



**SLP d.o.o. Ljubljana**  
Specializirano podjetje za temeljenje objektov  
1000 Ljubljana, Ulica Gradnikove brigade 4, Slovenija

Tel.: +386 1 544 12 80, Fax: +386 1 544 12 81  
E-mail: sfp@siol.net, GSM: 041 633 386

## POROČILO O MERITVAH ZVEZNOSTI PILOTOV

Objekt: **ZID NA CESTI JP 810 851 ČRNČIČ-TIŠLER NA POČENIKU**

Lokacija: **POČENIK, PESNICA PRI MARIBORU**

Naročnik: **GRATEL d.o.o.**  
**Laze 18a, SI-4000 KRAJN**

Št. poročila: PIT039-01-2019 ZID NA CESTI JP 810 851 POČENIK  
Datum: AVGUST 2019

Meritve izvedel:  
D.ZAKONJŠEK,univ.dipl.inž.rud&geoteknol.

Obdelal:  
G.STRNIŠA,univ.dipl.inž.gradb.

**GORAZD STRNIŠA**  
univ. dipl. inž. grad.  
IZS G-1623

Pregledal:  
G.STRNIŠA,univ.dipl.inž.gradb.

**IVAN LESJAK**  
univ. dipl. inž. grad.  
IZS G-1625

SLP d.o.o. LJUBLJANA  
Direktor:  
G.STRNIŠA,univ.dipl.inž.gradb.

**SLP** d.o.o. **Ljubljana**

Družba je registrirana pri Okrožnem sodišču v Ljubljani pod št.: Šrg 1/4746/00, matična št.: 6497418,  
davčna št.: 11767391, Transakcijski račun pri SKB d.d. Ljubljana: 03171-1012125273 Osnovni kapital družbe: 2.995.000,00 SIT

## VSEBINA POROČILA

1./ OSNOVNI PODATKI .....	3
2./ IZVEDBA MERITEV IN INTERPRETACIJA REZULTATOV MERITEV .....	3
3./ REZULTATI MERITEV IN ANALIZ .....	5
4./ KOMENTAR K REZULTATOM.....	6

## PRILOGE:

- PRILOGE 1 SITUACIJA MERITEV IN PREČNI PREREZ ZIDU  
PRILOGE 2 REZULTATI PIT MERITEV IN ANALIZ  
PRILOGE 3 PODATKI O OPREMI ZA MERITVE  
PRILOGE 4 FOTOGRAFIJE Z GRADBIŠČA

## **1./ OSNOVNI PODATKI**

<b>Objekt:</b>	ZID NA CESTI JP 810 851 ČRNČIČ-TIŠLER NA POČENIKU	
<b>Lokacija:</b>	POČENIK, PESNICA PRI MARIBORU	
<b>Podporni zid:</b>	JP 810 851	
<b>Zemljinja:</b>	(m)	<u>Opis zemljine za meritev PIT5 +371,00m)</u>
	0,0-cca7,0	CL glina
	≥ 7,00	Lapor

### **Kratek opis tehnologije izvedbe:**

Podporni zid je sestavljen iz posameznih skal povezanih z betonskim vezivom (skica je v prilogi).

**Namen meritev:** Potrebno je bilo določiti globino zidu na posameznih izbranih točkah kot je označeno na situaciji.

**Izvajanje meritev:** SLP d.o.o LJUBLJANA, Ljubljana  
dne 14.08.2019 ( 5 meritev )  
**SKUPAJ MERJENO: 5 meritev !**

## **2./ IZVEDBA MERITEV IN INTERPRETACIJA REZULTATOV MERITEV**

**2.1./ Metoda testiranja zveznosti s PIT (Pile Integrity Testing)** deluje na osnovi napetostnega valovanja po elementu z izrazito večjo dolžino kot pa je njegov premer. Napetostno valovanje v elementu povzročimo z udarcem ročnega kladiva. Postopek meritev je takšen, da na vrhu elementa-pilota pritrdimo s plastičnim materialom (plastelin, vosek, itd.) zelo občutljiv merilec pospeškov, ki je povezan z računalnikom. Ko s kladivom povzročimo udarni val, merilec pospeškov zazna udarec (napetostni val) in trenutek za tem njegov odboj od konice elementa oz. eventualne poškodbe ali prekinitev elementa. Površina preseka in kvalitete betona na glavi pilota predstavlja izhodišče za ugotavljanje razširitev in zožitev preseka, ter kvalitete betona vzdolž pilota na osnovi meritev.

Za vsak udarec dobimo potek pospeška ali iz njega izračunane hitrosti mernega mesta na ekranu računalnika. Ker za merjeni element običajno poznamo njegovo dolžino in material iz katerega je narejen, s tem pa tudi hitrost s katero se napetostni val po njem premika, lahko izračunamo čas, ki ga napetostni val potrebuje da pride od mernega mesta (glave elementa) do konice elementa in nazaj. Če se tako izračunan čas ujema z dejansko izmerjenim časom prihoda napetostnega vala nazaj, lahko trdimo, da je element neprekinjen oz. nepoškodovan.

V nasprotnem primeru pa lahko določimo lokacijo in delno tudi stopnjo poškodbe elementa. Poleg tega, je pri obdelavi podatkov mogoče izvesti Fourier-jevo analizo (FFT) in na ta način določiti frekvenčni odziv, iz katerega je prav tako mogoče interpretirati spremembe na pilotu. Metoda meritev je relativno enostavna za izvedbo, vendar je interpretacija pridobljenih rezultatov včasih težavna.

*Metoda in postopek meritev je standardizirana s standardom ASTM D-5882-07 "Standard test Method for Low-Strain Integrity Testing of Deep Foundations".*

Kot pri ostalih ne destruktivnih metodah se lahko pridobljeni rezultati delijo na sledečih pet kategorij (po PREGLEDNICI 1): jasna ugotovitev, da pilot nima nobene poškodbe (šifra 1), pilot ima oslabitev (manjša oslabitev je šifra 2, večje lokalne razširitve 2.1 in večja oslabitev je šifra 3), če signal ni jasen oz. na osnovi posnetka ni mogoče definirati stanja pilota (šifra 4).

Kjerkoli se testira več kot štiri pilote je mogoče definirati tipičen posnetek oz. odziv pilota, ki zajema lastnosti tehnologije pilotiranja in lastnosti zemljine oz. temeljnih tal na obravnavani lokaciji. Glede osnovne kategorije in na odstopanje od tipičnega posnetka (TP), pa je mogoče posnetke (pridobljene z meritvami PIT) klasificirati kot sledi v preglednici 1:

#### PREGLEDNICA 1: Pregled možnih ugotovitev stanja pilota

Kategorija	Ugotovitve na osnovi PIT meritve
1*	<b>konica je jasno zaznavna in pilot nima nobene poškodbe (pilot zvezen)</b>
2*	<b>konica je jasno zaznavna in pilot ima manjšo oslabitev (pilot zvezen)</b> (minimalen vpliv na konstrukcijsko nosilnost pilota)
2.1*	<b>večje lokalne razširitve preseka, konica ni jasno zaznavna, ni vidnih poškodb pilota (pilot predvidoma zvezen)</b> (preveriti porabo betona)
3*	<b>pilot ima večjo oslabitev oz. je prekinjen na določeni globini</b> (prevera s statičnim ali dinamičnim testom nosilnosti, prevrtavanje, izdelava novega pilota, itd. – seznaniti projektanta)
4*	<b>rezultat meritve ni jasen oz. na osnovi posnetka ni mogoče definirati stanja pilota</b> (vzrok za to, da ni možno definirati stanja pilota je lahko več; slab ali močno razpokan beton na glavi pilota, več zaporednih lokalnih razširitev/zožitev preseka ali sprememb kvalitete betona, vključki zemljine ali samic v telo pilota, itd. – seznaniti projektanta in geotehnika)

#### OPOMBE k preglednici 1:

Impedanca ali valovna odpornost pilota je definirana z izrazom  $Z=EA/c$ , kjer je E modul elastičnosti materijala, A prečni presek pilota in c hitrost širjenja napetostnih valov.

\*1 rezultati meritve so v okviru tipičnega posnetka z odstopanjem povprečne hitrosti  $c < 5\%$  in sprememb  $v(t) < 5\%$  vhodnega signala, konica je vidna

\*2 rezultati meritve so v okviru tipičnega posnetka z odstopanjem povprečne hitrosti  $c < 10\%$  in sprememb  $v(t) < 20\%$  vhodnega signala, konica je vidna

\*2.1 rezultati meritve so v okviru tipičnega posnetka, lokalna povečanja impedance, ni vidnih zmanjšanj impedance pod impedanco pri vhodnem signalu, konica ni jasno vidna

\*3 ugotovljena je večja zožitev preseka pilota glede na zgornji presek ali pa zmanjšanje kvalitete betona

\*4 vzrok za to, da ni možno definirati stanja pilota je lahko več; slab ali močno razpokan beton na glavi pilota, več zaporednih lokalnih razširitev/zožitev preseka ali sprememb kvalitete betona, vključki zemljine ali samic v telo pilota,..

#### PREGLEDNICA 2: Kvaliteta betona v odvisnosti od hitrosti c (m/s)

#### potovanja napetostnih valov po betonu po Tarun&Malhotra

Pričakovana trdnost betona (MPa)	Hitrost potovanja napetostnih valov po betonu c (m/s)
=<20	< 3400
20-28	3400-3700
28-35	3700-3900
35-40	3900-4000
>=40	> 4100

#### OPOMBA k preglednici 2:

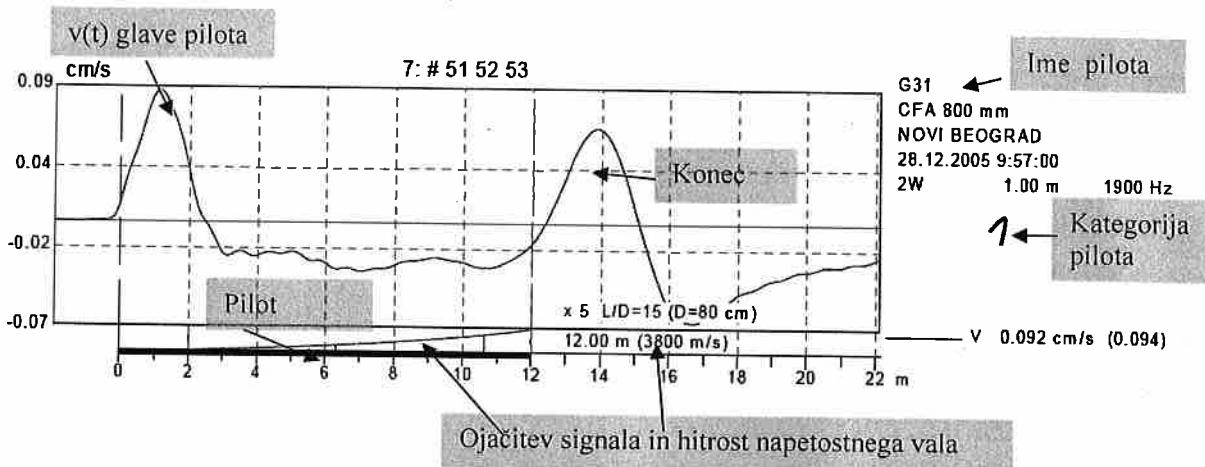
Povprečna hitrost potovanja napetostnih valov je določena na osnovi podane dolžine armature in pilota. Hitrost potovanja napetostnih valov ni odvisna samo od kvalitete betona, ampak tudi od starosti betona. Čim mlajši je beton, tem bolj počasno je potovanje napetostnih valov.

### 3./ REZULTATI MERITEV IN ANALIZ

Rezultati PIT meritev so pregledno prikazani v preglednici in grafičnem izpisu v prilogi 1, kjer so za vsak merjen pilot navedeni sledeči podatki:

- Oznaka pilota (Pile Name)
- Datum meritve (DateCollected)
- Posredovana dolžina pilota (Pile Length)
- Hitrost potovanja napetostnega vala (WaveSpeed)
- Ojačitev signala (Magnification)
- Kategorija-oznaka oslabitve (Comments)-če je pilot nepoškodovan ni nobene oznake

Za vsak merjen (testiran) pilot je narisani graf povprečne hitrosti  $v(t)$ . Na sliki spodaj so osnovne obrazložitve grafa  $v(t)$ :



#### Komentarji na grafu $v(t)$ pomenijo:

- +Z – povečana impedanca Z ali razširitev preseka pilota
- Z – zmanjšana impedanca Z ali zožanje preseka pilota
- B – lokalno slab beton na glavi pilota
- SR – velik otpor zemljine oz. tal
- Toe – konec oz. Noga pilota je vidna

#### OPOMBA:

Impedanca pilota (valovna odpornost) je definirana z izrazom  $Z = \frac{E \cdot A}{c}$ , kjer je E elastični modul betona, A je prečni prerez in c je hitrost potovanja napetostnih valov po pilotu (betonu).

Hitrosti večje kot 4200 m/s kažejo na potencialno krašje pilote.

**4./ KOMENTAR K REZULTATOM**

Za referenco je bila izvedena še ena meritev na zidu, ki je bil po prejetih informacijah izveden enako kot kontroliran zid in pri katerem je bila globina oz. višina zidu poznana ( 4.5 m). Pri tem zidu je bila ugotovljena hitrost valovanja 3700 m/s.

Iz rezultatov meritev na zidu je bilo ugotovljeno območje možne hitrosti valovanja med  $c=3400$  m/ in  $c=3700$  m/s.

**PREGLEDNICA 3: Globine zidu na izbranih lokacijah**

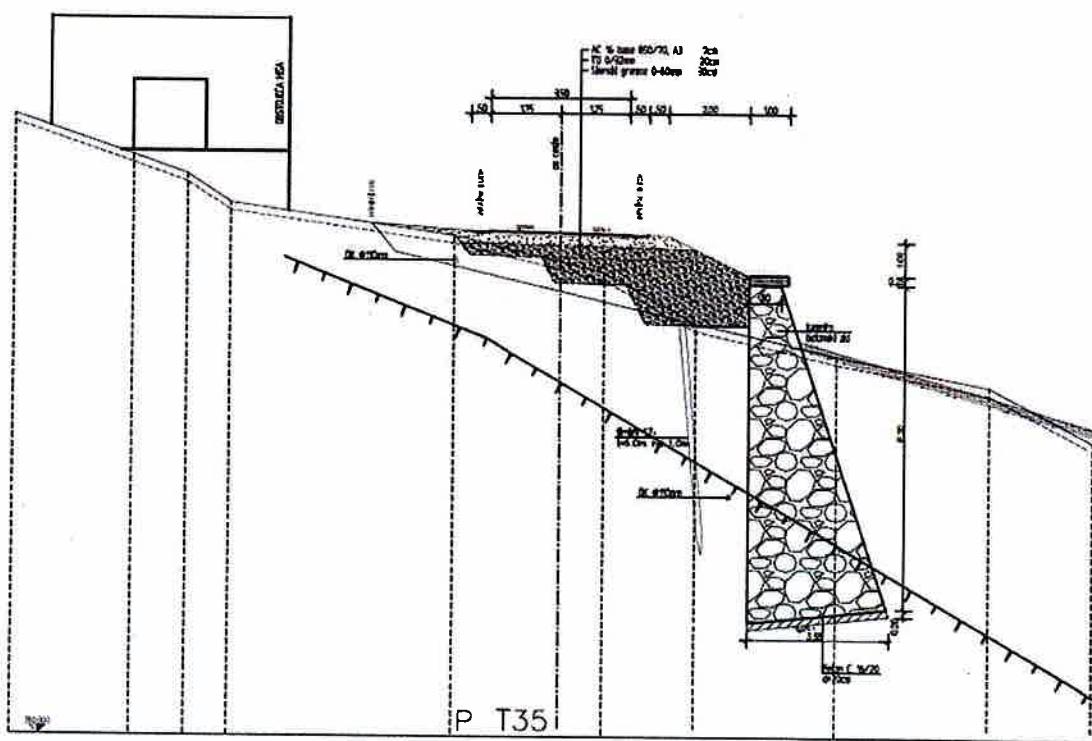
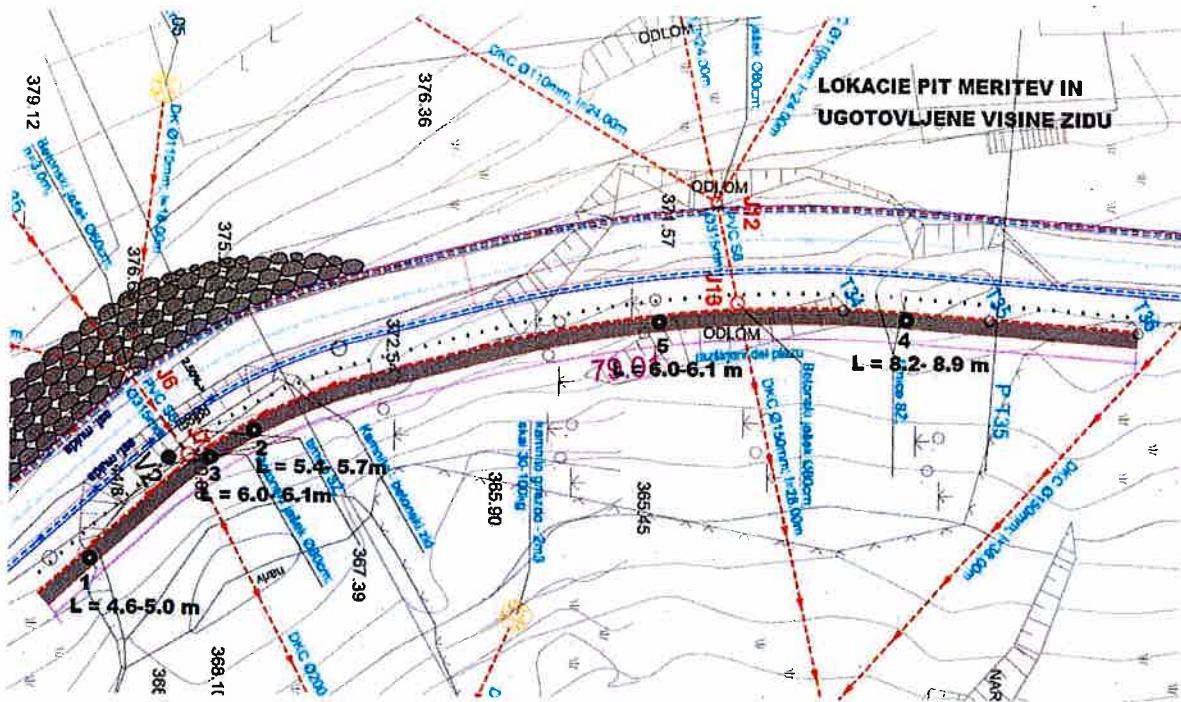
Oznaka	Globina
	[m]
PIT 1	4,6-5,0
PIT 2	5,4-5,7
PIT 3	6,0-6,1
PIT 4	8,2-8,9
PIT 5	6,0-6,1

Glede na izvedene meritve so pričakovane globine zidu na merjenih lokacijah med 4.6 m do 8.9 m.

Obdelal:

Gorazd STRNIŠA,univ.dipl.inž.gradb.

## PRILOGE 1 SITUACIJA MERITEV IN PREČNI PREREZ ZIDU



## PRILOGE 2 REZULTATI PIT MERITEV IN ANALIZ

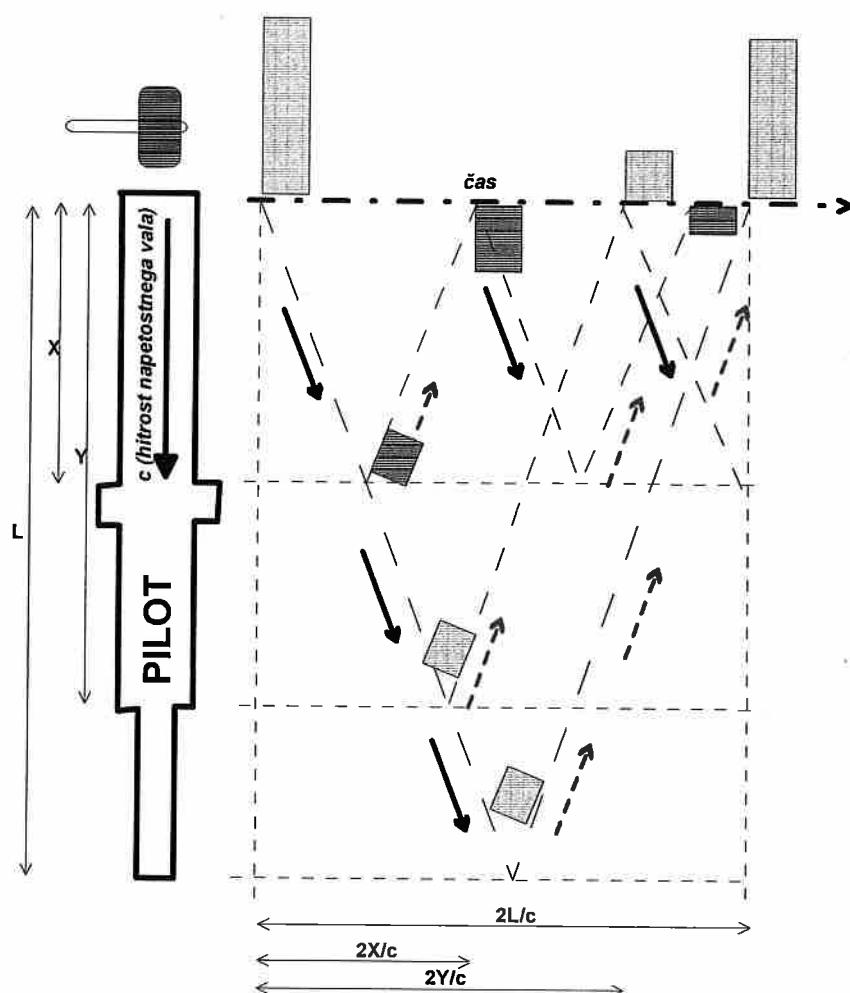
Obrazložitev priloženih grafov:

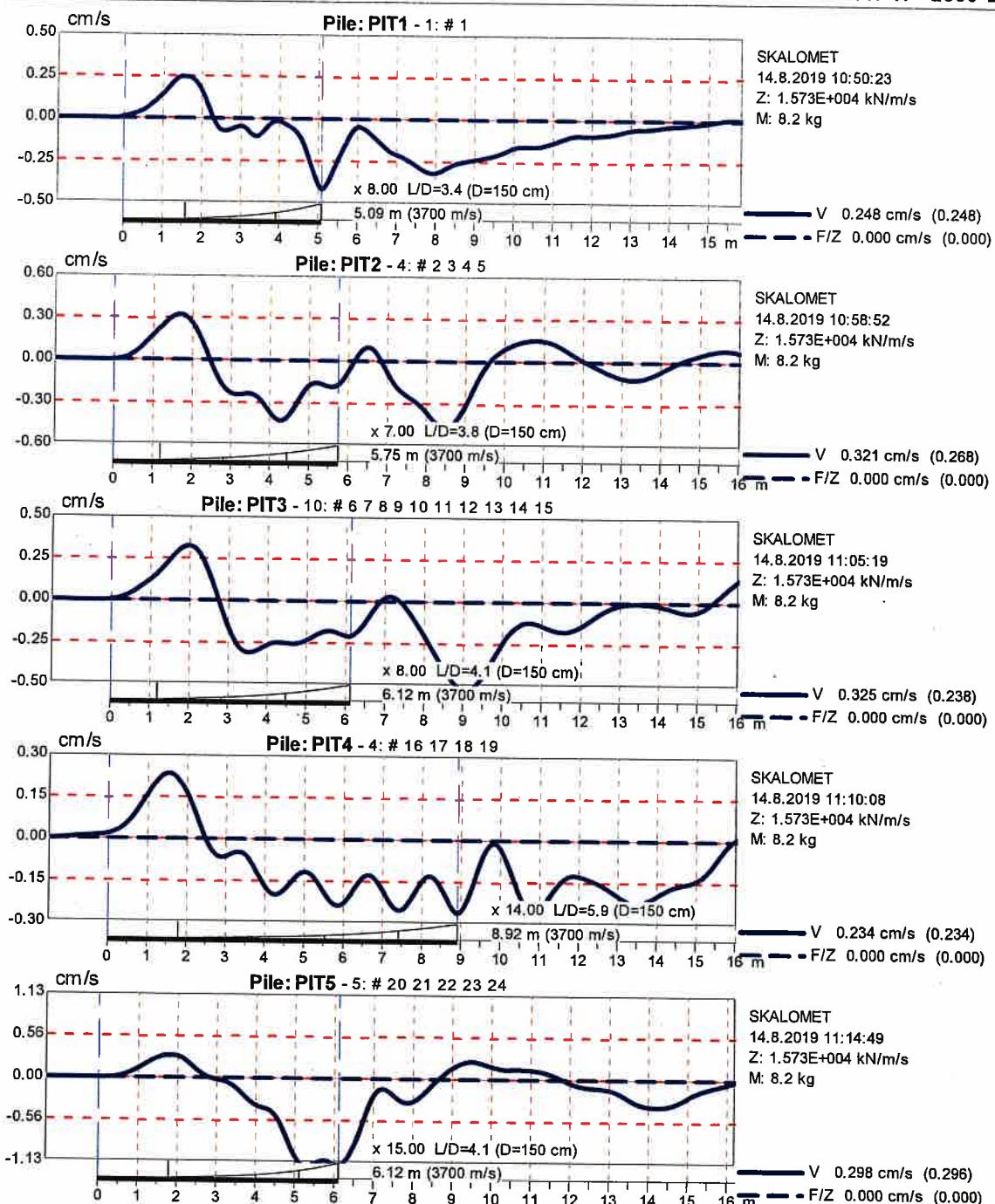
- Na vsakem listu je lahko do šest izrisanih (merjenih) pilotov. Za vsak merjen pilot je kot osnovni rezultat izrisan graf, na katerem je prikazana hitrost pomika glave pilota v odvisnosti od časa oz globine ( $v(t)$ ). Pod tem grafom je shematično narisani pilot z navedeno dolžino (m) in hitrostjo potovanja napetostnih valov (m/s) in poleg ostalega še stopnja eksponentne ojačitve signala.

Za nekatere pilote je po potrebi določen frekvenčni odziv na osnovi hitre Fourier-jeve analize. Za te pilote je izrisan tudi spekter frekvenčnega odziva v grafu na katerem je x os nanešena frekvanca v Hz, na y os pa hitrost pomika glave kola v um/s. Črtkane vertikalne črte nakazujejo frekvenčne vrhove iz katerih razlike lahko določimo dolžino pilota ali lokacijo spremembe.

V kolikor je bila za pilot izvedena PITSTOP analiza (modeliranje preseka pilota) so v prilogi tudi glavni rezultati analize predstavljeni na grafu, ki prikazuje spremembo impedance vzdolž pilota.

### POTOVANJE NAPETOSTNIH VALOV





SLP d.o.o. Ljubljana  
PESNICA 14 08 2019

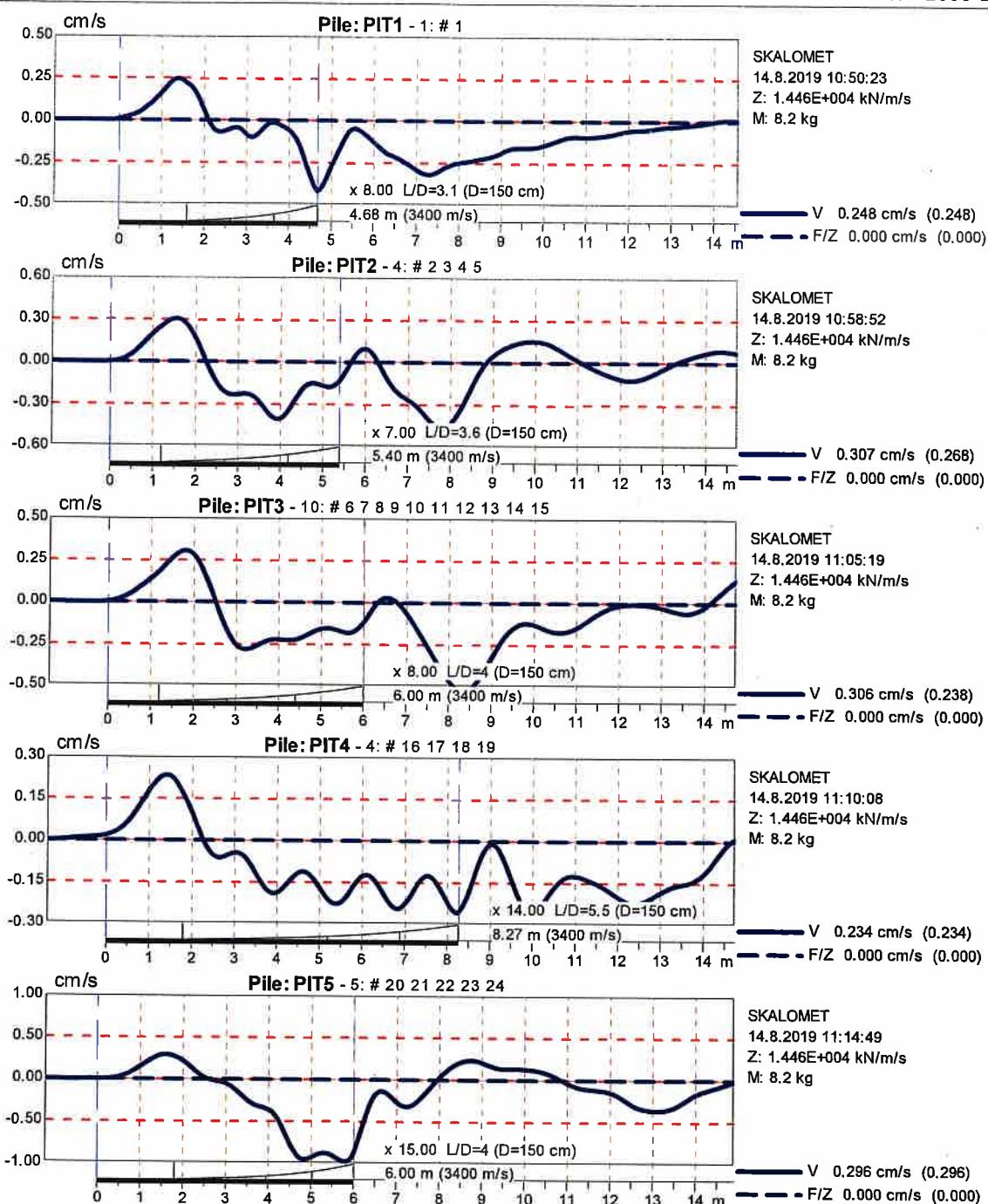
14.8.2019

039191 Pesnica Pocenik oporni zid 1 3700.PIT

PIT-W 2009-2

Summary of Records

Pile	Date	Pile Length m	Wave Speed m/s	Magn	Comments
PIT1	14.8.2019	5.09	3700.00	8.00	
PIT2	14.8.2019	5.75	3700.00	7.00	
PIT3	14.8.2019	6.12	3700.00	8.00	
PIT4	14.8.2019	8.92	3700.00	14.00	
PIT5	14.8.2019	6.12	3700.00	15.00	



SLP d.o.o. Ljubljana  
PESNICA 14 08 2019

14.8.2019

039191 Pesnica Pocenik oporni zid 1 g.PIT

PIT-W 2009-2

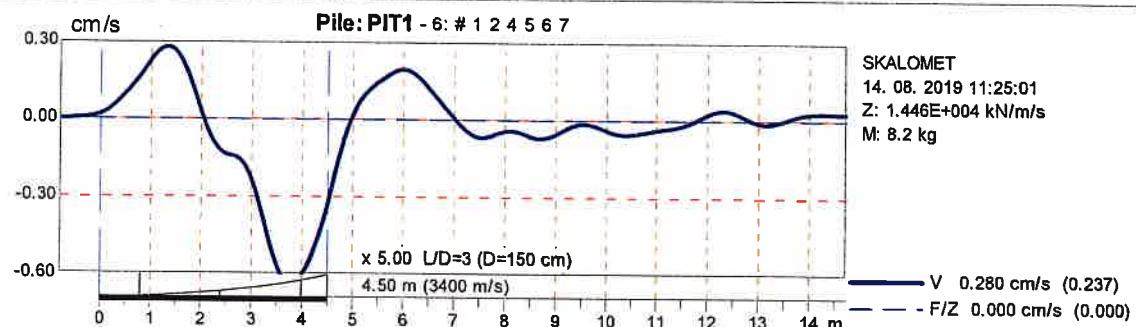
Summary of Records

Pile	Date	Pile Length m	Wave Speed m/s	Magn	Comments
PIT1	14.8.2019	4.68	3400.00	8.00	
PIT2	14.8.2019	5.40	3400.00	7.00	
PIT3	14.8.2019	6.00	3400.00	8.00	
PIT4	14.8.2019	8.27	3400.00	14.00	
PIT5	14.8.2019	6.00	3400.00	15.00	

SLP d.o.o. Ljubljana  
PESNICA 14 08 2019 ZID2  
C:\...\pesnica\039191 Pesnica Pocenik Zid REF.PIT

14. 08. 2019

PIT-W 2009



SLP d.o.o. Ljubljana  
PESNICA 14 08 2019 ZID2  
C:\...\pesnica\039191 Pesnica Pocenik Zid REF.PIT

14. 08. 2019

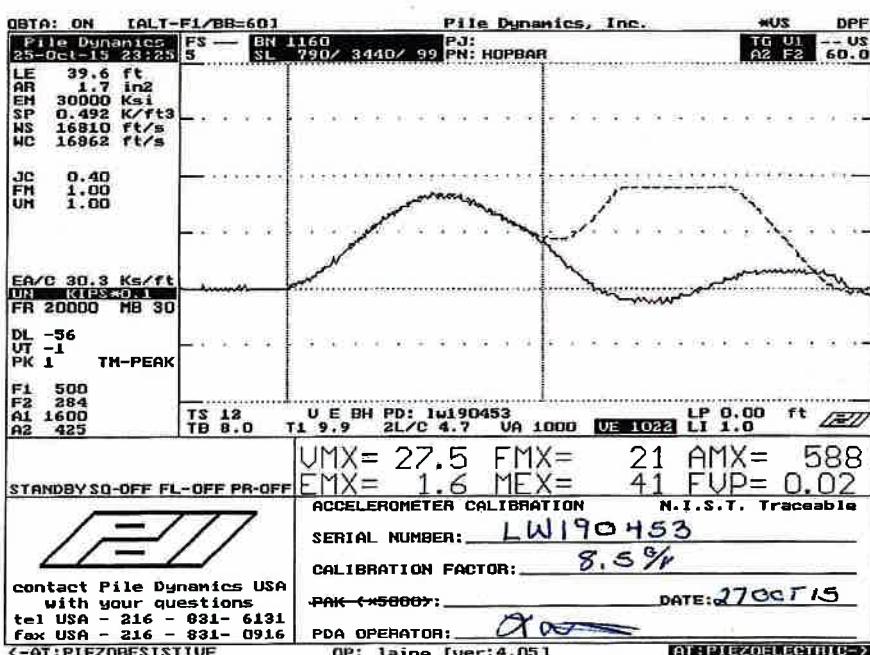
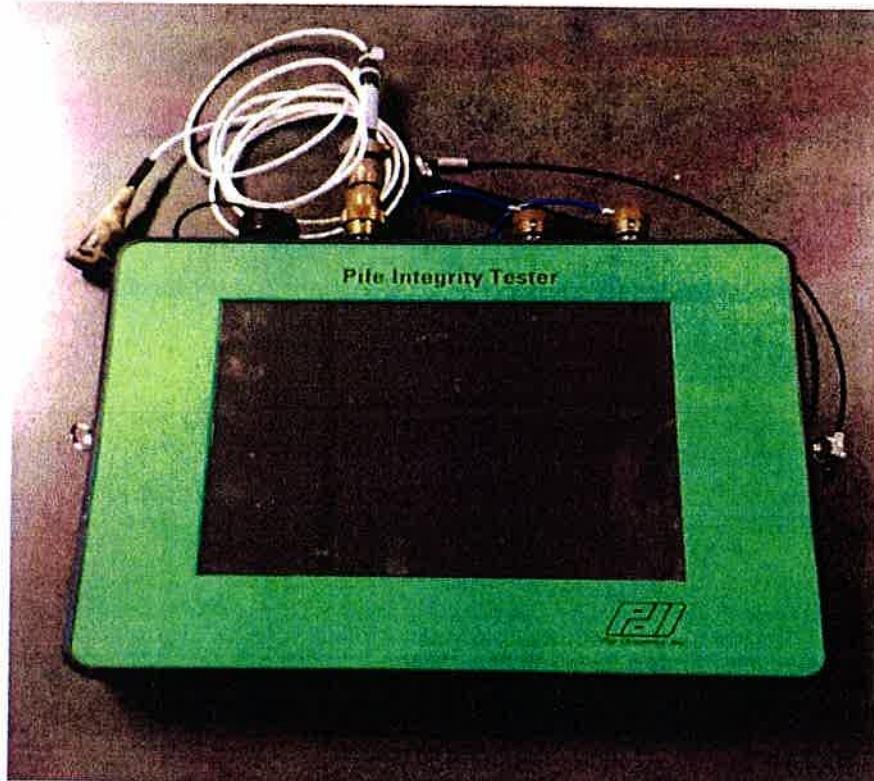
PIT-W 2009

Summary of Records

Record No.	Record ID	Pile Name	Date Collected	Pile Length m	Wave Speed m/s	Magn	Comments
1	1	PIT1	14. 08. 2019	4.50	3400.00	5.00	

## PRILOGE 3 PODATKI O OPREMI ZA MERITVE

DATA COLLECTOR Model PIT-XA; Ser. No.: 4200  
 ACCELEROMETER; Ser.No.: LW190453; Calibration Factor: 8.5 g/V  
 INSTRUMENTED HAND HAMMER; Ser.No.: 51568; Calibration Factor: 1036 g/V



## PRILOGE 4 FOTOGRAFIJE Z GRADBIŠČA

Preiskovani podporni zid.

