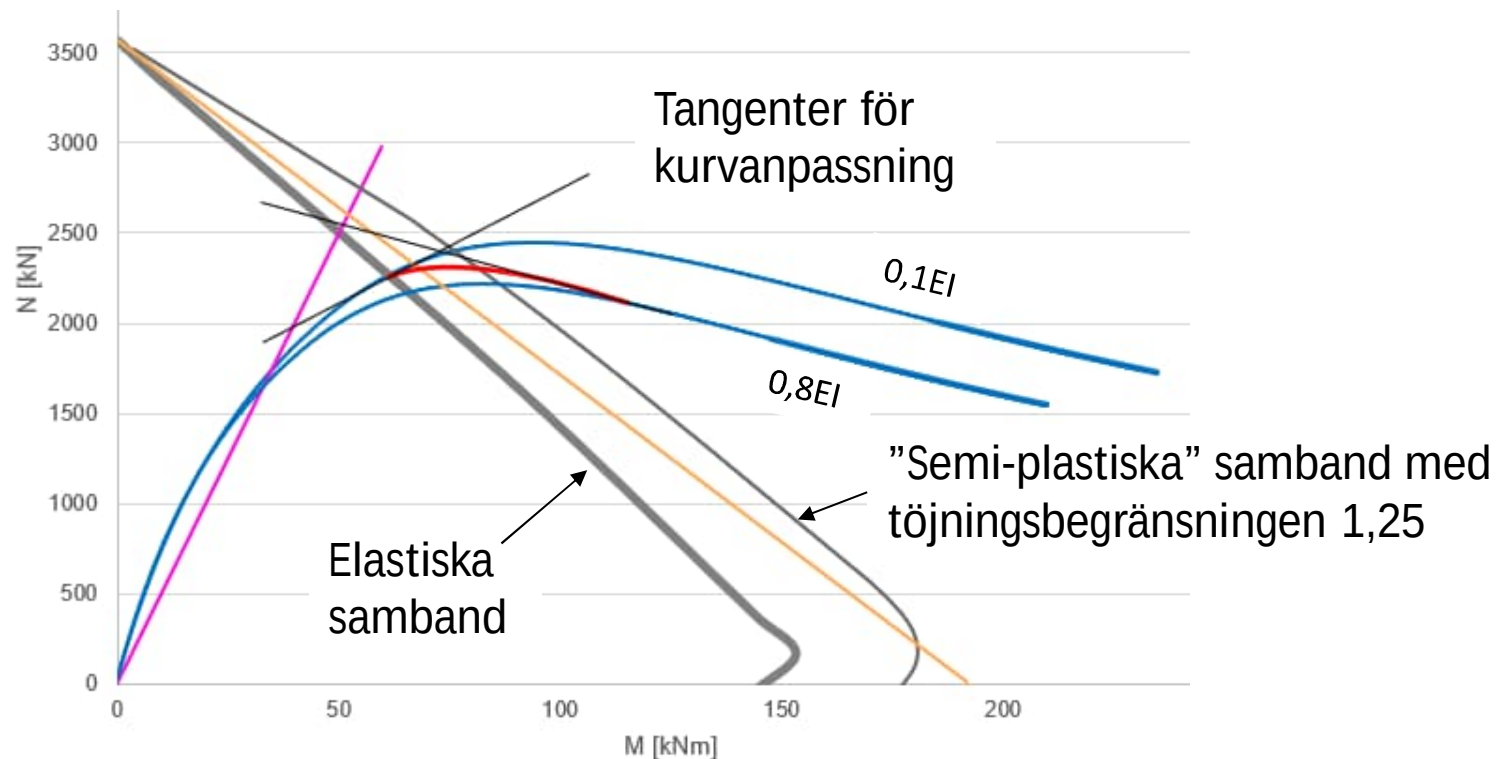
Samverkanspåle (komposit) stål och betong enligt Eurocode 4 ULS
 $\phi 219,1 \times 12,5$ S460MH+C30/35 rostmän 2,4 mm, 85% långtidslast, en skarv per knäcklängd



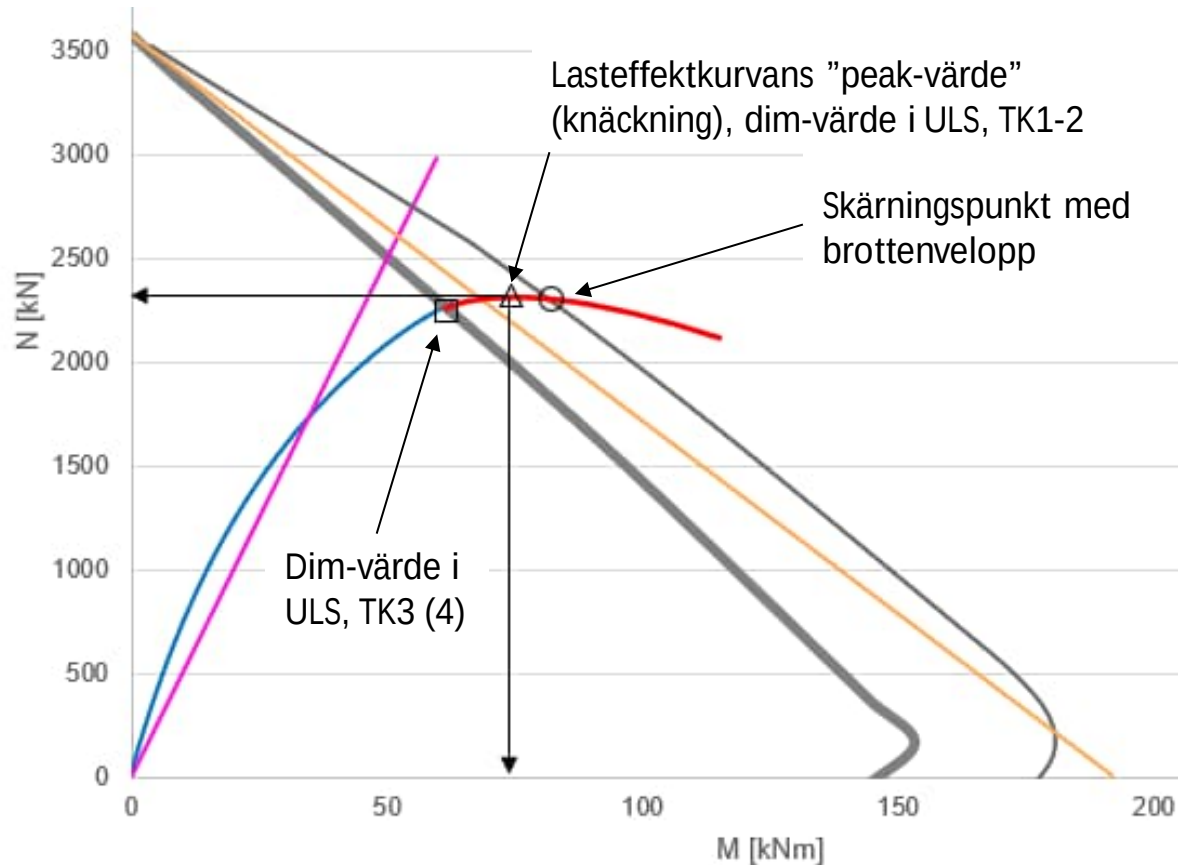
Lasteffektkurvor beräknade med ekvivalent sidomotstånd (punktsträckade linjer). Det konstateras att ekvivalent arbetskurva (utan ökning av jordens motstånd mot diametern då jorden plasticerar) bör kunna användas.

Övergångskurvor

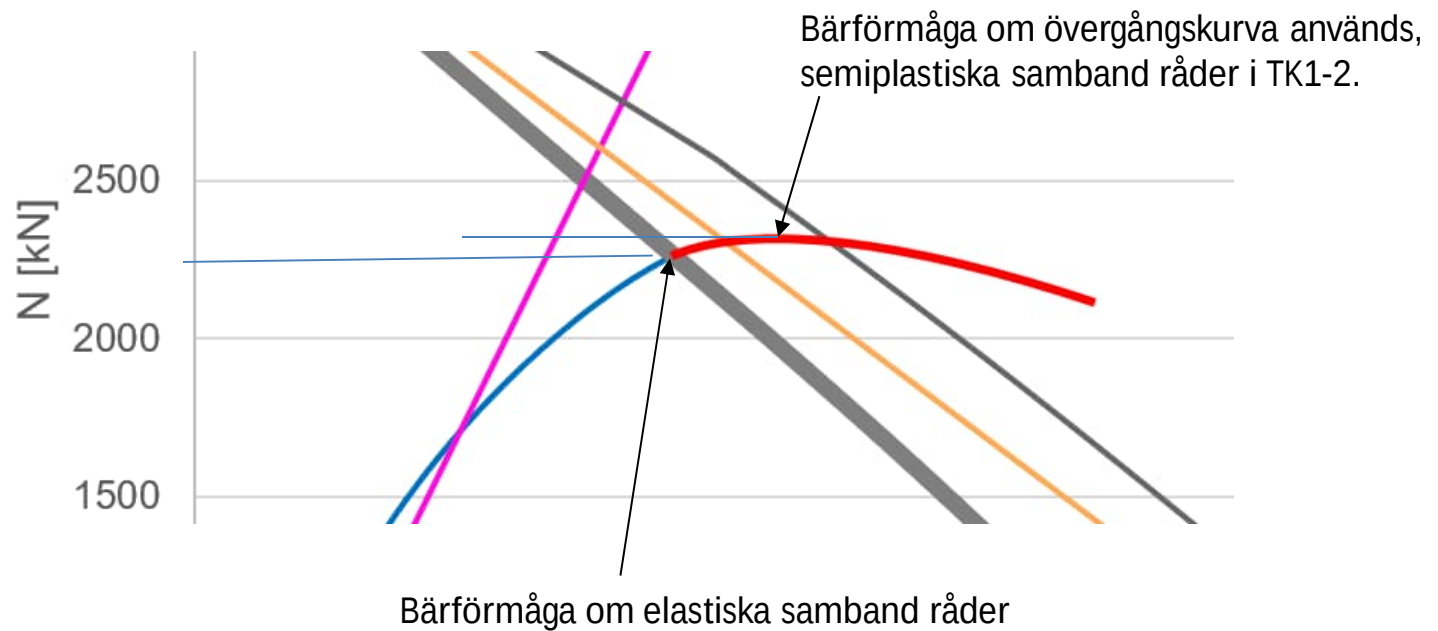
För att kunna nyttja full samverkan mellan stål och betong för pålar krävs en övergångskurva för lasteffekten (knäckning) mellan $1,0EI$ och $0,8EI$. Detta för att förenklat ta hänsyn till effekten av förändrad EI då påltvärsnittet börjar plasticera för töjningsbegränsningen 1,25 ($1/1,25=0,8$).



Samverkanpåls konstruktiva bärförmåga

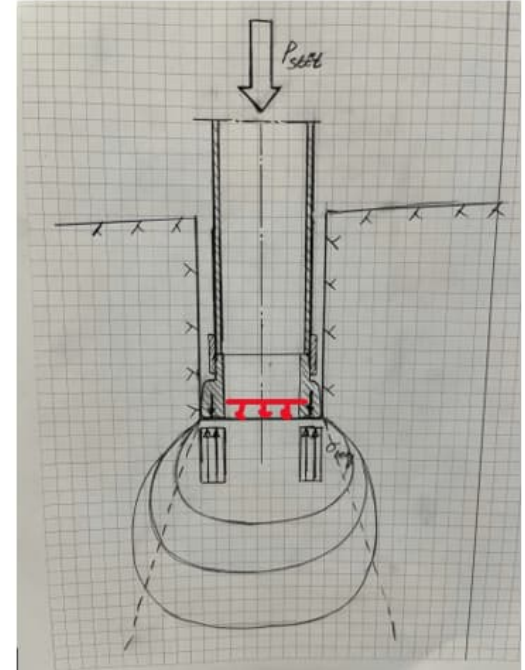


Samverkanpålens konstruktiva bärförmåga



Geoteknisk bärförmåga

- Verifiering av pålens geotekniska bärförmåga görs genom stötvågsmätning på stålröret. Eftersom den mobiliserade spänningen mellan röret och berget är mycket högre så kan man anta att betongens bidrag till bärförmåga också kan tillgodoräknas då denna spänning är mycket lägre. Därav behöver man inte stötvågsmäta med betongfyllt rör.
- Om stötvågsmätning görs på betongfyllt rör kan inte konstruktiv samverkan mellan betong och stål tillgodoräknas.
- Statisk provbelastning bör dock kunna ske utan negativ påverkan på konstruktiv samverkan.



OBS!

- Stoppslagning av alla pålar med erforderlig energimängd
- Inbörningslängd i lutande bergyta.