

LUFTPARTIKLER  
STØJ

DECIBEL

ZEILE 2

FREKVENSKURVER

VARSLINGSBREVE

KILDESTYRKER

DRONEFLYVNING

VEJRSTATION

STATIC LOAD PLATE

KLAGEHÅNTERING

FOTOREGISTRERING

ANALYSE

C12

FREKVENSKURVER

# ***FLEKSIBEL OG ENGAGERET RÅDGIVNING GENNEM HELE PROJEKTET***

VIBRATIONER

TEMPERATUR

GEOTEKNIK

INFRALYD

DIN-4150

ZEILE 1

MINIFALDLOD

PIT

HASTIGHEDSMÅLING

RAPPORTERING

PILE DRIVING ANALYSER

SÆTNINGSSKADE

PDA

INSPEKTIONER

ENGAGERET

MÅLING

METEROLOGI

VOLUME BEREGNING

STANDARDE

EKSPERTVIDEN

ZEILE 3

CAPWAP

S50

PILE TEST

KOMFORTMÅLING

MONITERING

CSL

SPEED RADAR

PÅLIDLIG OG TROVÆRDIG RÅDGIVNING

CROSS SONIC LOGNING

V12

KONTINUERLIG

PILE INTEGRITY TEST

C22  
RÅDGIVNING

**IN-SITU**  
CONSULT 

TIP



# Ole Weel Jensen

Baggrund:

Civilingeniør, Teknisk Geologi, 2006

IN-SITU Consult 2021 til i dag

Geoteknisk dokumentation

Indsamling af feltdata

Monitorering og analyse

PAA – Fundering: 2021

SWECO: 2016 – 2021

GEO - 2006 – 2016



# Test af pæle

## Måling og analyse i forbindelse med pælefundering

Metodevalg:

Integritet

Rammede pæle

Støbte pæle

Bæreevne

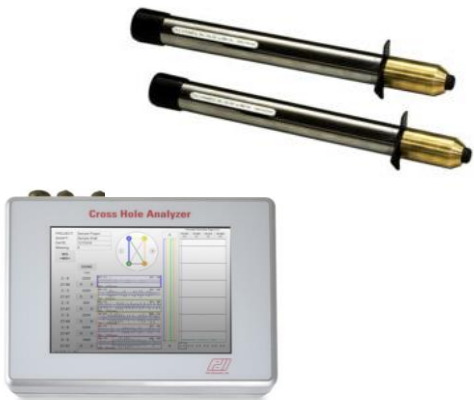
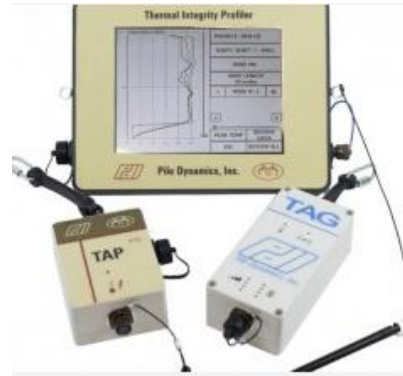
Rammede pæle

Støbte pæle



# Integritetsmålinger:

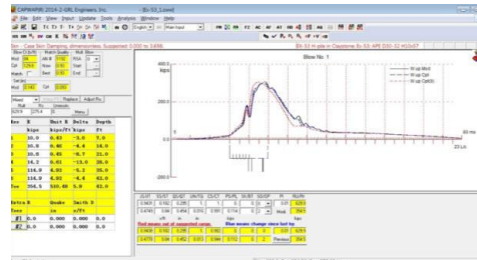
- Stødbølgemålinger
  1. Pile Integrity Test – “PIT Metode” (Low strain)
  2. Pile Driving Analyzer – PDA Metode (High strain)
- Thermal Integrity Profiling – TIP Metode
- Crosshole Sonic Logging – CSL metode





# Bæreevnmålinger:

- Efterramning – Rapid Load Test
- Stødbølgemålinger (High strain, PDA)
  1. CASE Analyse
  2. CAPWAP-Analyse
- Statisk belastningsforsøg
  1. ved Ballast/Modhold
  2. ved Osterberg-Cell (Bi-directional loadcell)



## Pile Integrity Test – “PIT Metode” (Low strain dynamic test)



Udstyr: Hammer og Geofon samt dataopsamling

Kræver adgang til pæletop samt intakt beton ved pæletop

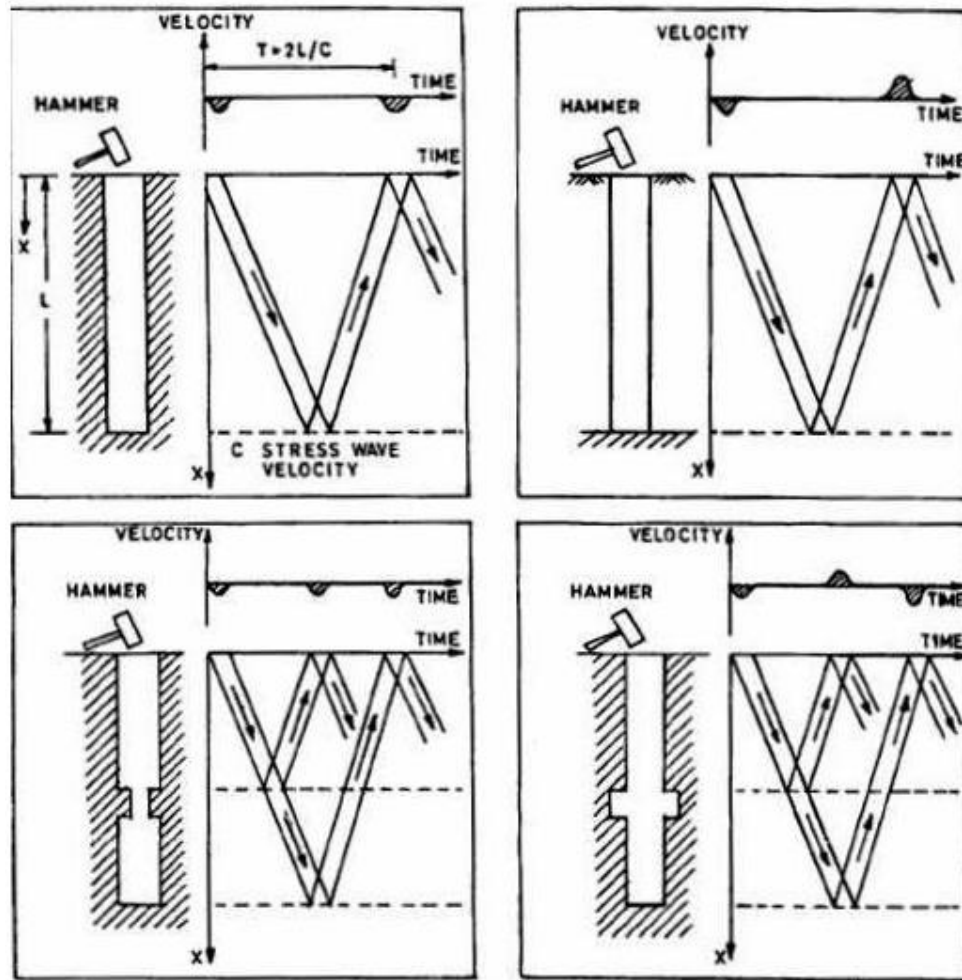
En impuls genereres på pælen, som transmitteres og reflekteres gennem pælematerialet.

Software analyserer signalets hastighed og amplitude for at identificere eventuelle afvigelser eller defekter i pælen

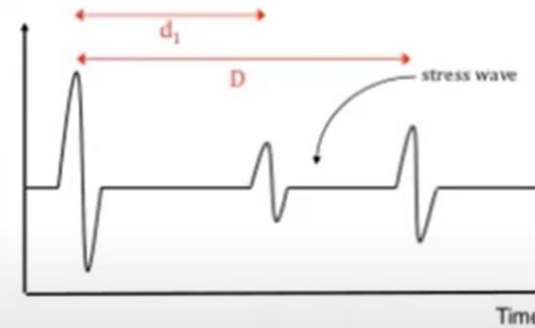
Nem og værdifuld metode til at vurdere den strukturelle integritet af både støbte og rammede pæle

Ikke egnet til lange pæle

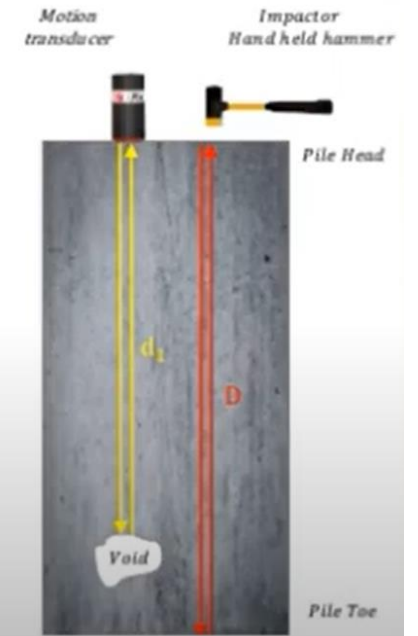
# Pile Integrity Test – “PIT Metode” (Low strain dynamic test)



## The Theory

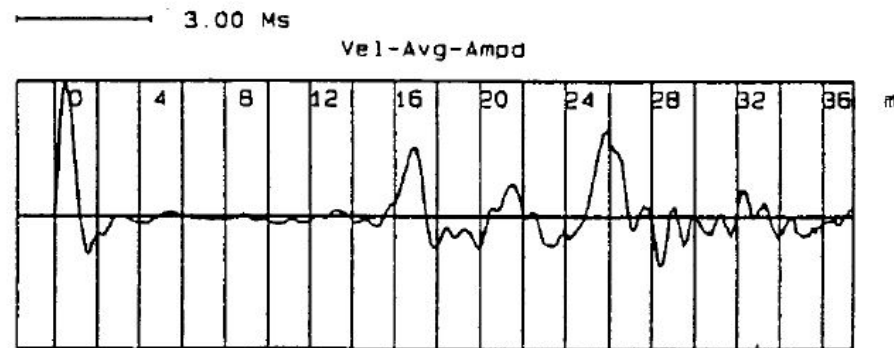
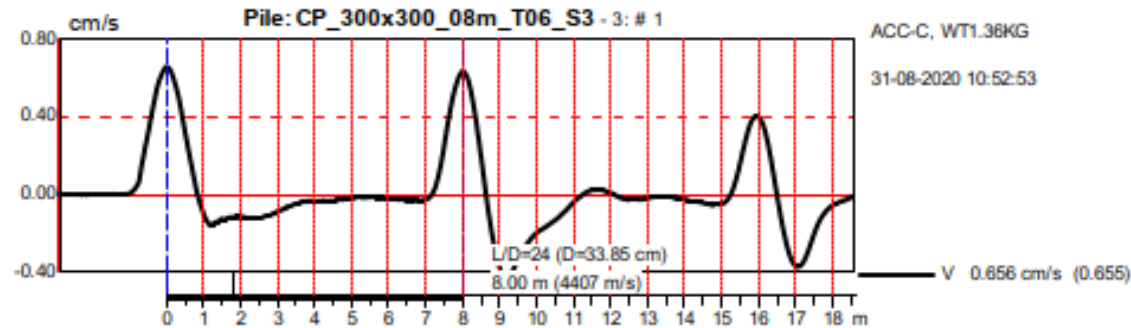


$$d_1 = \frac{1}{2} V \cdot \Delta t_1 \quad D = \frac{1}{2} V \cdot \Delta t$$



# Pile Integrity Test – “PIT Metode” (Low strain dynamic test)

IN-SITU Consult ApS  
CP\_300x300\_08m\_T06\_S3  
I:\...\CP\_300x300\_08m\_T06\_S3\CP\_300x300\_08m\_T06\_S3.PIT  
22-05-2023  
PIT-W 2009-2



DAMAGE ↗

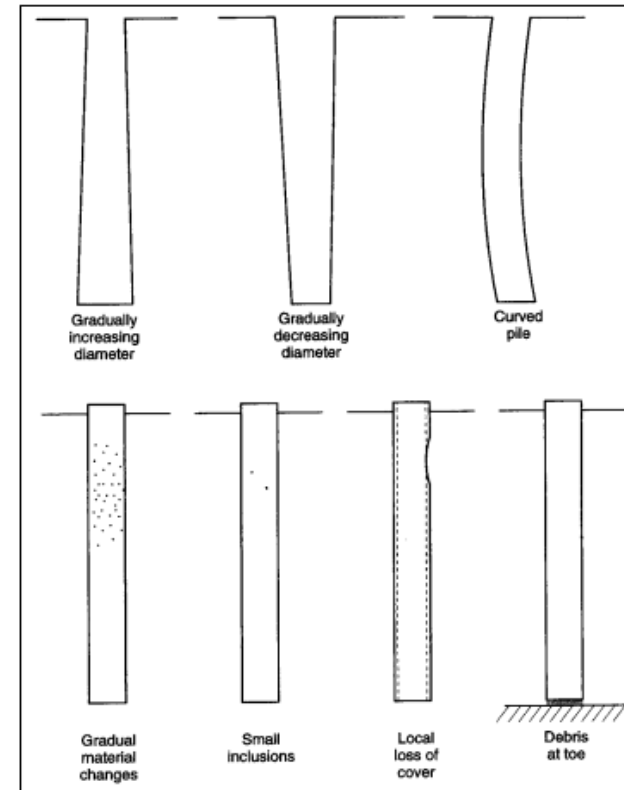
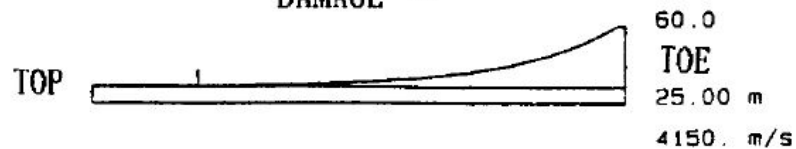


Figure 1: Defects not detectable by Pile Integrity Test (Turner, 1997)



# Thermal Integrity Profiling – “TIP Metode”

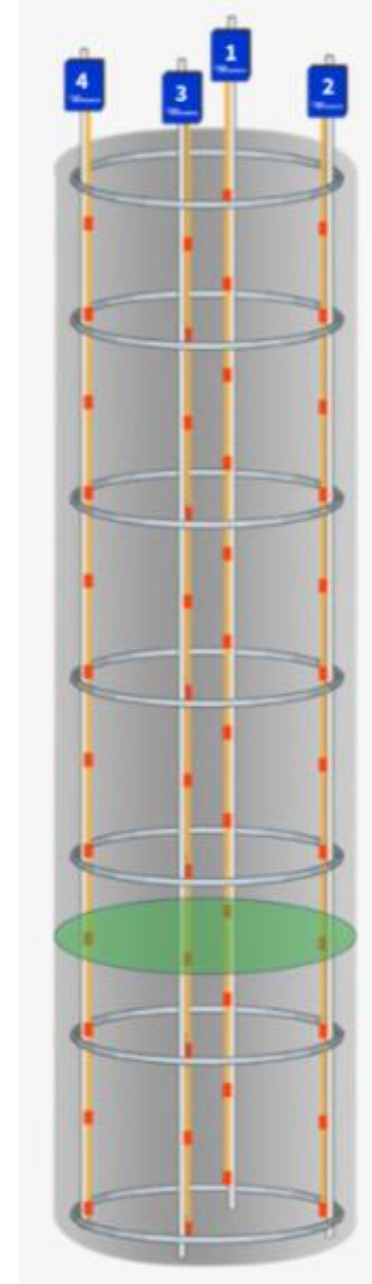


Udstyr: Termiske sensorer indstøbes i pælen. Løbende dataopsamling

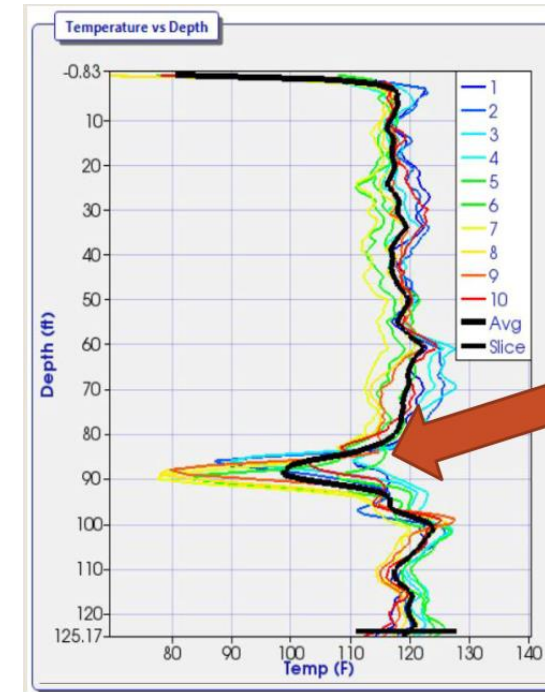
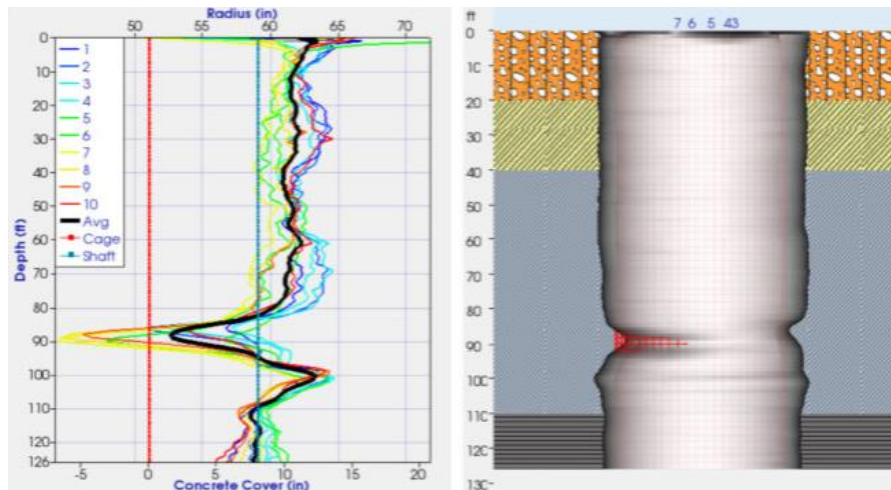
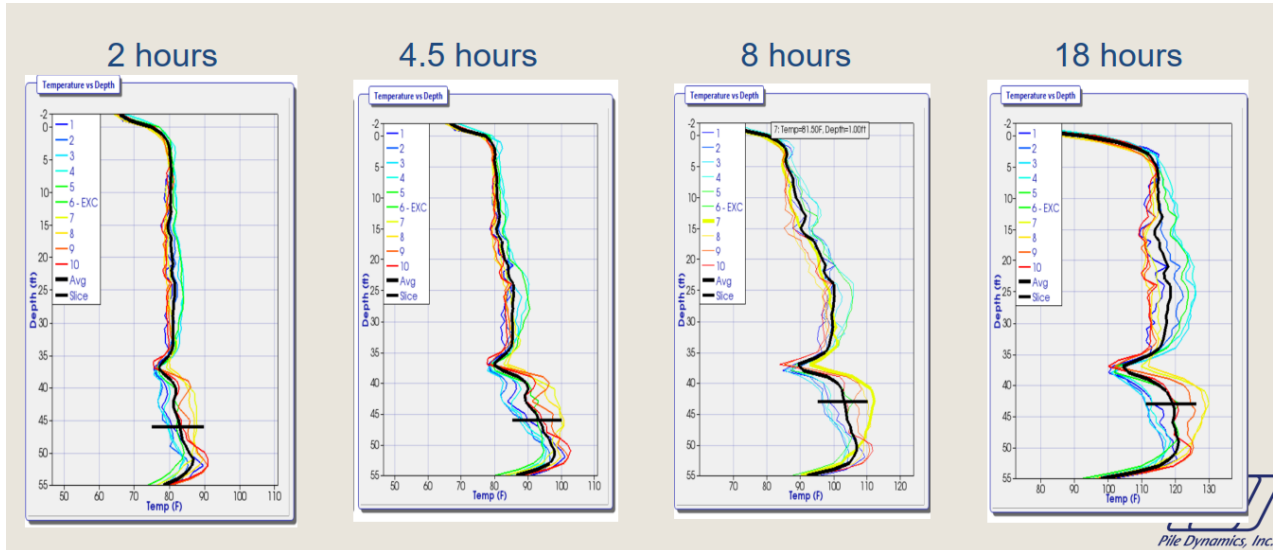
Temperaturforskelle i pælen fra varmeudviklingen ved betonens hærdningsproces. Pælens termiske profil afhængigt af materialet og man kan identificere afvigelser i dæklagstykkelser og potentielle skader

Softwaren analyserer den målte termiske profil og sammenligner den med en forventet temperaturfordeling baseret på en ideel, intakt pæl.

# Thermal Integrity Profiling – “TIP Metode”



# Thermal Integrity Profiling – “TIP Methode”





# Crosshole Sonic Logging – CSL metode



Udstyr: Indstøbte målerør i pælen (evt. borede huller). Sender- og modtager-sonde. Løbende dataopsamling

Ultralydsbølger sendes ud i pælen, som transmitteres og reflekteres gennem pælematerialet.

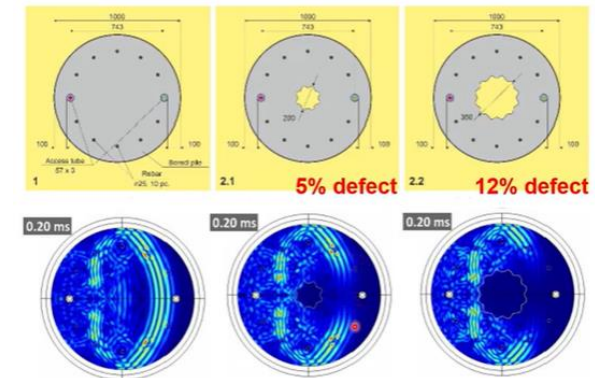
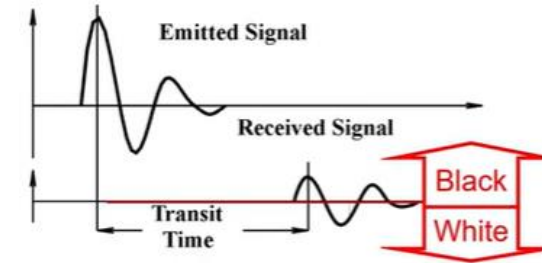
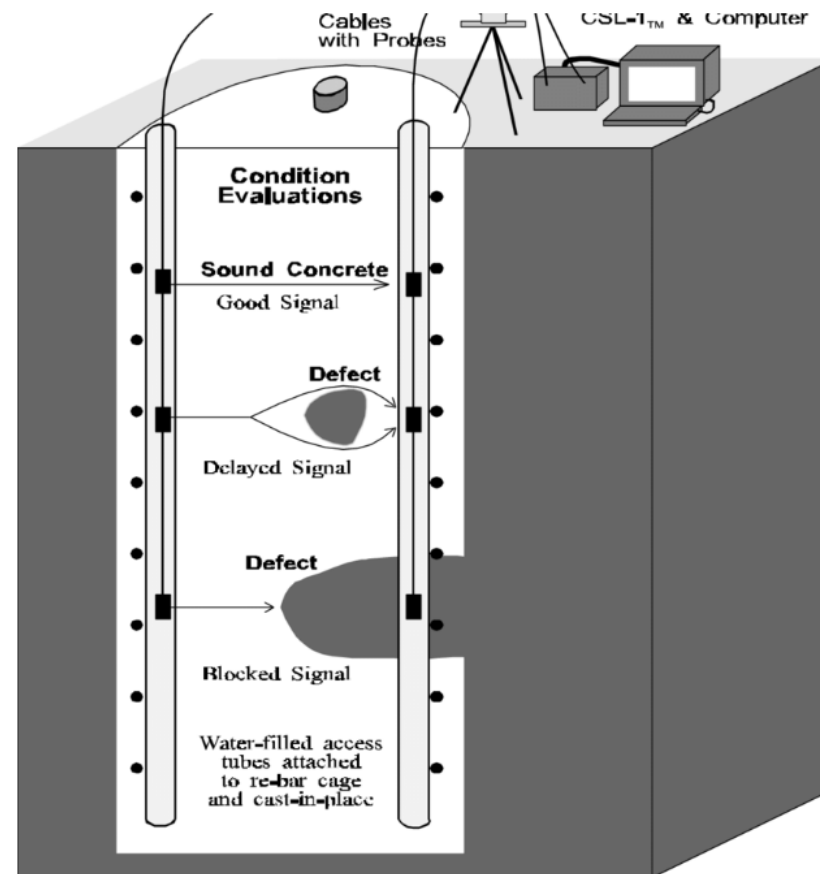
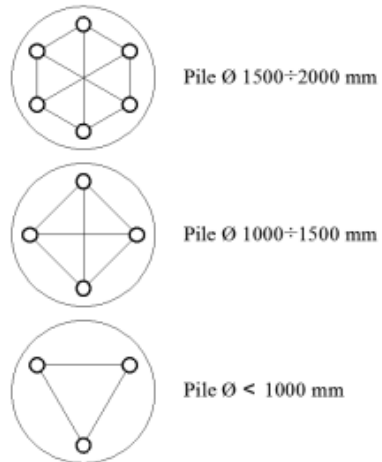
Software analyserer signalets hastighed og amplituden for at identificere eventuelle afvigelser eller defekter i pælen

Baseret på udbredelseshastighed af ultralydsbølgerne kan man vurdere pælens integritet og identificere potentielle problemer, i form af revner, forskydninger eller utilstrækkelig betonkvalitet

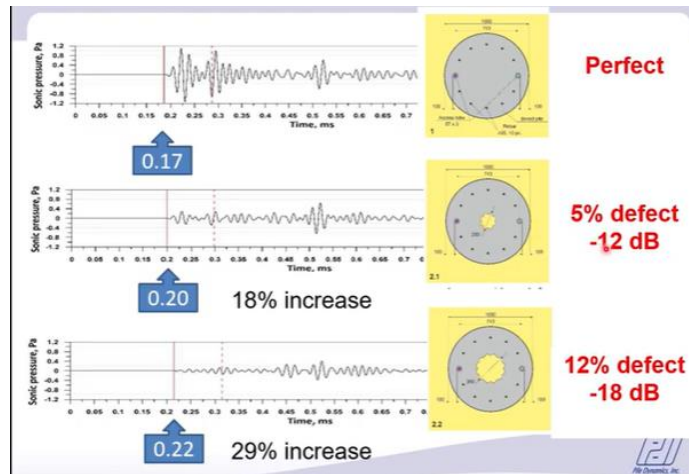
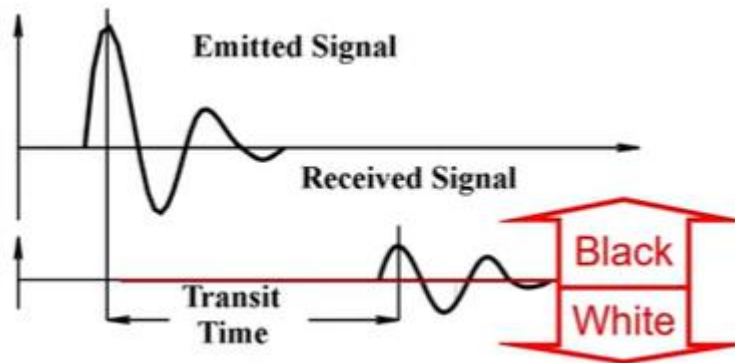
CSL-målinger - indenfor armeringen.



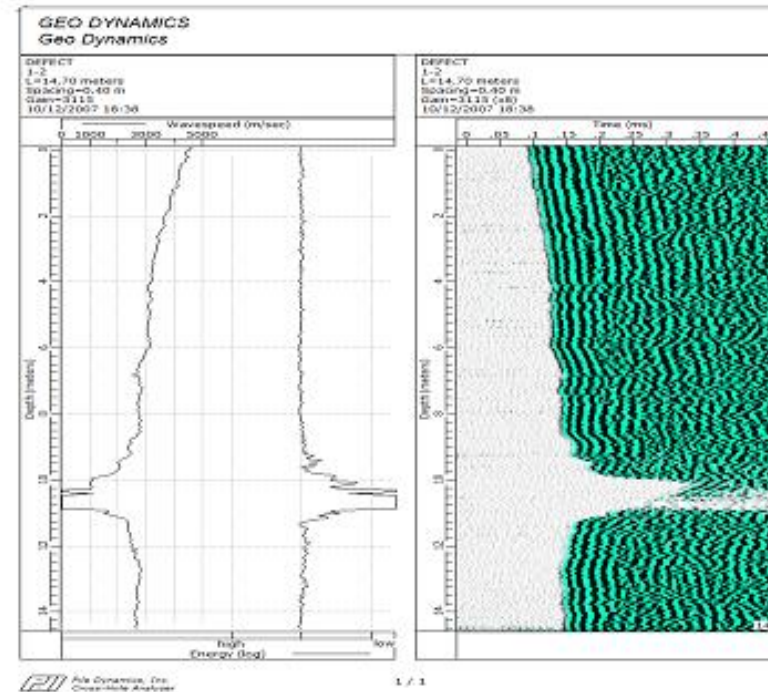
# Crosshole Sonic Logging – CSL metode



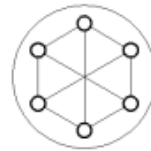
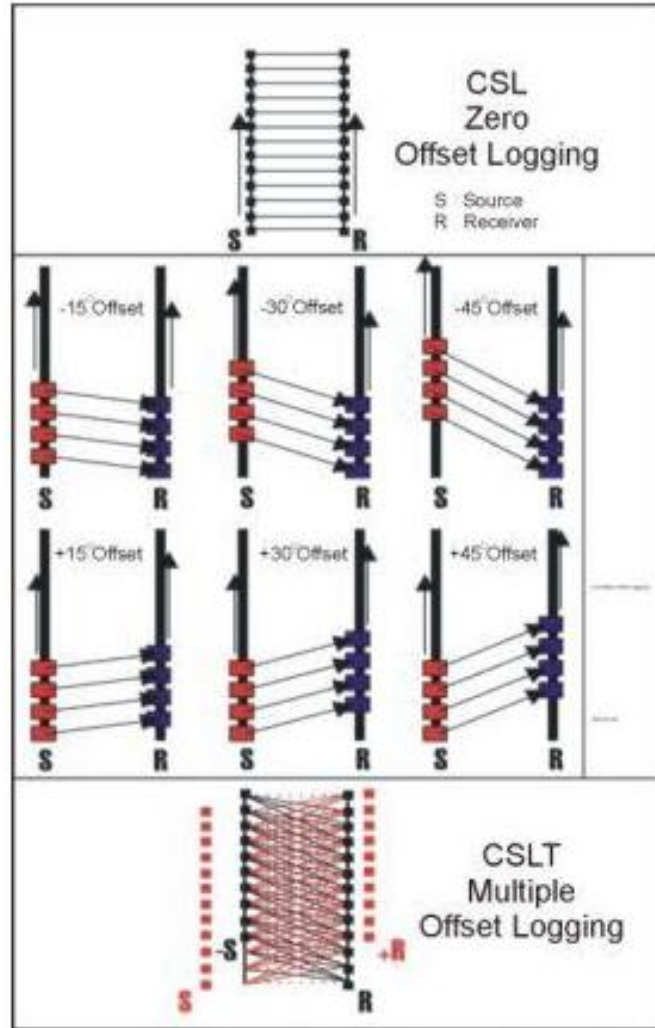
# Crosshole Sonic Logging – CSL metode



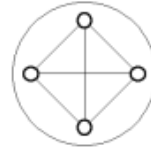
## Single Hole Sonic Logging



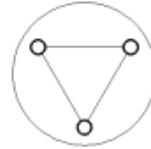
# Crosshole Sonic Logging – CSL metode



Pile Ø 1500÷2000 mm

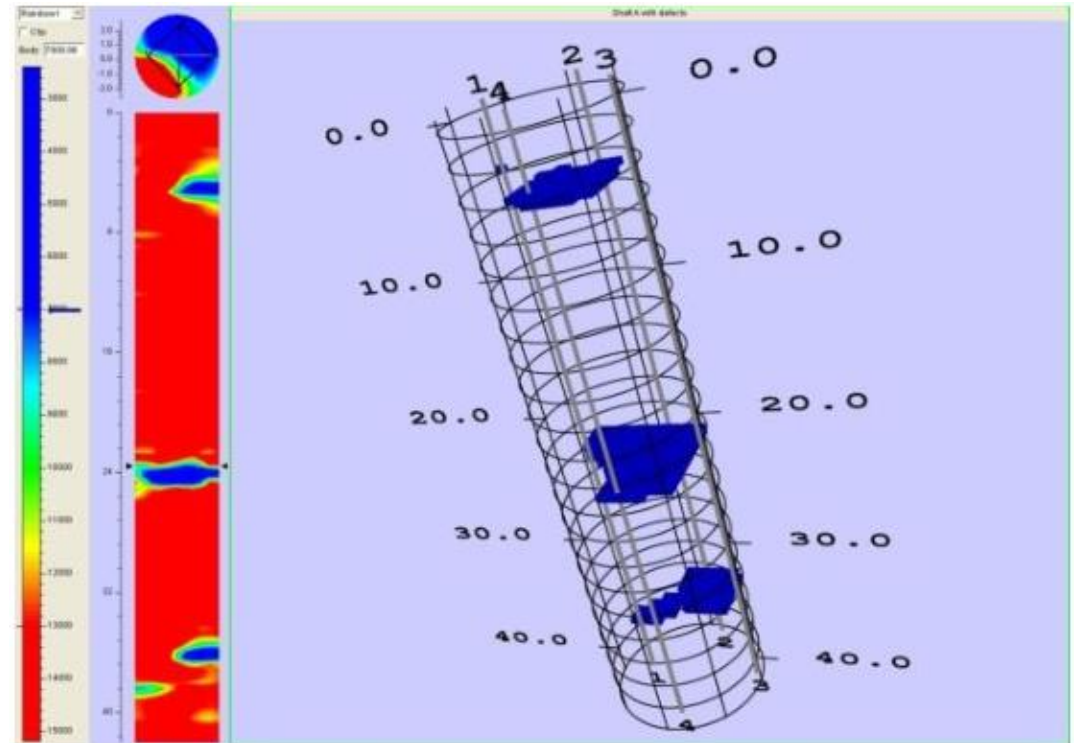


Pile Ø 1000÷1500 mm



Pile Ø < 1000 mm

## Tomografi





# Bæreevne, Efterramning – Rapid Load Test



Benyttes til eftervisning af bæreevne – hovedsageligt rammede pæle

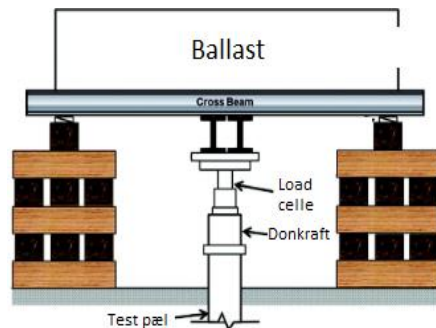
Udstyr: Rammemaskine, fritfaldslod eller andet

Kræver kalibrering med statisk belastningsforsøg  
-> DDR (Den danske rammeformel)

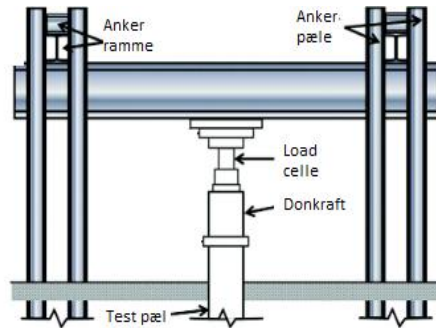
Hurtig felttest og velegnet til større pælegrupper

Ikke velegnet til alle jordbundsforhold.

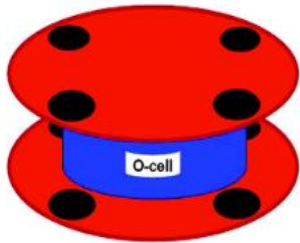
# Statiske belastningsforsøg



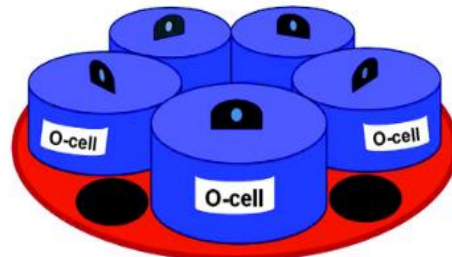
Ballast modhold



Modhold fra ankerpæle



Osterberg Celle



Flere O-celler for større kapacitet

Udstyr: Modhold, Donkraft, Kraftmåler samt Flytningsmålere

Statiske belastningsforsøg er omkostningstunge og langsommelige.

Ved Ballast- eller Anker-modhold eftervises pælens samlede statiske kapacitet

O-Celle er velegnede ved store pæle da man benytter pælens egen-kapacitet som modhold og derved kan undlade den store ballast.

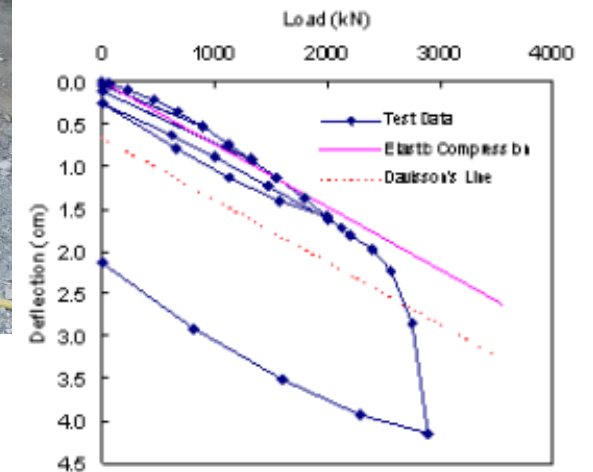
Ved O-Celle - udledning af spids- og overflademodstand  
Ved indstøbning af flere O-celler kan kapaciteten øges så også de meget store pæle kan testes.

# Statisk belastningsforsøg ved ballast eller anker modhold



Det statiske belastningsforsøg udføres ved en gradvis stigende belastning på pælen (med hydraulisk donkraft) og en samtidig måling af pælens nedsynkning.

Kan evt. trykkes til brud





# Statisk belastningsforsøg ved O-celle



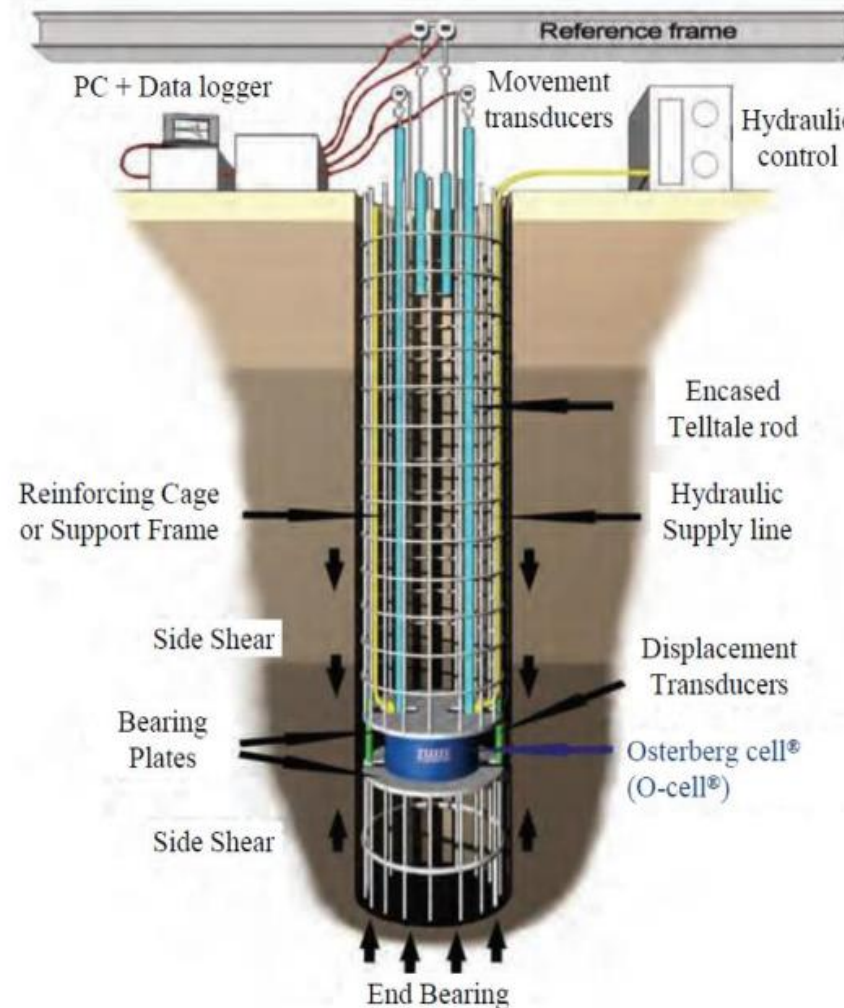
## Bi-Directional Load Test

O-celle påsvejses armering og indstøbes i pælen og kan således ikke genbruges.

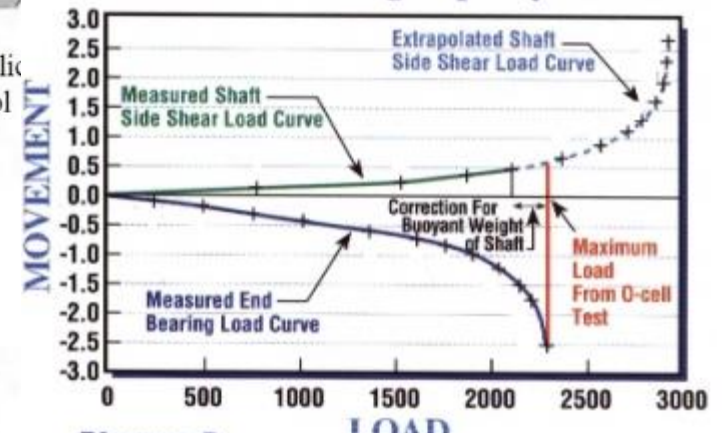
O-celle trykker pælen i 2 retninger.

Ved korrekt placering vil begge pælesektioner flyttes samtidig.

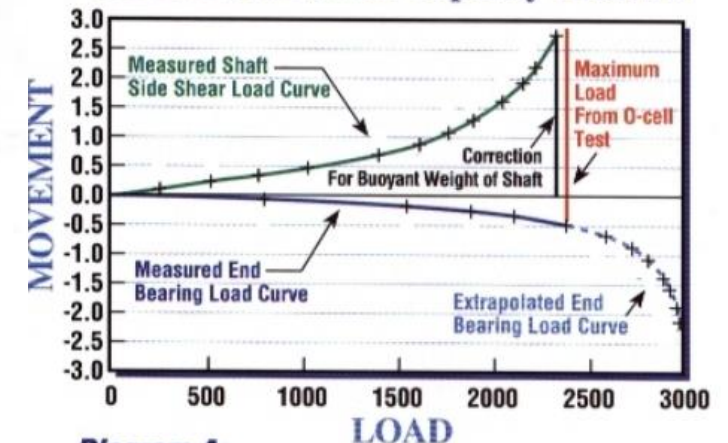
Mulighed for installation af O-celle i flere niveauer i samme pæle



## LOAD-MOVEMENT CURVES Ultimate End Bearing Capacity Reached



## LOAD-MOVEMENT CURVES Ultimate Side Shear Capacity Reached



# Stødbølgemålinger (High strain), PDA, CASE- og CAPWAP analyser



Udstyr: 2 kraftmålere, 2 accelerometre, dataopsamling samt tilstrækkelig dynamisk påvirkning af pæl.

Kan eftervise både bæreevne og integritet af pæl på tidspunktet for målingen.

Analysesoftware der udleder og fratrækker det dynamiske bæreevnebidrag fra den samlede bæreevne.

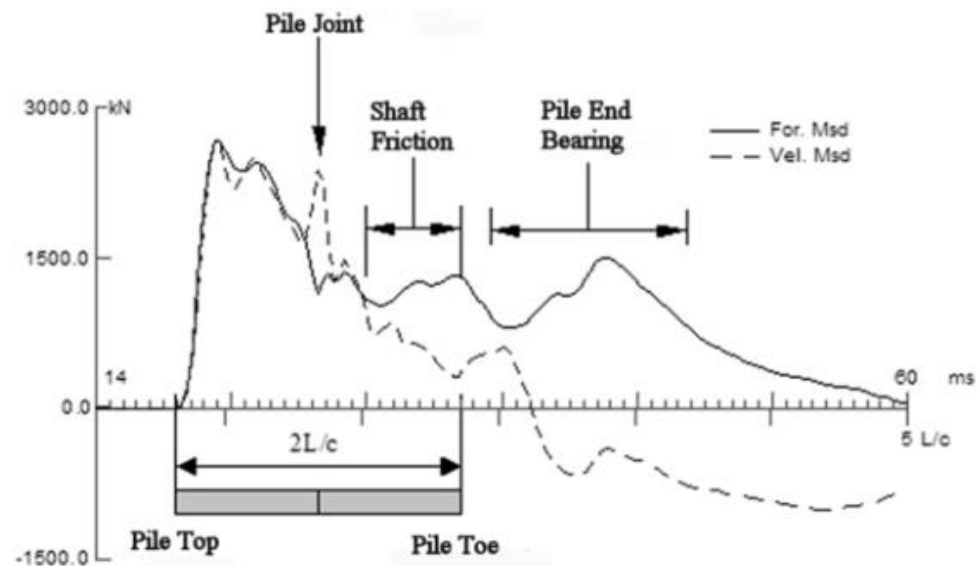
Ved CASE analyse – 1 enkelt dæmpningsfaktor

Ved CAPWAP – en række dæmpningsfaktorer samt andre ubekendte faktorer for at udlede spids- og overflademodstand

Er relativt billige og hurtige i forhold til statiske forsøg.

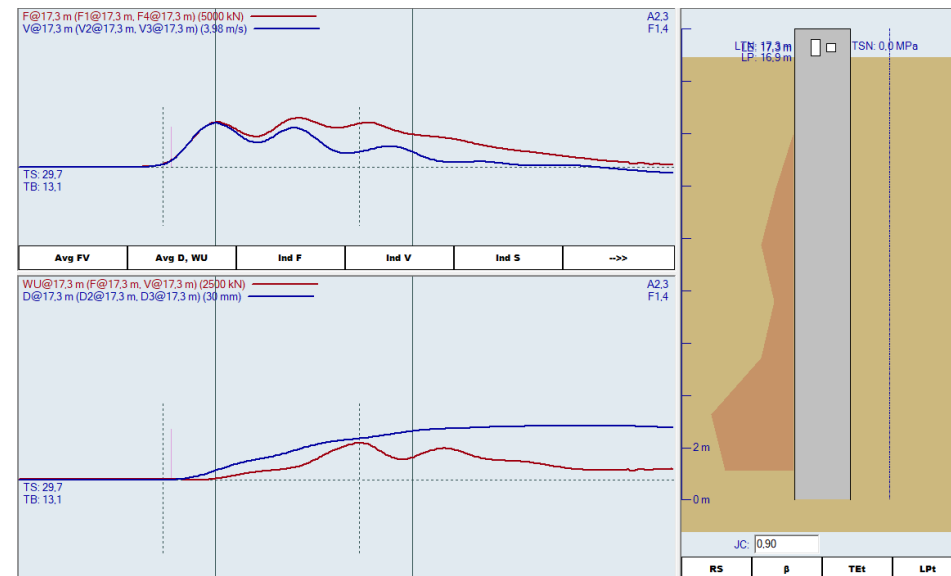
## Stødbølgemålinger (High strain), PDA, CASE- og CAPWAP analyser

## Plot af Kraft og Hastigheds kurverne



## Rådata Plot ved software PDA-S

## Niveau og placering af overflademodstand fremgår af måledata

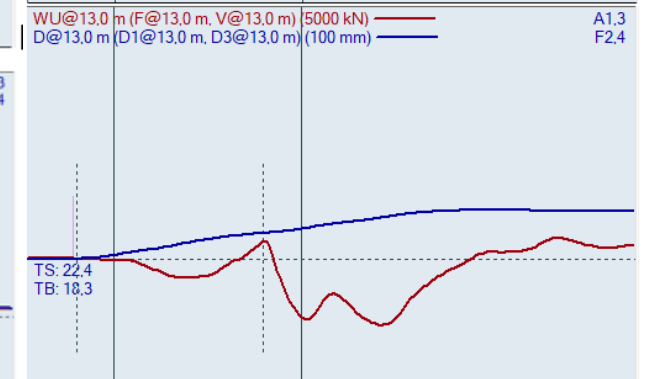
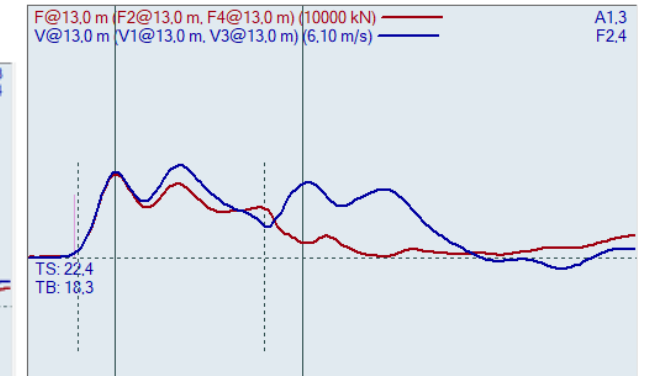
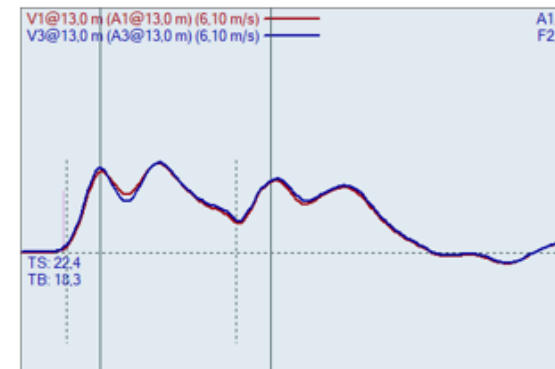
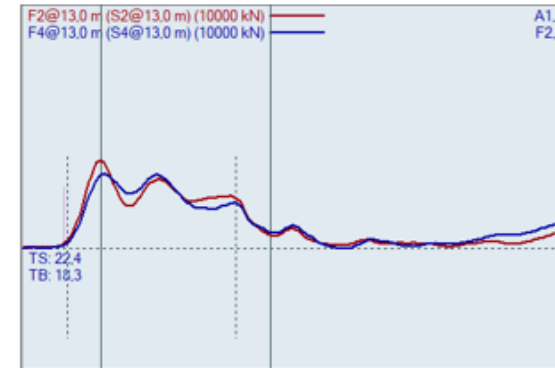
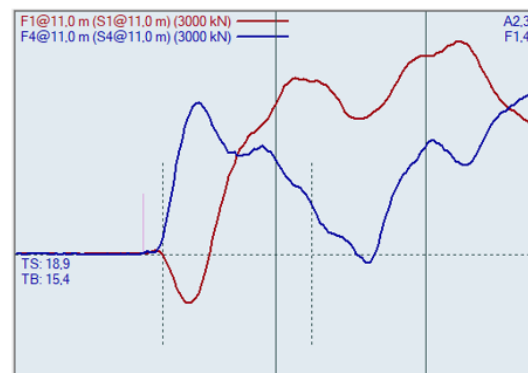
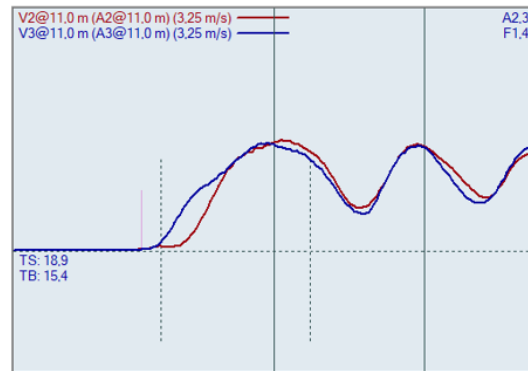




# Stødbølgemålinger (High strain), PDA, CASE- og CAPWAP analyser

Optimalt set udføres  
Bæreevne analyse på  
1. slag

Ikke altid muligt pga.  
datakvaliteten.

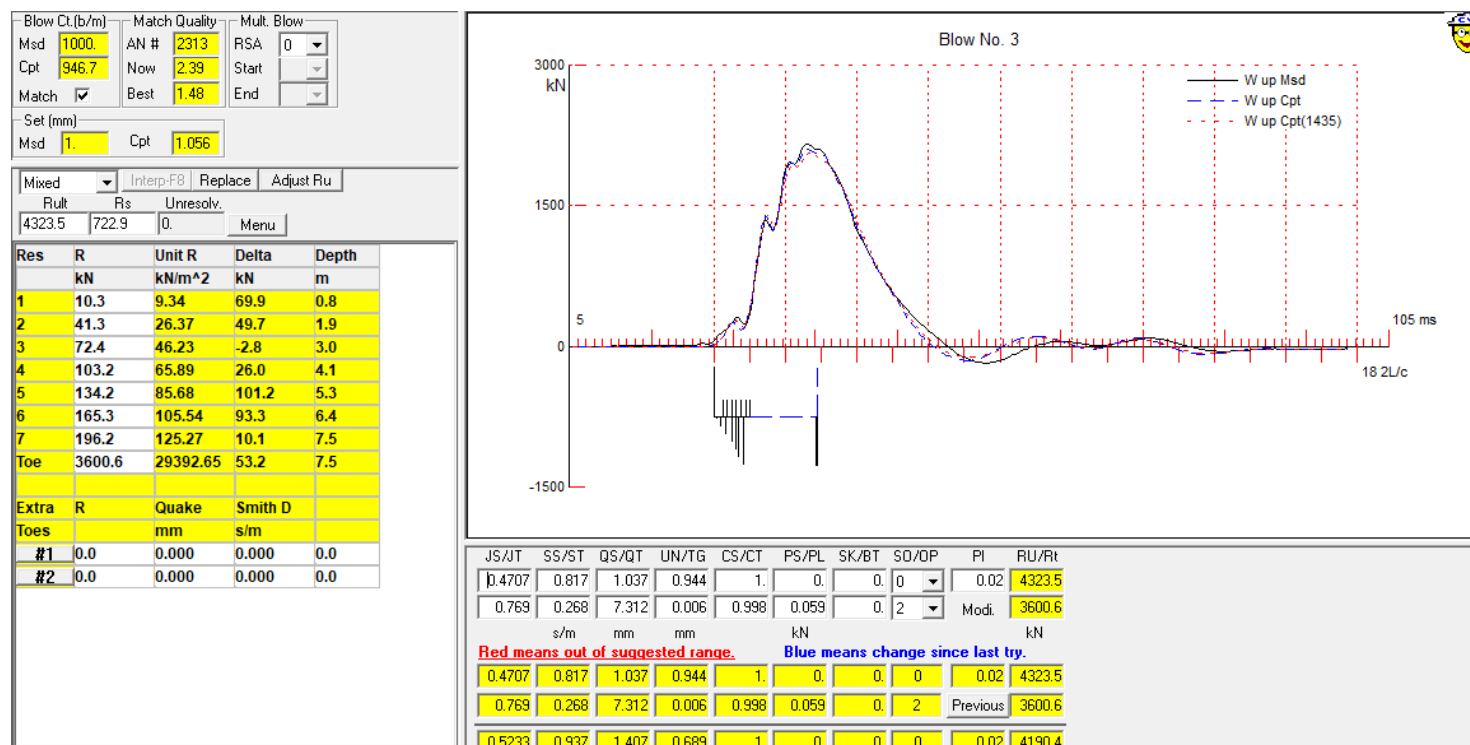


# Stødbølgemålinger (High strain), PDA, CASE- og CAPWAP analyser

Optimalt set udføres bæreevneanalyse på 1. slag

Ikke altid muligt pga. datakvaliteten.

Ved CAPWAP opbygges computermodel ud fra målte data, gennem iterativ proces, indtil matchfaktor er tilfredsstillende.



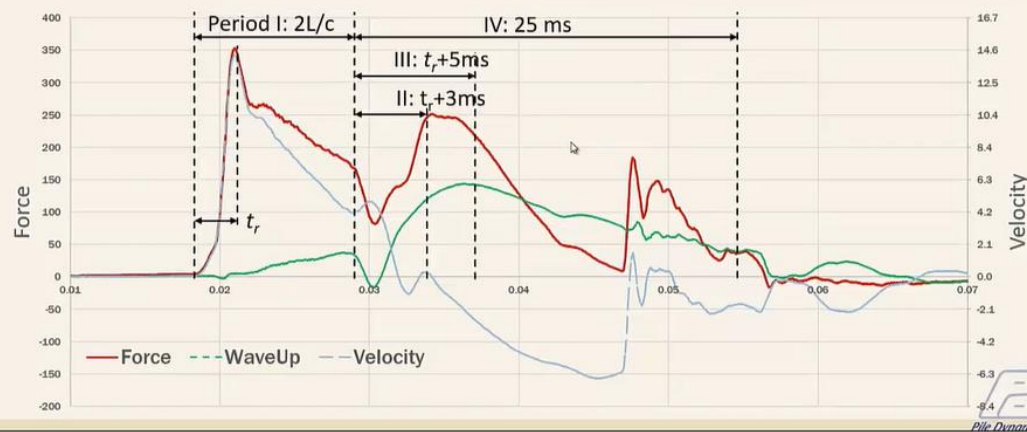
## CAPWAP RECORD DIVISIONS



VIGTIGT Ved brug af overflademodstand:

God matchfaktor er ikke altid indikation på korrekt fordeling af overflademodstand.

## MATCH QUALITY TIME PERIODS



## CAPWAP MATCH QUALITY

■ MQ is the sum of the absolute values of differences between computed and measured values at individual points in time divided by the maximum pile top force plus a blow count penalty,

BCP (BCP > 0)

$$MQ = \sum_{\text{period}} \sum_{\text{time}} \left| \frac{F_M - F_C}{F_{MX}} \right| + BCP$$

■ BCP = 0 if  $\Delta_{SET} < 1 \text{ mm}$

■ BCP =  $\Delta_{SET} - 1$  if  $\Delta_{SET} \geq 1$

■  $\Delta_{SET} = |\text{Measured Set} - \text{Computed Set}|$

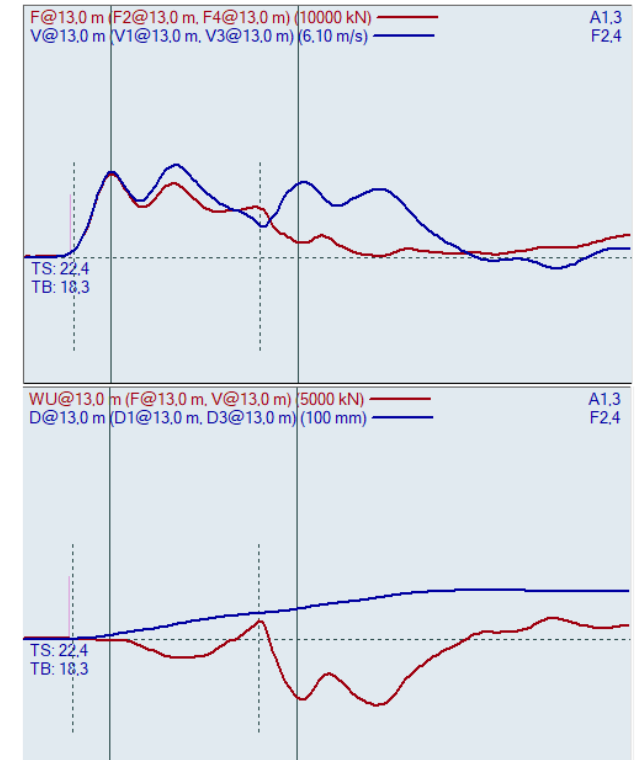
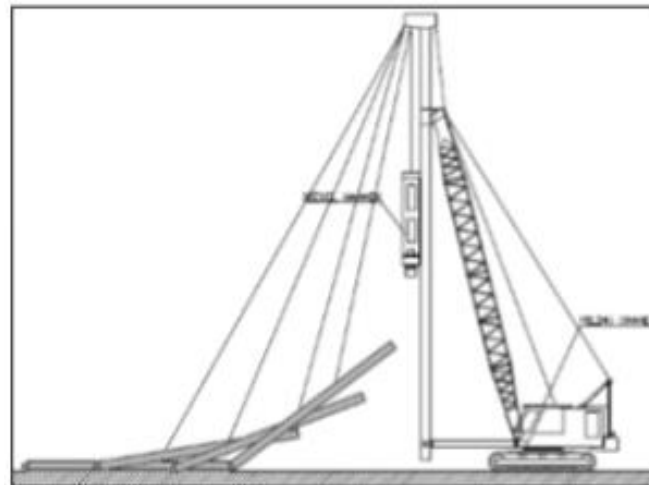


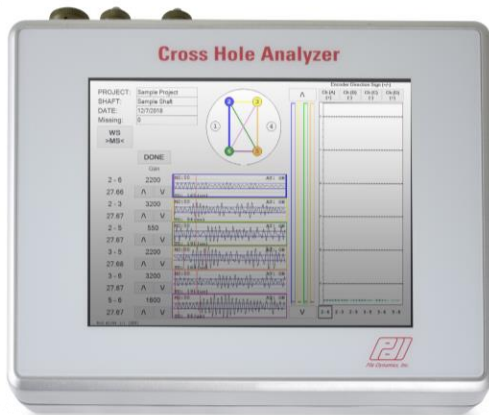
**IN-SITU CONSULT**

MÅLING - ANALYSE - RÅDGIVNING



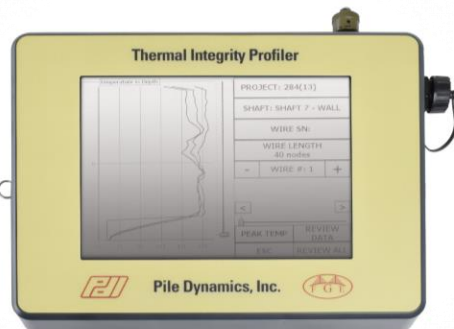






# PDI – Pile Dynamic Inc.

- PIT (Pile Integrity Tester)
- TIP (Thermal Integrity Profiling)
- CSL (Cross Sonic Logging)
- PDA (Pile Driving Analyser)
- SLT (Static Load Tester)
- O-CELL (Bi-directional Load Test)



# Spørgsmål?

**IN-SITU CONSULT**

MÅLING - ANALYSE - RÅDGIVNING

