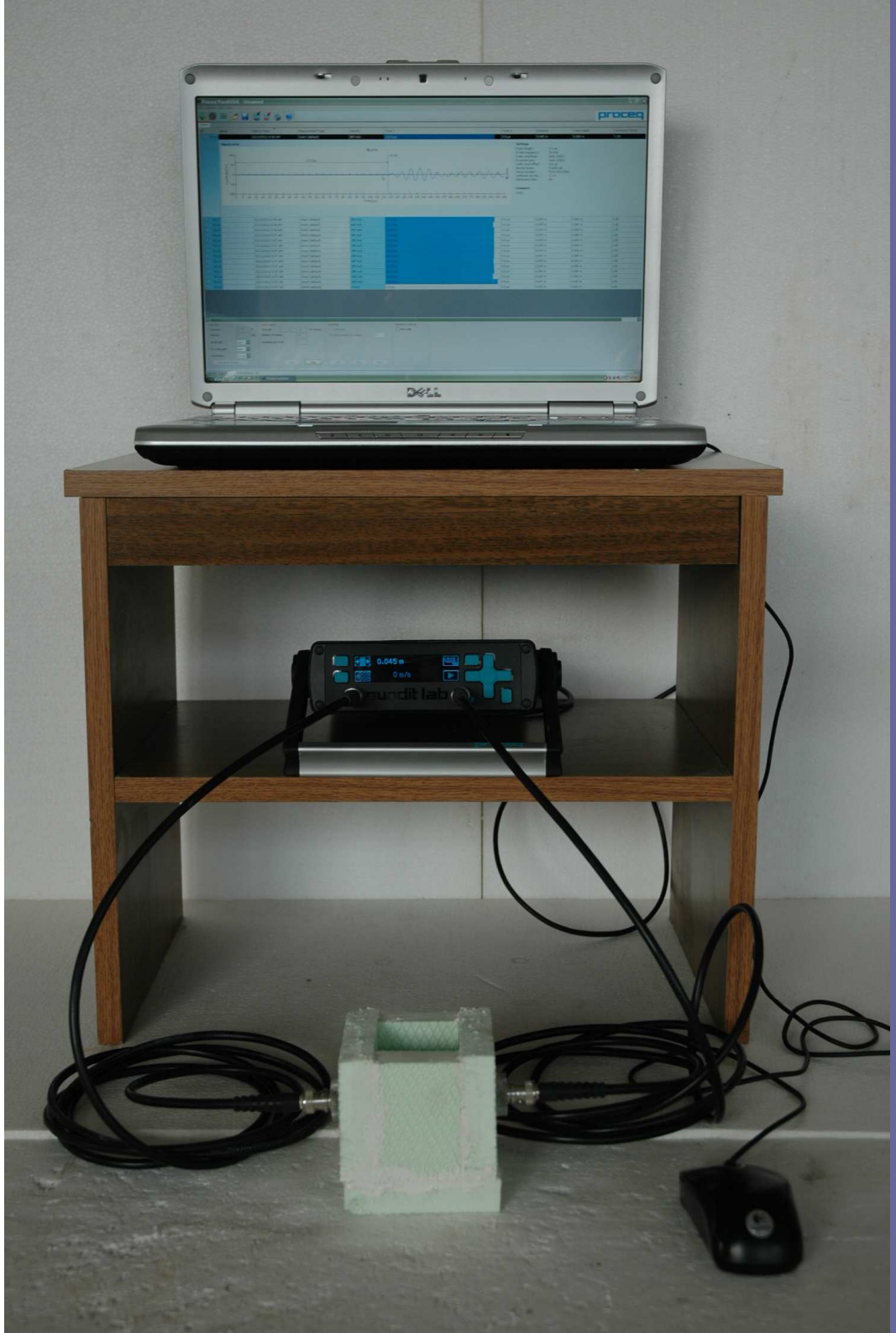
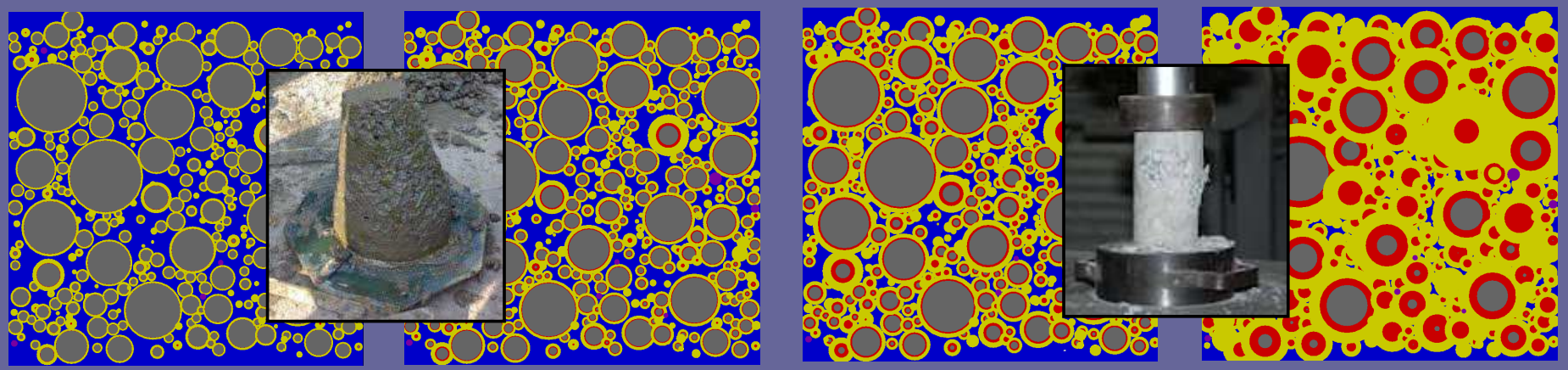


NOVA UZ METODA ZA DOLOČANJE KARAKTERISTIK SVEŽIH CEMENTNIH PAST, MALT IN BETONOV

dr. Gregor Trtnik, IGMAT d.d.

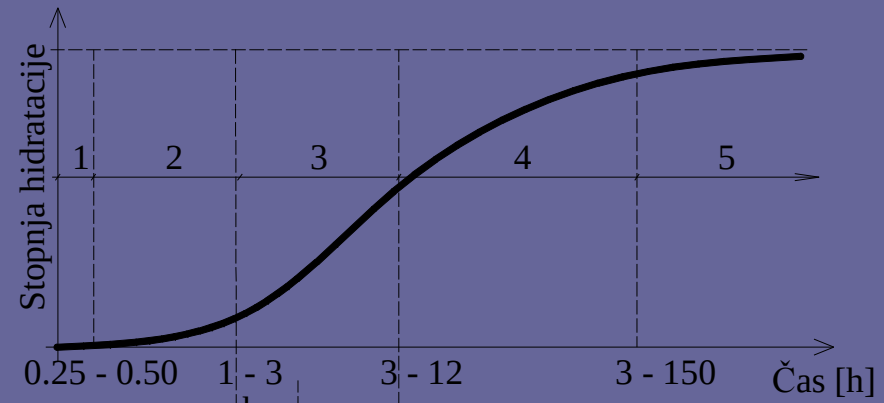
dr. Matija Gams, ZAG

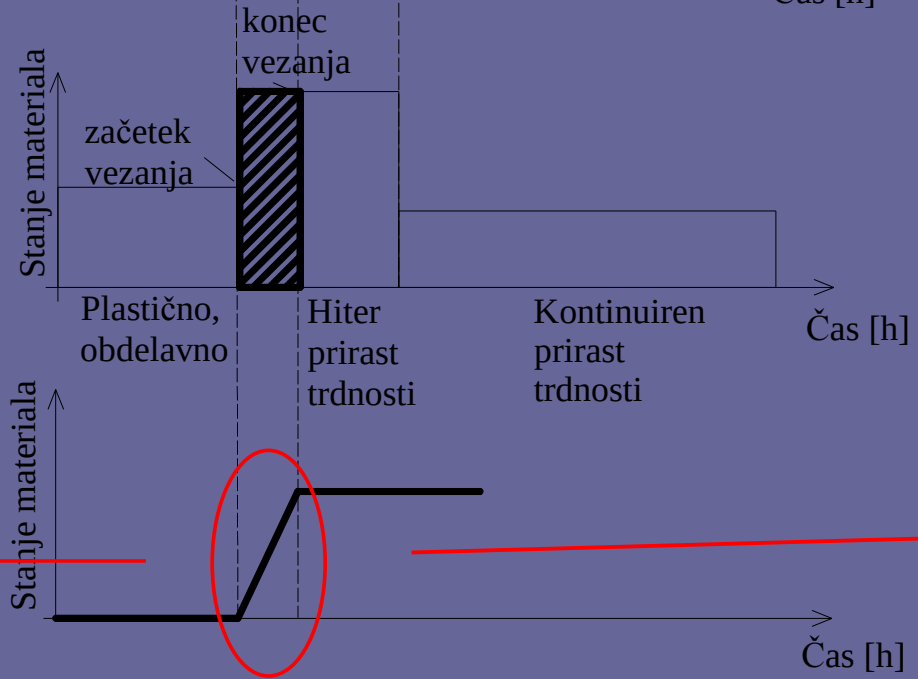
HIDRATACIJA IN FORMIRANJE STRUKTURE



Časovno naraščanje količine hidratacijskih produktov

VEZANJE MATERIALOV S CEMENTNIM VEZIVOM





PENETRACIJSKE METODE

OVIRE:

- natančnost odvisna od natančnosti in izkušenj tehnologa,
- v splošnem zahtevajo prisotnost tehnologa,
- empirične (posredne) metode,
- relativno težka (subjektivna) interpretacija rezultatov,
- različne tehnike za različne materiale (cementne paste, malte, betoni)
- praktično neuporabne v primeru betonov z večjimi agregatnimi zrni.

ULTRAZVOČNE METODE ZA DOLOČITEV VEZANJA

Najpogosteje uporabljeni metodi:

- metoda prehoda vzdolžnih UZ valov (angl. USWT) – hitrost prehoda v_P
- metoda odboja strižnih UZ valov (angl. USWR) – strižni odbojni koeficient *dr.*

Izjemen napredek v razvoju teh metod v zadnjih 20ih letih!

Prednosti:

- fizikalno jasna metodologija,
- avtomatizem,
- možnost spremljanja različnih fenomenov v razvoju strukture,
- natančnost,
- nizka cena

ULTRAZVOČNE METODE ZA DOLOČITEV VEZANJA

Slabosti:

• hitrost prehoda in strižni odbojni koeficient močno občutljiva na prisotnost agregata (merita delež skupne trdne faze v strukturi materiala),

• relativno nejasna (opisna) določitev začetka in konca vezanja → mejne vrednosti parametrov za različne materiale,

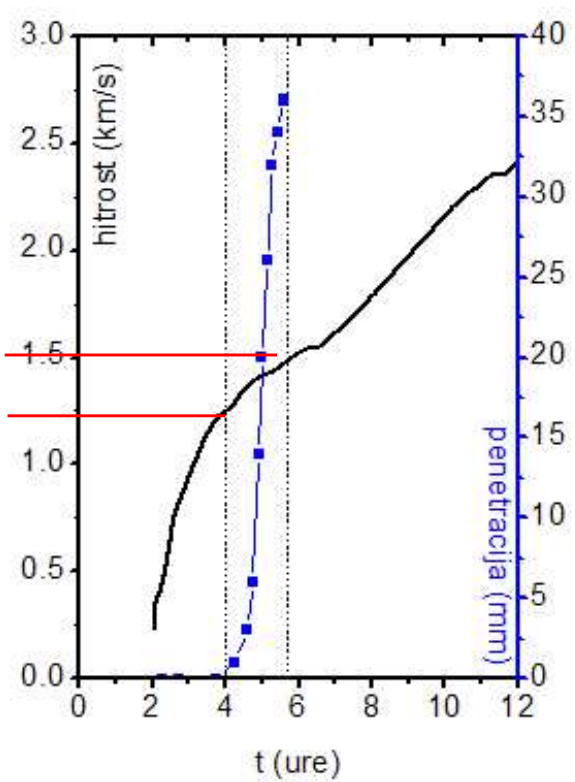
• nespremenjeno naraščanje parametrov po koncu vezanja.

CBM	v_P [m/s]
portland cement based mortars	800-980
fly ash mortars	920-1070
concretes	1000-1500
concretes	2300-2700
cement paste	1450

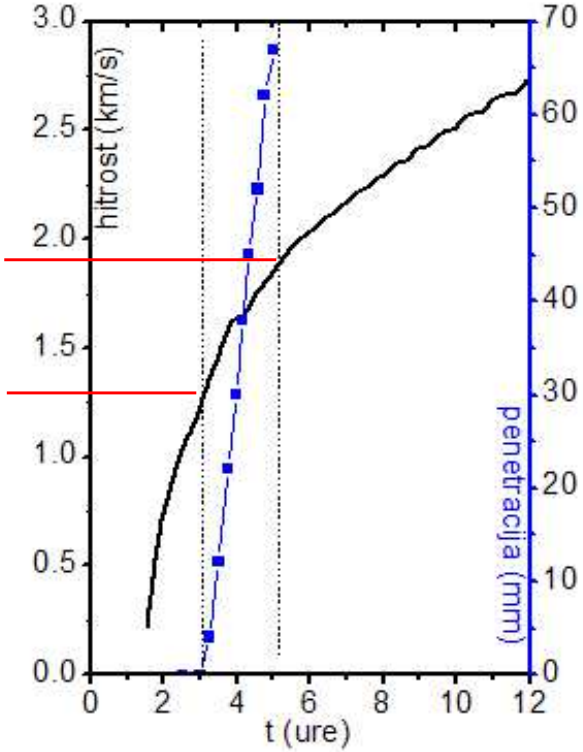
začetek vezanja

CBM	v_P [m/s]
concretes	1500
cement paste	1650
mortars	1200-1400
concretes	2000-3000
concretes	2790-3180

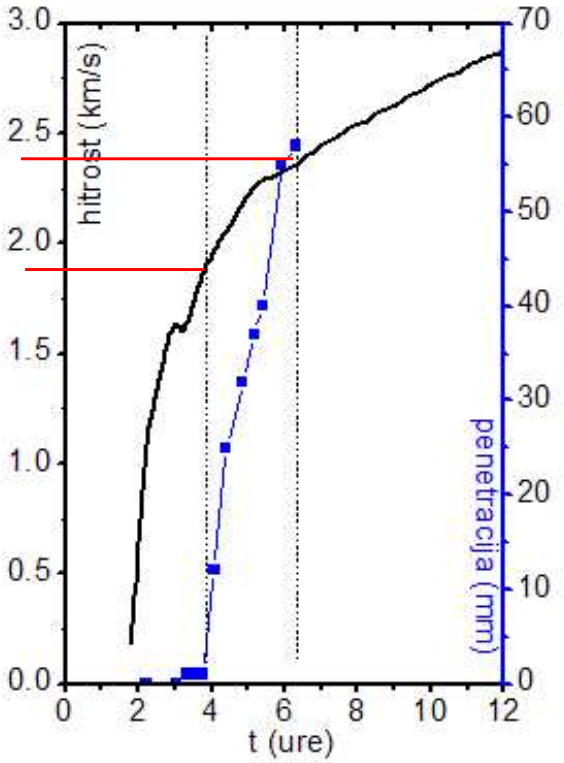
konec vezanja



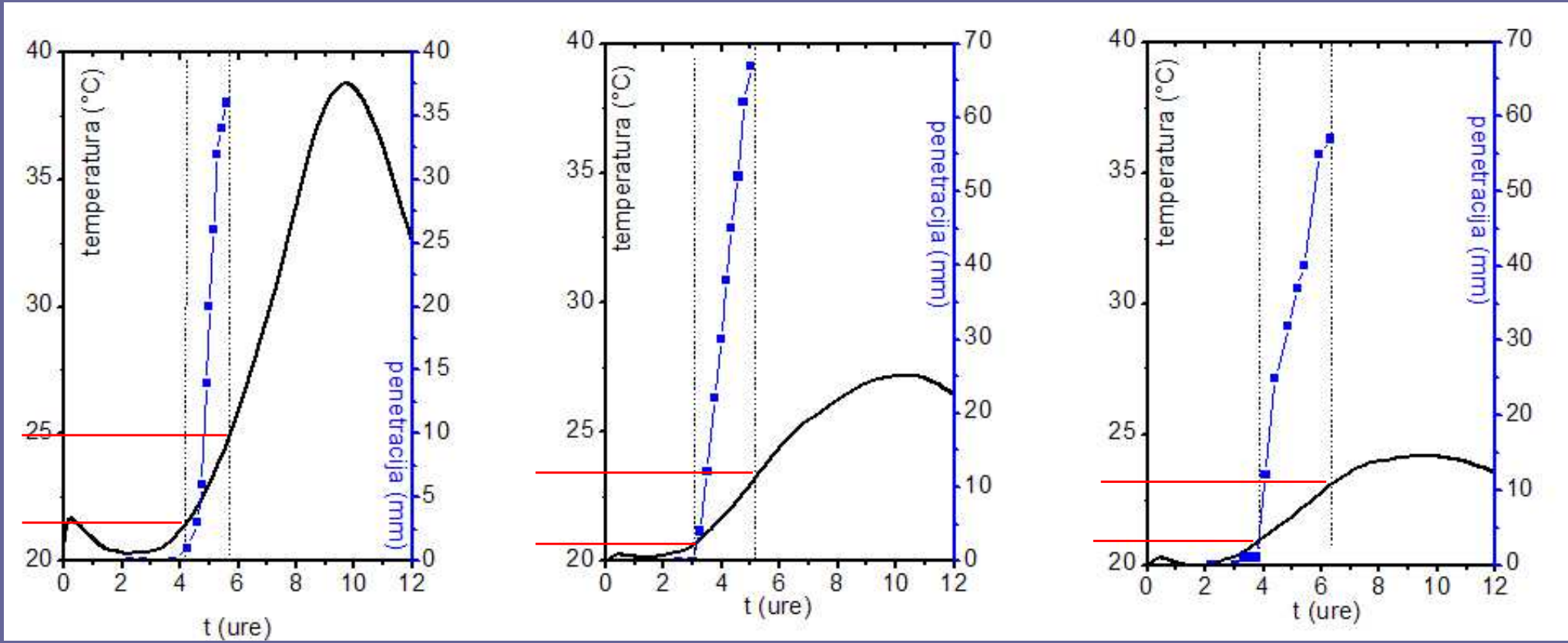
cementna pasta



malta



beton



cementna pasta

malta

beton

IZZIV

Želimo:

• metodo, ki bo jasno in nedvoumno pokazala obdobje intenzivnega vezanja materiala, t.j. transformacijo materiala iz tekočega v trdno stanje,

• metodo, ki bo jasno in nedvoumno pokazala začetek in konec obdobja intenzivnega vezanja,

• metodo, ki bo delovala ne glede na sestavo materiala,

• metodo, ki bo delovala za vse vrste CM, ne glede na prisotnost količine, velikosti in vrste agregata,

• metodo, ki bo popolnoma avtomatizirana, neodvisna od prisotnosti tehnologa.

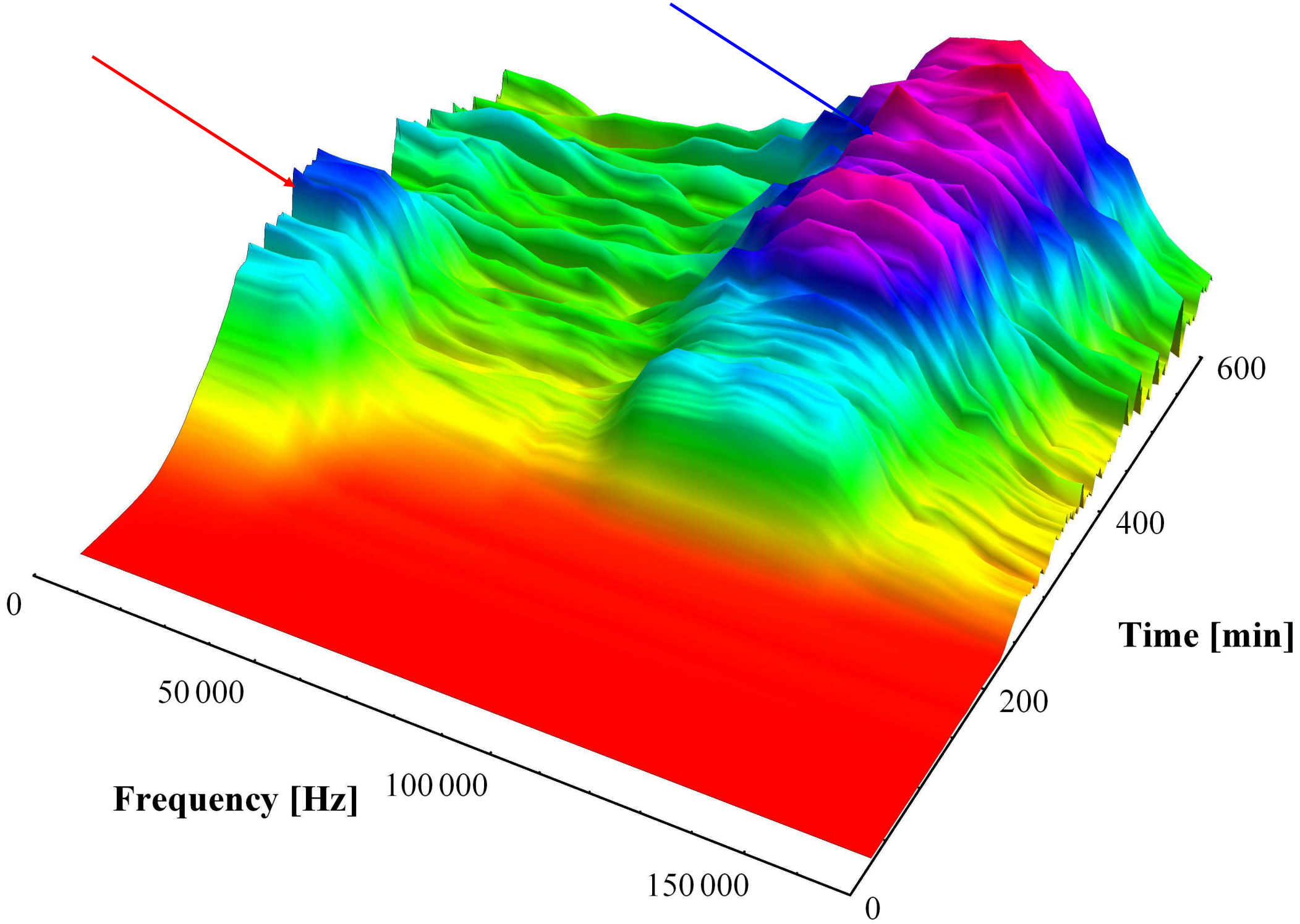
Zagotovitev vseh zgornjih zahtev bi pomenila ogromno prednost pred klasičnimi penetracijskimi metodami in do sedaj uporabljenim UZ in drugimi naprednimi metodami določitve vezanja CM!

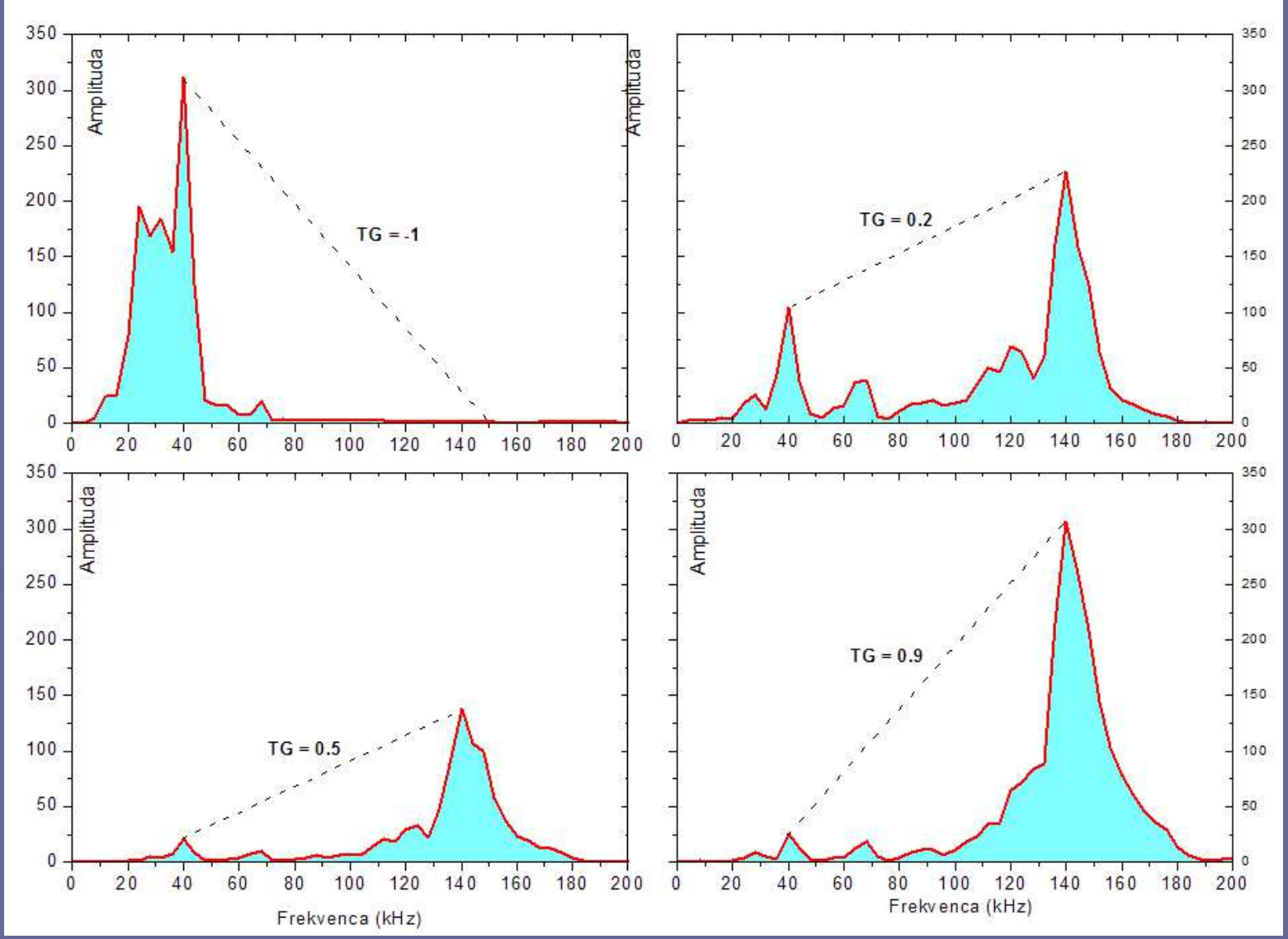
IDEJA

FREKVENČNA ANALIZA CELOTNEGA SPEKTRA

NOV UZ PARAMETER

TG PARAMETER

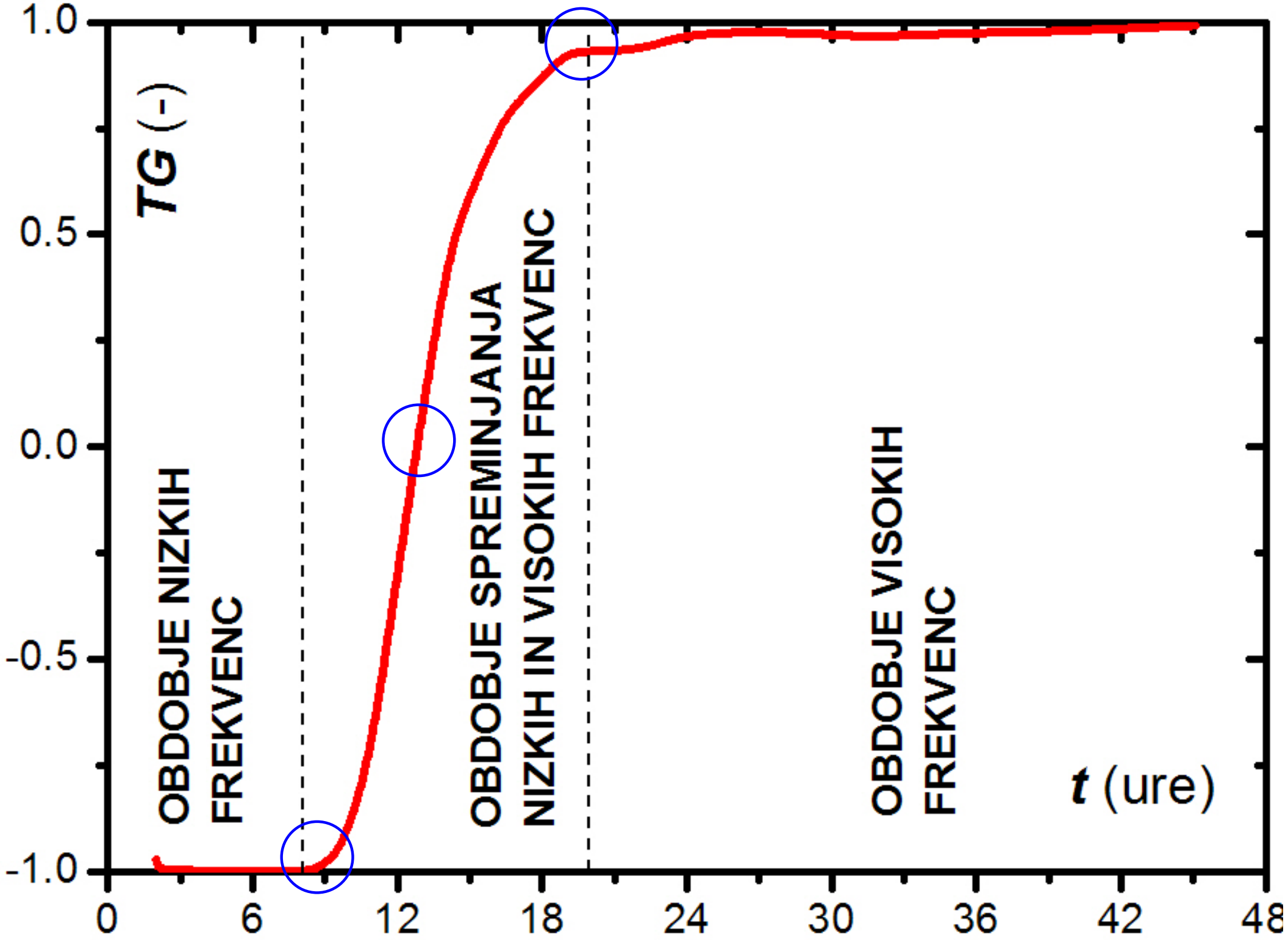

0
50 000
100 000
150 000
Frequency [Hz]
0
200
400
600
Time [min]



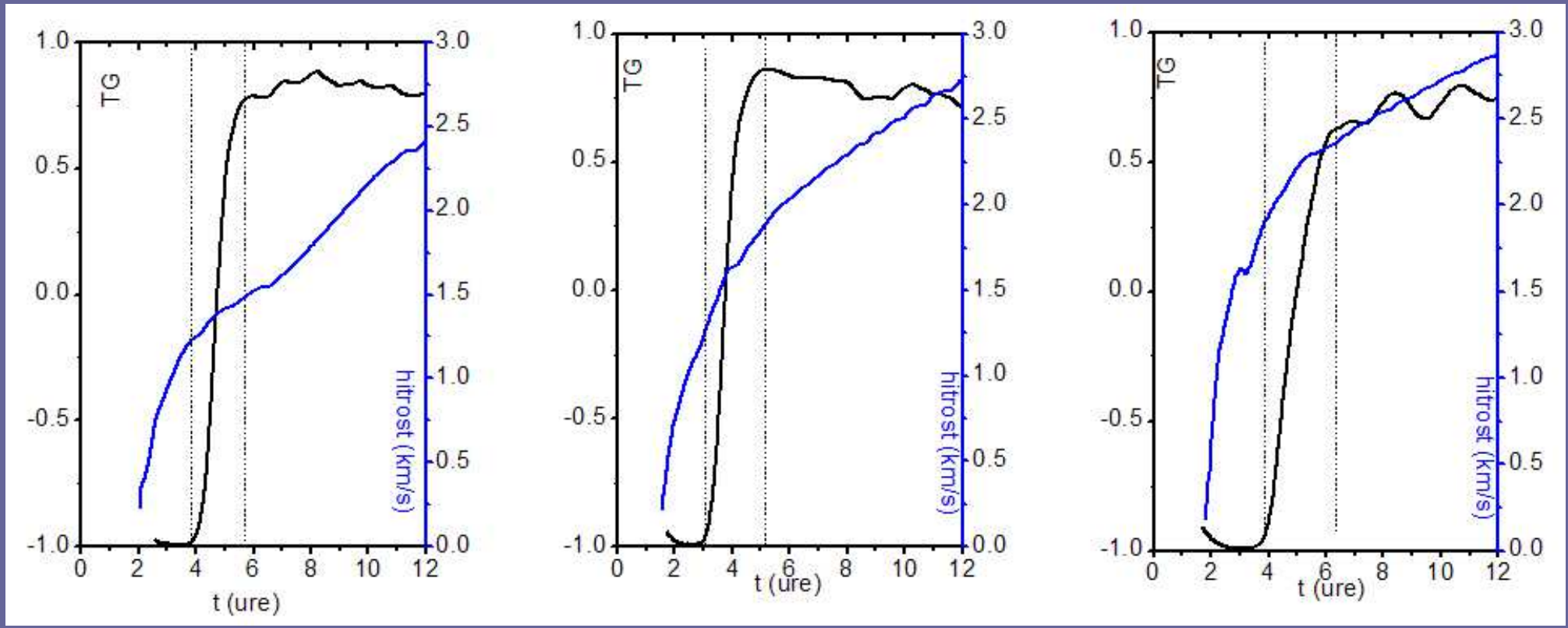
$$TG = \frac{a2 - a1}{a2 + a1}$$

$$a2 = 0 \rightarrow TG = -1$$

$$a1 = 0 \rightarrow TG = 1$$


1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
TG (-)
0
6
12
18
24
30
36
42
48
t (ure)
OBDOBJE NIZKIH FREKVENC
OBDOBJE SPREMINJANJA NIZKIH IN VISOKIH FREKVENC
OBDOBJE VISOKIH FREKVENC

PRIMERJAVA RAZVOJA TG PARAMETRA S HITROSTJO

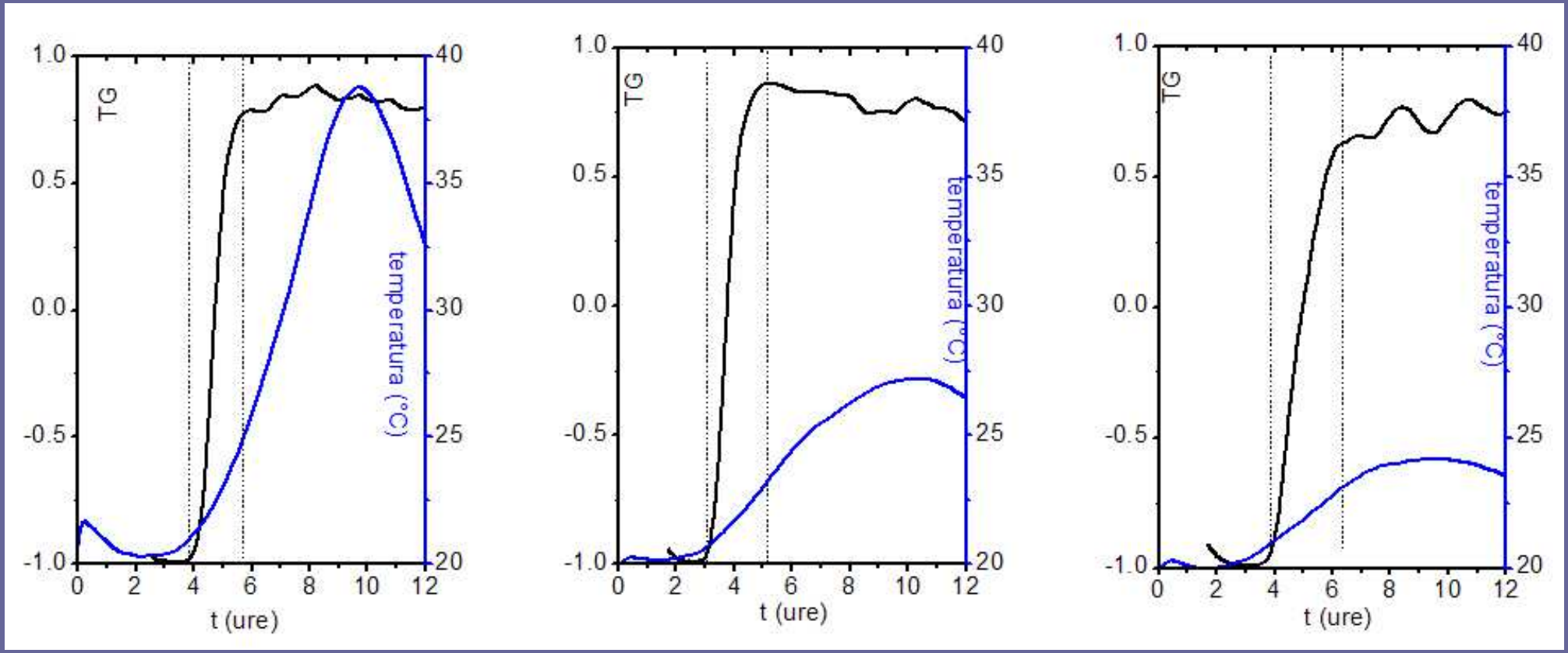


cementna pasta

malta

beton

PRIMERJAVA RAZVOJA TG PARAMETRA S TEMPERATURO

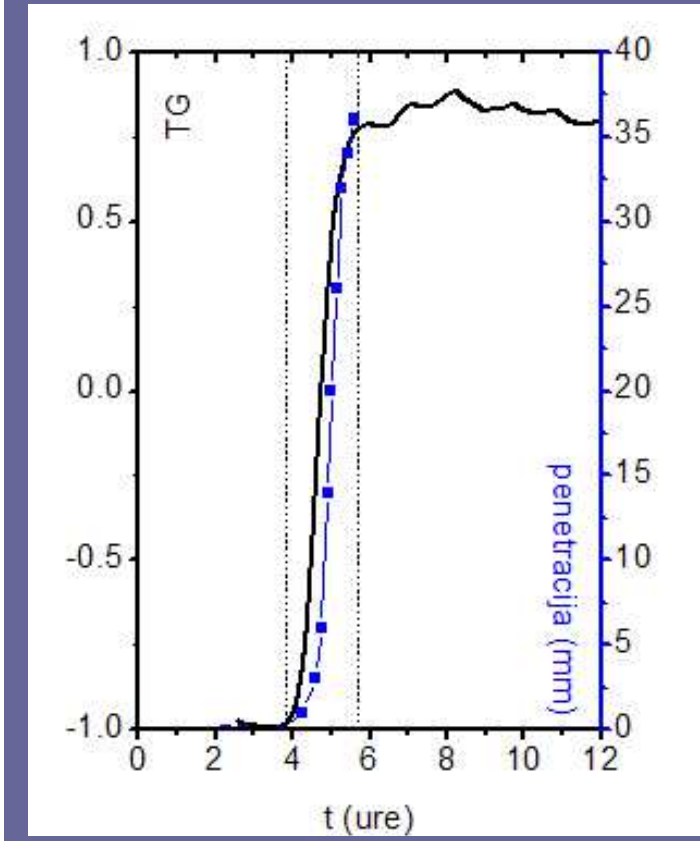


cementna pasta

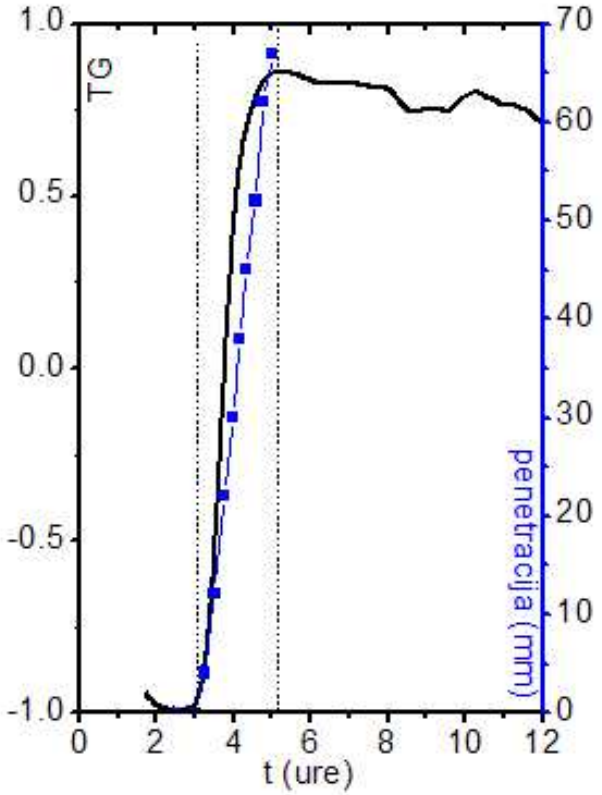
malta

beton

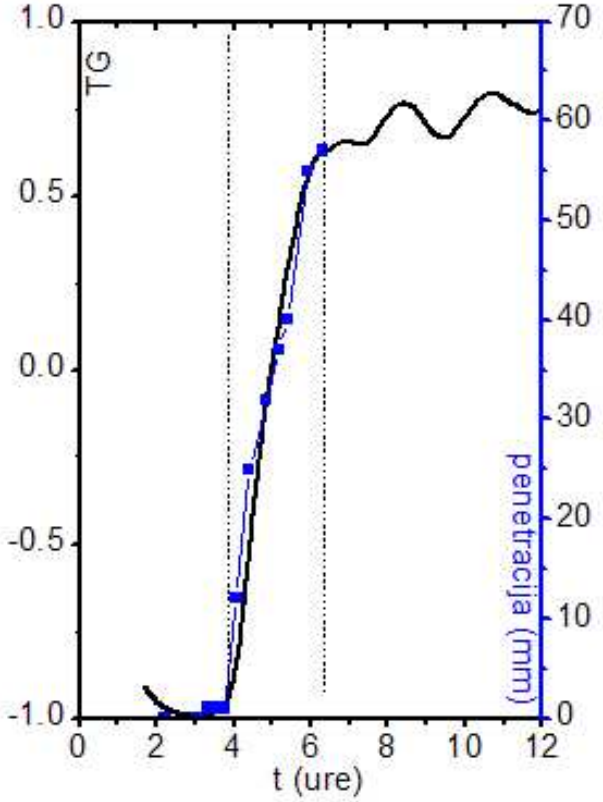
PRIMERJAVA RAZVOJA TG PARAMETRA S PENETRACIJO



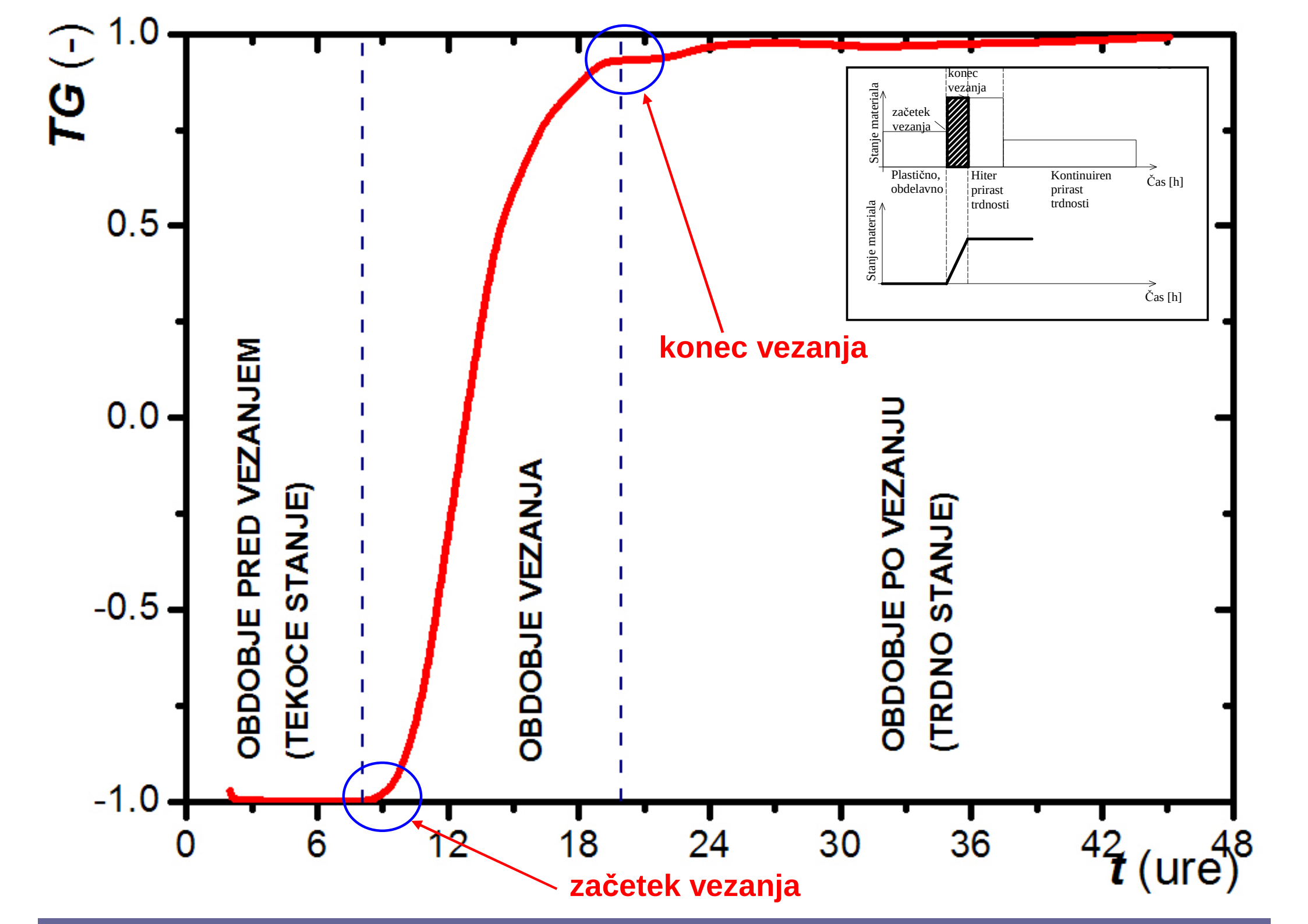
cementna pasta



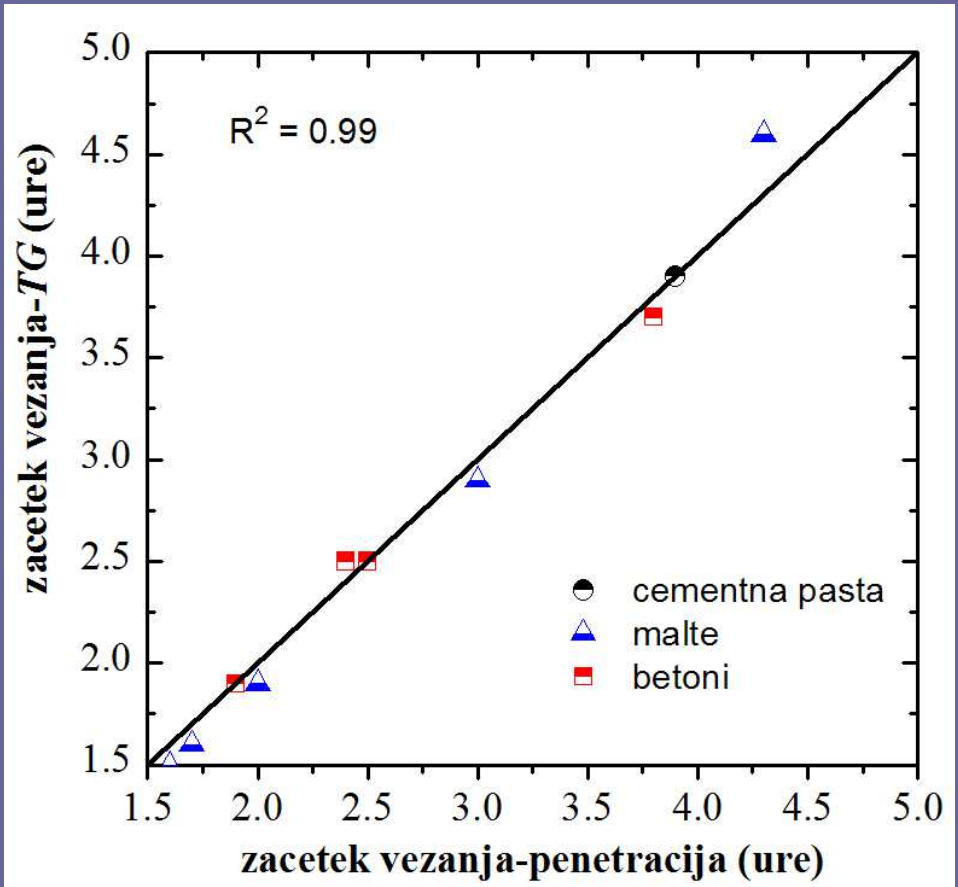
malta

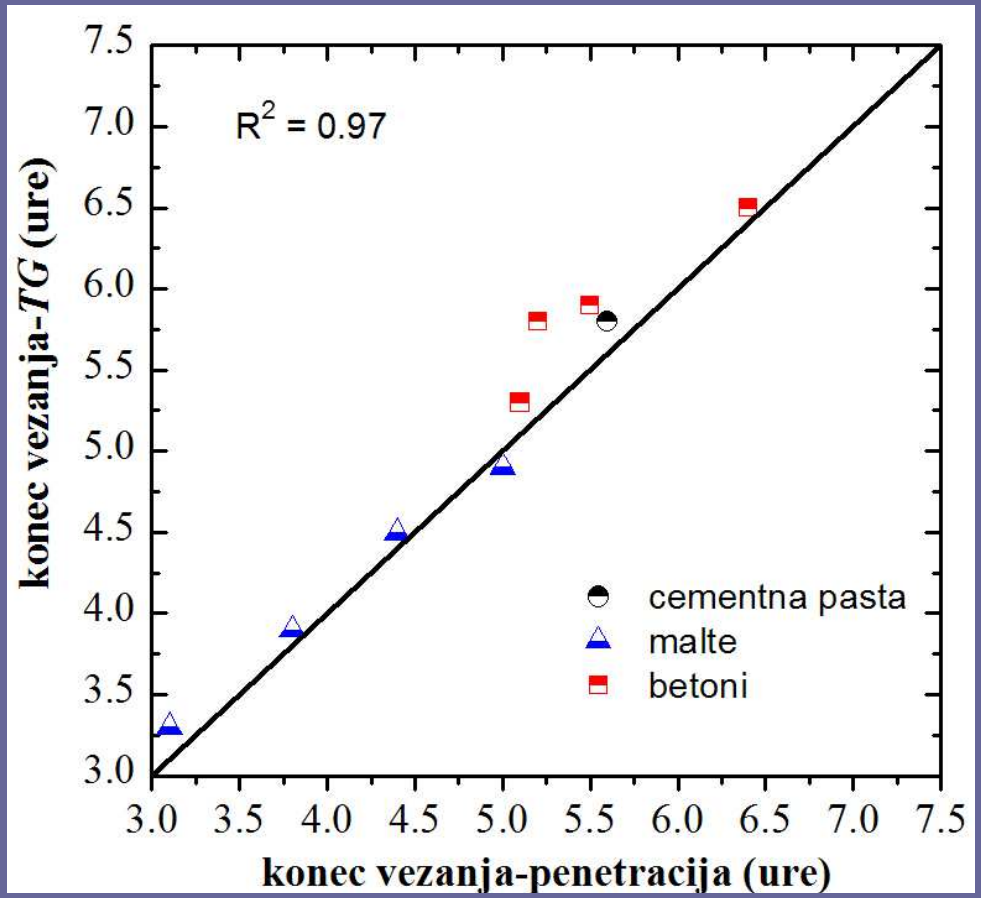


beton

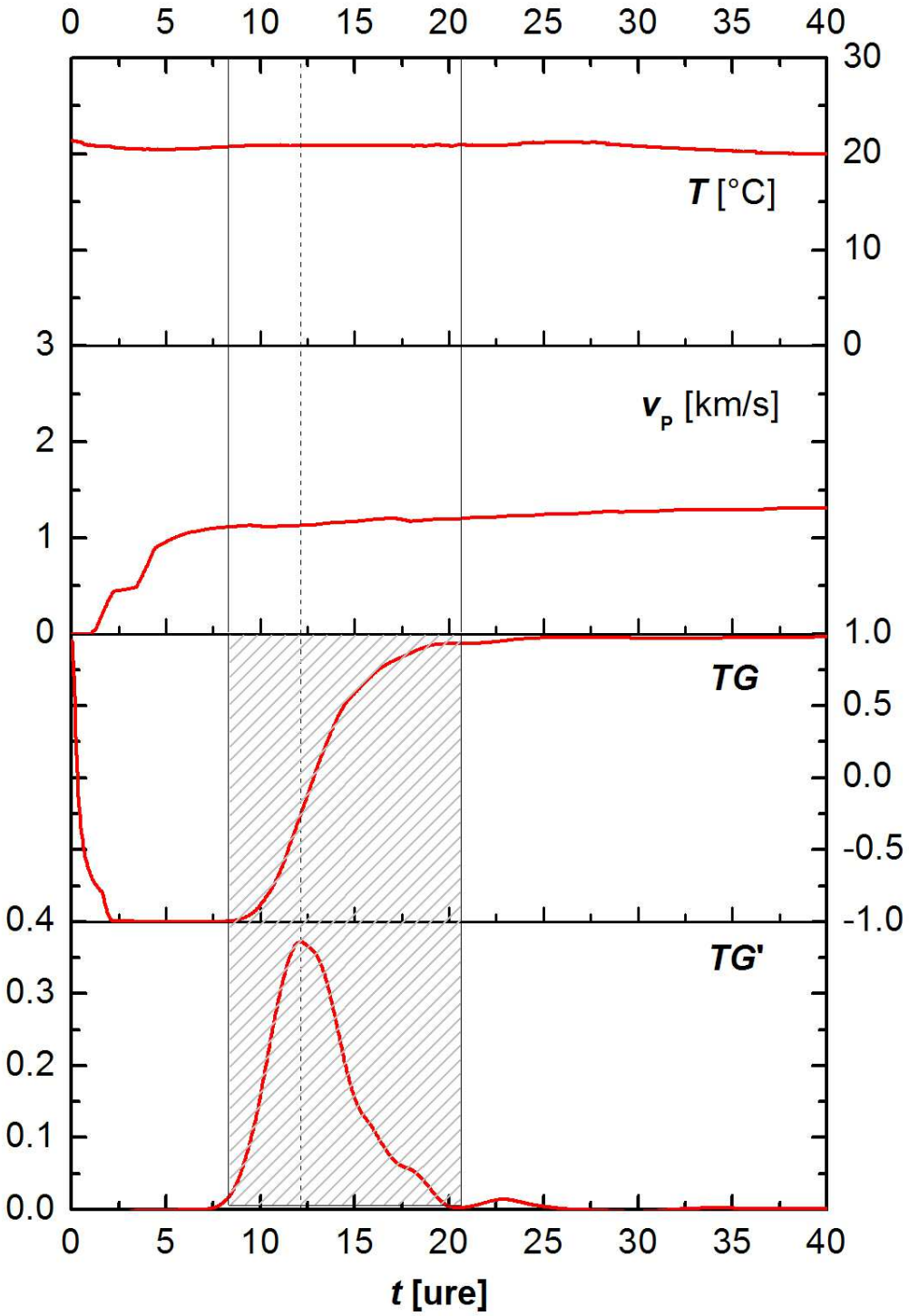

TG (-)
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
0
6
12
18
24
30
36
42
48
t (ure)
OBDOBJE PRED VEZANJEM
(TEKOCE STANJE)
OBDOBJE VEZANJA
OBDOBJE PO VEZANJU
(TRDNO STANJE)
konec vezanja
začetek vezanja
konec vezanja
začetek vezanja
Stanje materiala
Plastično, obdelavno
Hiter prirast trdnosti
Kontinuiren prirast trdnosti
Čas [h]
Stanje materiala
Čas [h]

VPLIV SESTAVE MATERIALA NA NATANČNOST METODE



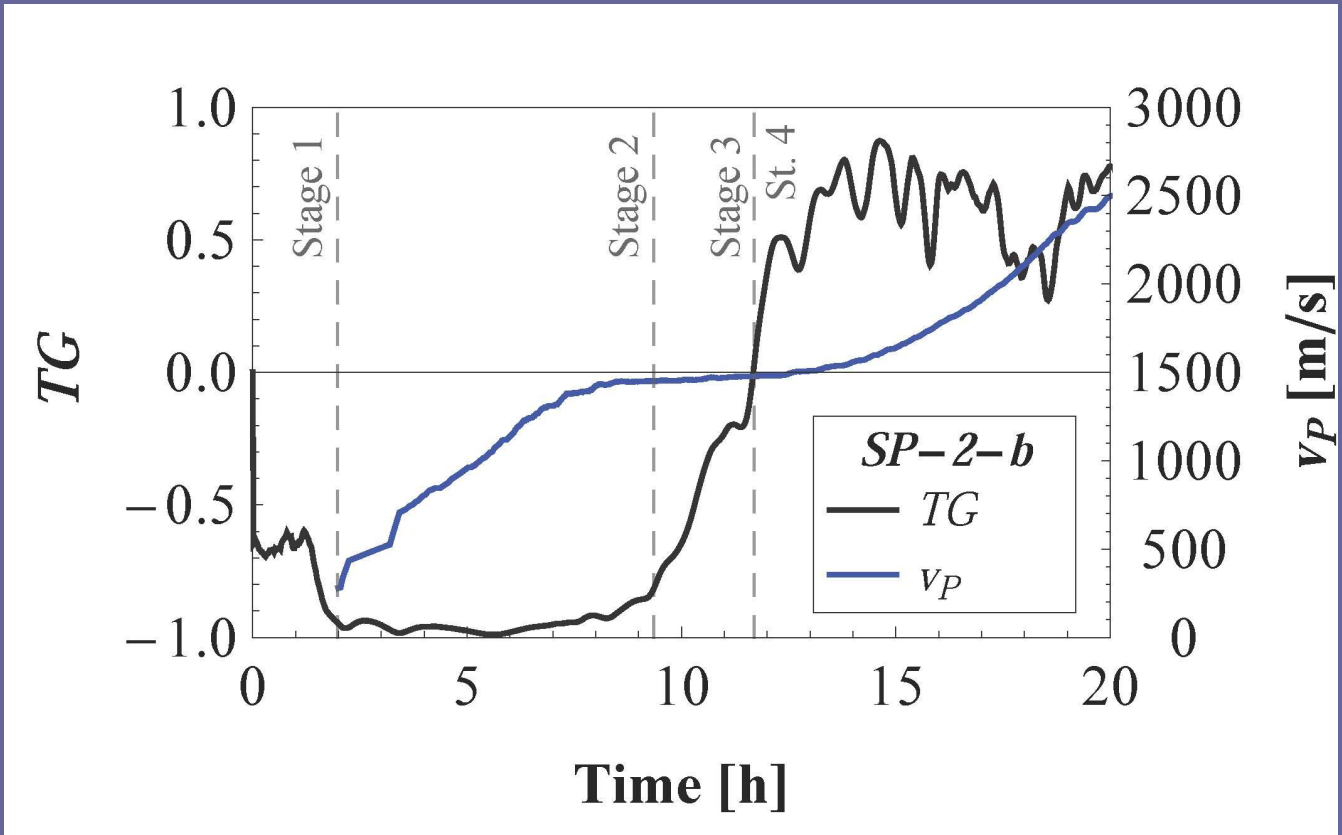


ZANIMIVI PRIMERI...



Injekcijska masa

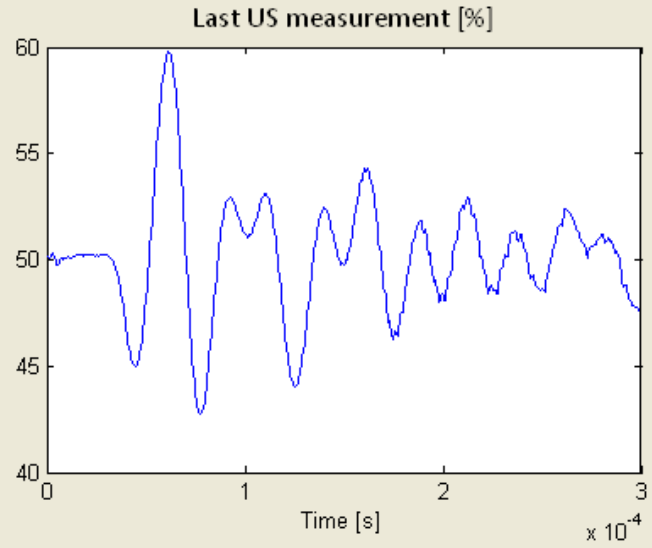
10 % cementa

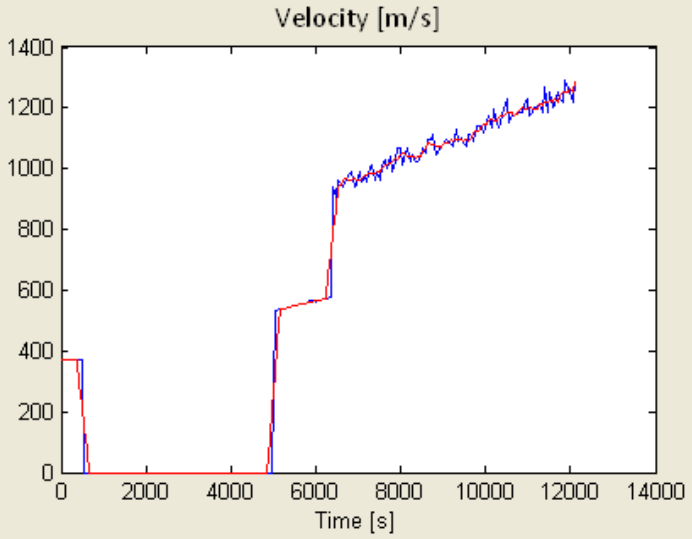


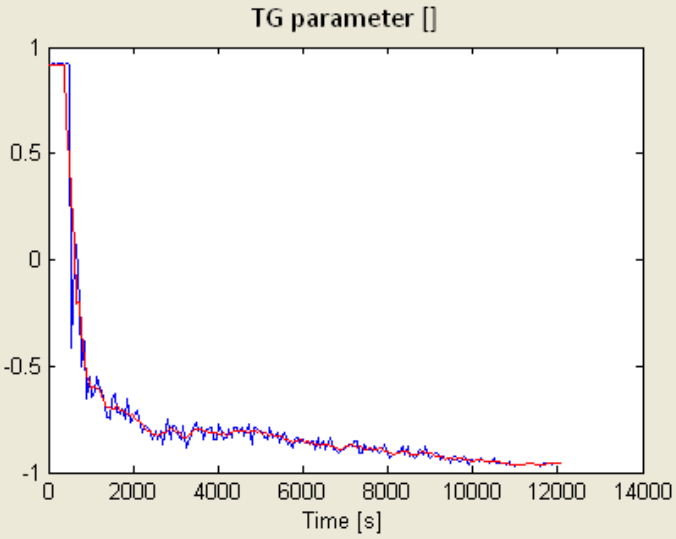
HIPERPLASTIFIKATOR

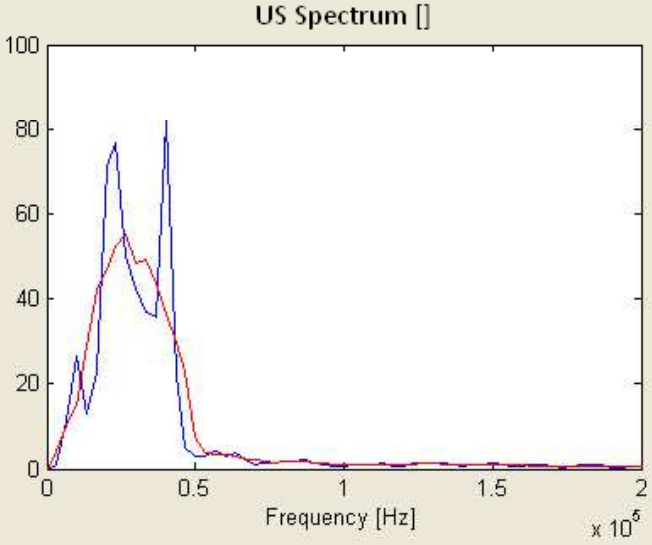
SOFTWARE

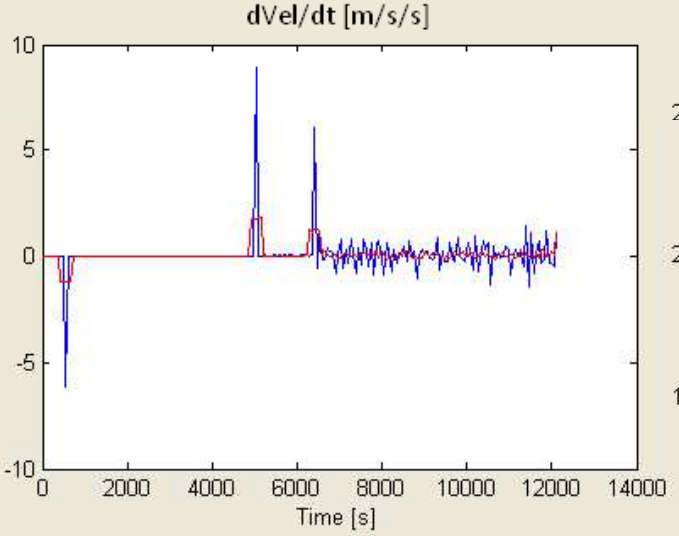
Early Hydration Analysis

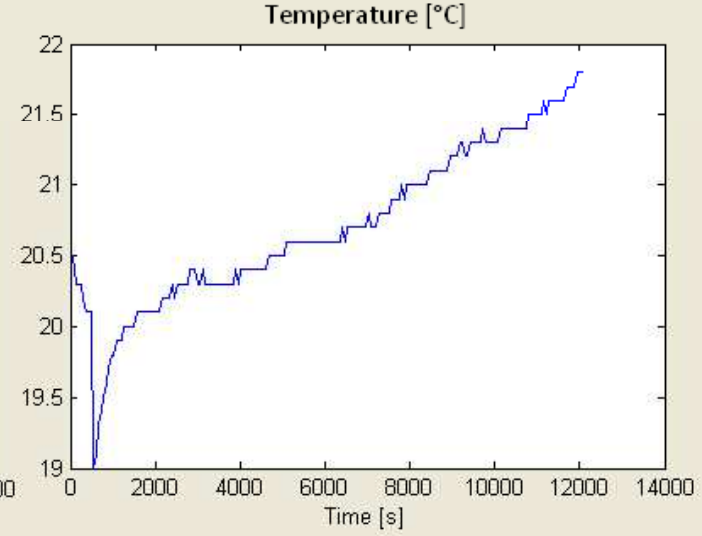












Začni analizo

Ustavi analizo

Končaj in shrani

Naloži podatke

Natavitve

Število točk na meritev: 600

Čas med meritvami (s) 60

Število meritev 1500

Smooth

v 5 TG 5

spekt. UZ 5 dv/dt 5

Poveži sondo

Sonda povezana

Status: Meritev poteka

Začetek merjenja 07:34:27 21/05

Predviden konec 08:34:27 22/05

Št. izvedenih meritev 203

dV_min -10 dV_max 10

Podatki o meritvi

Oznaka: cem04

Distance: 40

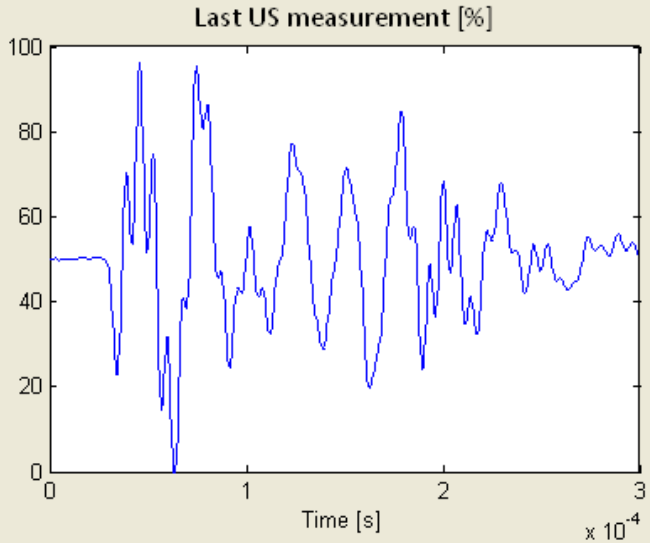
Velocity: 1290.32

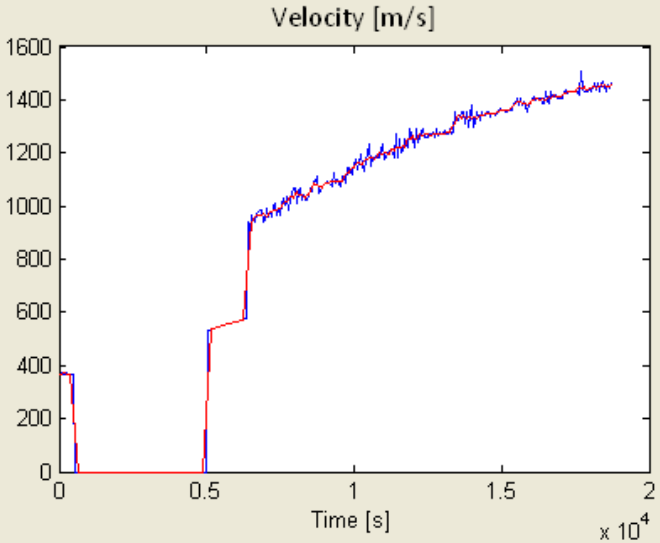
Pulse Ampl: 500 V

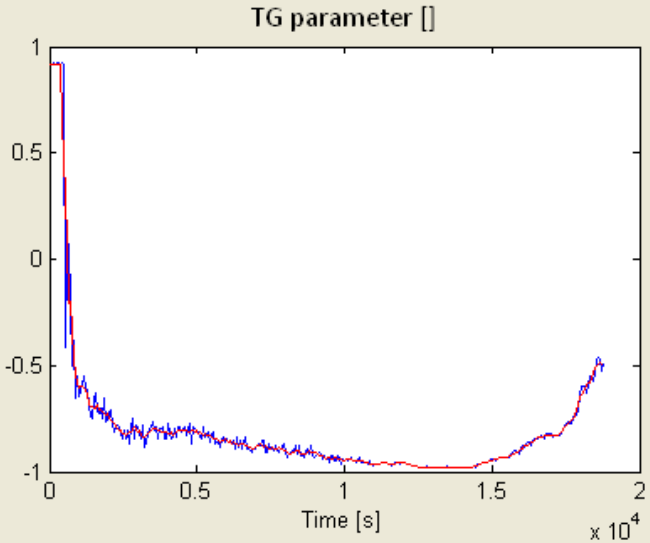
Probe gain: 100

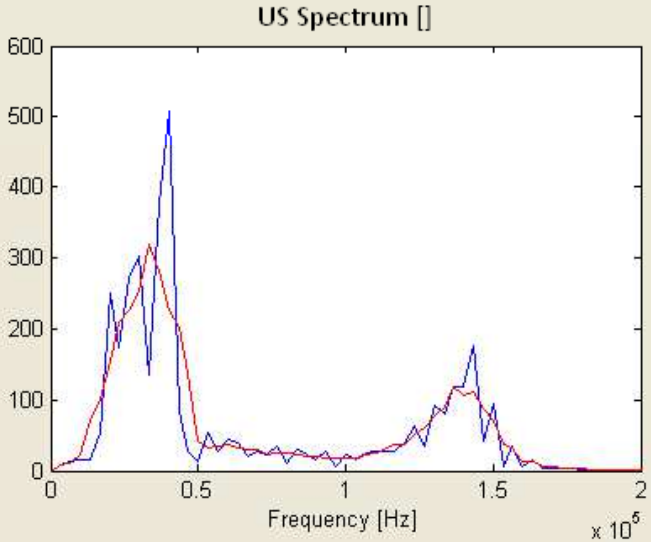
Free license (non-commercial use only)
TeamViewer.com
Functions
Session list
R1687 (918 556 720)

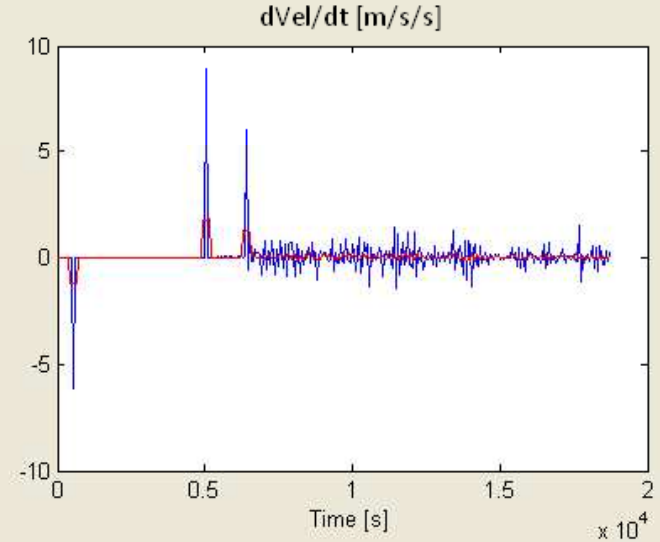
Early Hydration Analysis

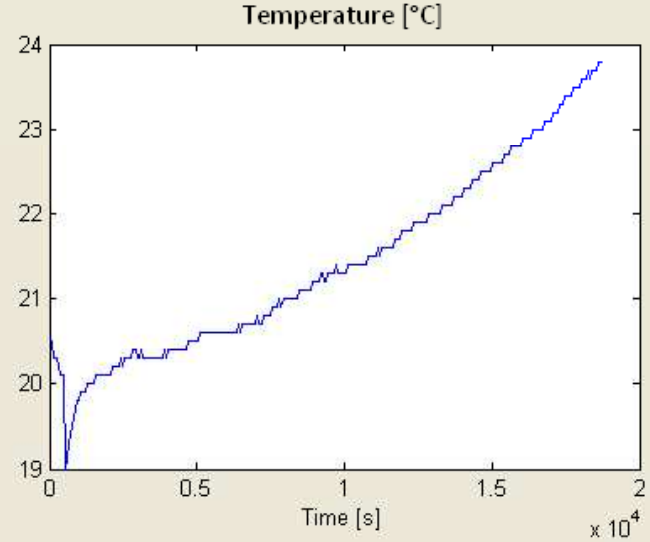












Začni analizo

Ustavi analizo

Končaj in shrani

Naloži podatke

Risi trenutno

Natavitve

Število točk na meritev: 600

Čas med meritvami (s): 60

Število meritev: 1500

Smooth

v: 5 TG: 5

spekt. UZ: 5 dv/dt: 5

Poveži sondo — Sonda povezana

Poveži Termočlen — Termočlen povezan

Status: Meritev poteka

Začetek merjenja: 07:34:27 21/05

Predviden konec: 08:34:27 22/05

Št. izvedenih meritev: 314

dV_min: -10 dV_max: 10

Trtnik & Gams, 2012

Podatki o meritvi

Oznaka: cem04

Distance: 40

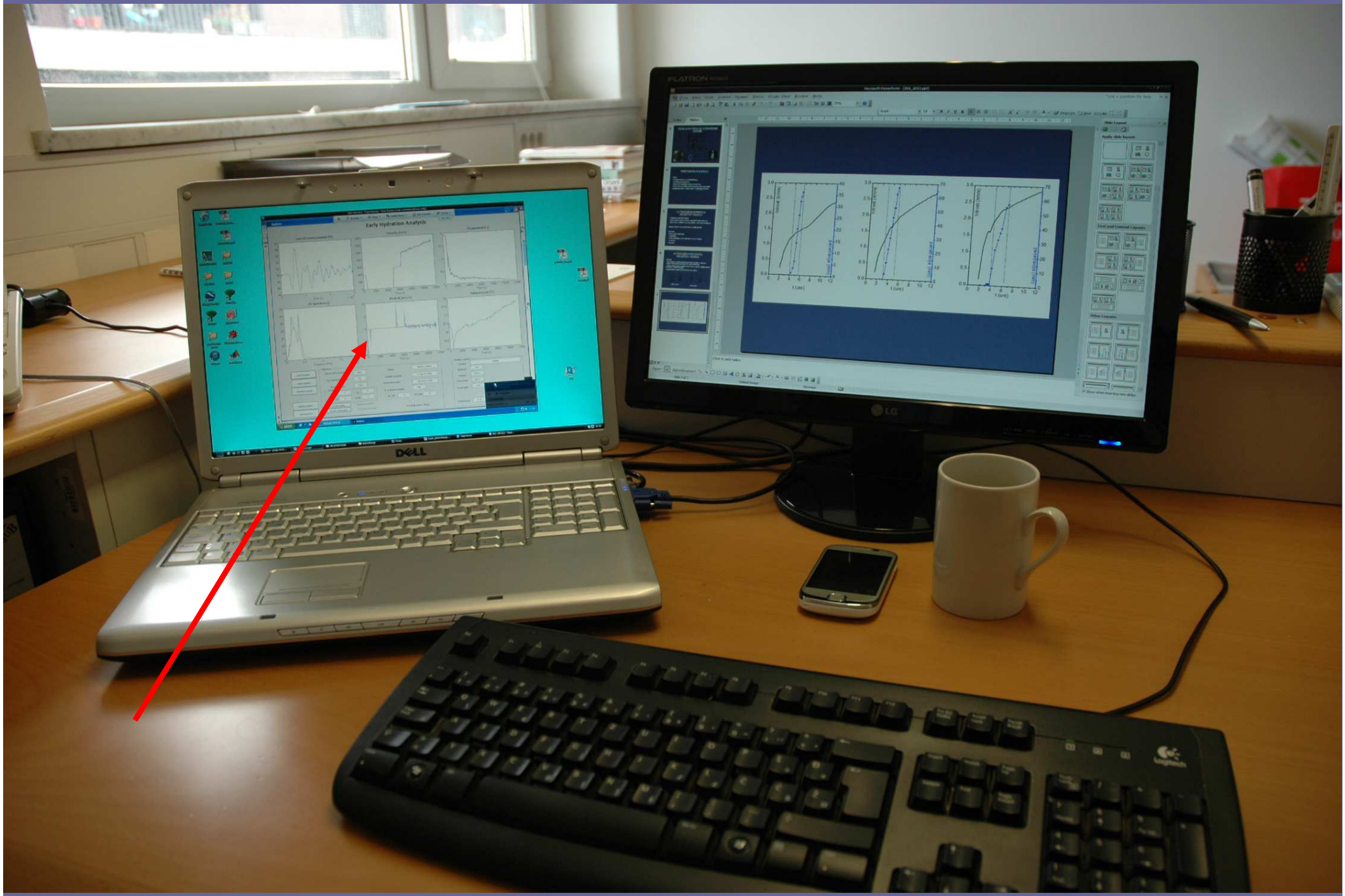
Velocity: 1465.2

Pulse Ampl: 250 V

Probe gain: 100

Temperature: 23.8

Free license (non-commercial use only)
TeamViewer.com
Functions
Session list
R1687 (918 556 720)


Early Hydration Analysis
DELL
LG
Logitech

Analiza
Time [s]
US Spectrum []
Frequency [Hz]
dVel/dt [m/s/s]
Time [s]
Natavitve
Število točk na meritev:
600
Čas med meritvami (s)
60
Število meritev
1500
Smooth
v
5
TG
5
spekt. UZ
5
dv/dt
5
Status:
Meritev poteka
Začetek merjenja
07:34:27 21/05
Predviden konec
08:34:27 22/05
Št. izvedenih meritev
198
dV_min
-10
dV_max
10
Podatki o meritvi
Oznaka:
Začni analizo
Ustavi analizo
Končaj in shrani
Naloži podatke
Riši trenutno
Poveži sondo
Sonda povezana
Poveži Termočlen
Termočlen povezan
Trtnik & Gams, 2012
Functions
Session list
Grega's IPad (567 218 188)
R1687 (918 556 720)
Temperature

IZZIV

Želimo:

- metodo, ki bo jasno in nedvoumno pokazala obdobje intenzivnega vezanja materiala, t.j. transformacijo materiala iz tekočega v trdno stanje,
- metodo, ki bo jasno in nedvoumno pokazala začetek in konec obdobja intenzivnega vezanja,
- metodo, ki bo delovala ne glede na sestavo materiala,
- metodo, ki bo delovala za vse vrste CM, ne glede na prisotnost količine, velikosti in vrste agregata,
- metodo, ki bo popolnoma avtomatizirana, neodvisna od prisotnosti tehnologa.

Zagotovitev vseh zgornjih zahtev bi pomenila ogromno prednost pred klasičnimi penetracijskimi metodami in do sedaj uporabljenim UZ in drugimi naprednimi metodami določitve vezanja CM!

UPORABNOST

- **industrija cementne proizvodnje:** nova metoda za spremljanje fenomenov formiranja strukture in vezanja različnih vrst cementov
- **industrija proizvodnje dodatkov:** nova metoda za spremljanje vpliva prisotnosti dodatkov na proces formiranja strukture in vezanja
- **raziskovalni laboratoriji in univerze:** nova metoda za spremljanje vpliva različnih parametrov sestave na fenomene formiranja strukture in vezanja različnih materialov s cementnim vezivom
- **testna metoda na terenu**

POTRDITEV POMEMBNOSTI METODE

- **5 znanstvenih člankov v reviji "*Cement and Concrete Research*" (trije v zadnjem letu),**
- znanstveni članek v reviji "*NDT&E International*"
- znanstveni članek v reviji "*Ultrasonics*"
- 2 znanstvena članka v reviji "*Automation in Construction*"

- pozitivni odzivi iz tujine (Nemčija, Portugalska, Indija...)

Metoda ima velik potencial, da postane nova testna metoda za določitev obdobja vezanja materialov s cementnim vezivom.

HVALA ZA POZORNOST.