

# Gradbeni vestnik • GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN

TEHNIKOV SLOVENIJE in MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH

INŽENIRJEV PRI INŽENIRSKI ZBORNICI SLOVENIJE

UDK-JDC 05 : 625; ISSN 0017-2774

Ljubljana, januar 2004, letnik 53, str. 1-16

Izdajatelj:

**Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS)**, Karlovska 3, 1000 Ljubljana, telefon/faks 01 422 4622 v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev pri Inženirski zbornici Slovenije (MSG IZS)**, ob podpori **Ministrstva za šolstvo, znanost in šport, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani** in **Zavoda za gradbeništvo Ljubljana**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**

izr. prof. dr. **Matjaž Mikoš**

**Jakob Presečnik**

MSG IZS: **Gorazd Humar**

**mag. Črtomir Remec**

**doc. dr. Branko Zadnik**

FGG Ljubljana: **doc. dr. Marijan Žura**

FG Maribor: **Milan Kuhta**

ZAG: **prof. dr. Miha Tomažević**

Glavni in odgovorni urednik:

**prof. dr. Janez Duhovnik**

Sodelavec pri MSG IZS:

**Jan Kristjan Juteršek**

Lektorica:

**Alenka Raič Blažič**

Lektorica angleških povzetkov:

**Darja Okorn**

Tajnica:

**Anka Holobar**

Oblikovalska zasnova:

**Mateja Goršič**

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

**Kočevski tisk**

Naklada:

**2750 izvodov**

Podatki o objavah v reviji so navedeni v bibliografskih bazah COBISS in ICONDA (The Int. Construction Database) ter na

<http://www.zveza-dgits.si>

Letno izide 12 števk. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 5500 SIT; za študente in upokojence 2200 SIT; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 40.687,50 SIT za en izvod revije; za naročnike iz tujine 100 USD. V ceni je všteti DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:  
02017-0015398955

## Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

- Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
- Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
- Besedilo prispevkov mora biti napisano v slovenščini.
- Besedilo mora biti izpisano z znaki velikosti 12 pik z dvojnimi presledki med vrsticami.
- Prispevki morajo imeti naslov, imena in priimke avtorjev ter besedilo prispevka.
- Besedilo člankov mora obvezno imeti: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); oznako ali je članek strokoven ali znanstven; nazive, imena in priimke avtorjev ter njihove naslove; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; naslov SUMMARY, in povzetek v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ..., naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so dodatki označeni še z A, B, C, itn.
- Poglavlja in razdelki so lahko oštevilčeni.
- Slike, preglednice in fotografije morajo biti omenjene v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino. Vse slike in fotografije v elektronski obliki (slike v običajnih vektorskih grafičnih formatih, fotografije v formatih .tif ali .jpg visoke ločljivosti) morajo biti v posebnih datotekah, običajne fotografije pa priložene.
- Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
- Kot decimalno ločilo je treba uporabiti vejico.
- Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki: (priimek prvega avtorja, leto objave). V istem letu objavljena dela istega avtorja morajo biti označena še z oznakami a, b, c, itn.
- V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela opisana z naslednjimi podatki: priimek, ime prvega avtorja (lahko okrajšano), priimki in imena drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
- Način objave je opisan s podatki: knjige: založba; revije: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; zborniki: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani od do; raziskovalna poročila: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; za druge vrste virov: kratek opis, npr. v zasebnem pogovoru.
- Prispevke je treba poslati glavnemu in odgovornemu uredniku prof. dr. Janezu Duhovniku na naslov: FGG, Jamova 2, 1000 LJUBLJANA oz. [janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si](mailto:janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si). V spremnem dopisu mora avtor članka napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren. Prispevke je treba poslati v enem izvodu na papirju in v elektronski obliki v formatu MS WORD in v 8. točki določenih grafičnih formatih.

Uredništvo



# Vsebina • Contents

## UVODNIK

stran 2

prof. dr. Janez Duhovnik

## Članki • Papers

stran 3

Jelenko Ačanski, univ. dipl. inž. grad.

**PROJEKTIRANJE IN IZVEDBA VIADUKTA ŠENTOŽBOLT**  
DESIGN AND CONSTRUCTION OF VIADUCT ŠENTOŽBOLT



stran 8

mag. Stanislav Lenart, univ. dipl. inž. grad.

**POSTOPKI DOLOČANJA LASTNOSTI DINAMIČNO OBREMENJENIH ZEMLJIN**

PROCEDURES FOR THE DETERMINATION OF THE PROPERTIES OF DYNAMICALLY LOADED SOILS



stran 14

prof. dr. Janez Duhovnik, univ. dipl. inž. grad.

**STANJE EVROPSKIH STANDARDOV OSNOVE PROJEKTIRANJA KONSTRUKCIJ (EN 1990) IN VPLIVI NA KONSTRUKCIJE (EN 1991)**  
STATE-OF-THE-ART OF THE EUROPEAN STANDARDS BASIS OF STRUCTURAL DESIGN (EN 1990) AND ACTIONS ON STRUCTURES (EN 1991)

## Novi diplomanti gradbeništva

J. K. Juteršek, univ. dipl. inž. grad.

## Koledar prireditev

J. K. Juteršek, univ. dipl. inž. grad.

Slika na naslovnici: Viadukt Šentožbolt, foto J. Ačanski



# GRADBENI VESTNIK ŠE IZHAJA!

To, da je decembrska številka Gradbenega vestnika za leto 2003 izšla šele sredi januarja 2004, je morda naredilo vtis, da bo edina slovenska gradbeniška strokovna in znanstvena revija prenehala kolikor toliko redno izhajati, ali pa je sploh ne bo več. Potem ko je v zadnjih nekaj letih do konca leta izšlo po dvanajst števil, se je zaradi dolgih decembrskih praznikov ter še nekaterih izjemnih razlogov, ki so se nagrmadili v tem času, izid tokrat nepričakovano zavlekel. V imenu vseh, ki smo pri tem sodelovali, prosim vse bralce, da nam zamudo opravičijo.

Pred vami je januarska številka Gradbenega vestnika 2004. Ima novo zunanjo in notranjo podobo. Do nje je vodila daljša pot. Nekaj o tej poti je napisano v rubriki Društvene novice v decembrski številki 2003. Na kratko povedano, je nova podoba Gradbenega vestnika rezultat dveh razpisov. V prvem smo za ponudbe prosili tiskarje, v drugem pa oblikovalce. Na prvega, ki je bil dvostopenjski, se je odzvalo osem tiskarn, na drugega, enostopenjskega, pa trije oblikovalci. Med tiskarji je bil najugodnejši ponudnik Kočevski tisk, med oblikovalci pa Mateja Goršič iz Ribnice.

Obe spremembi sta bili potrebni predvsem zato, ker so bili stroški za izdajo Gradbenega vestnika na podlagi starih dogovorov in z inflacijo rastočih računov previsoki za Zvezo gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, kjer je izdajanje Gradbenega vestnika poleg organizacije seminarjev za strokovne izpite edina dejavnost, ki prinaša denar za financiranje strokovne službe.

Vsebina te številke Gradbenega vestnika je podobna kot dosedanje. Odraža stanje gradbeništva, o katerem so nekateri pripravljeni pisati, čeprav zato ne dobivajo honorarja. K pisanju jih spodbujajo drugi dejavniki, med katerimi je najpomembnejša nujnost objav za raziskovalce in učitelje na univerzah. To nedvomno prispeva k prenosu znanja v prakso. Nič manjša pa ni potreba, da se z objavo razgrnejo dosežki projektantov, izvajalcev in drugih gradbenikov, udeleženih pri graditvi objektov. Razveseljivo je, da je med avtorji več novih in mlajših. Predvidevamo, da bomo postopoma lahko posamezne članke tudi honorirali.

To številko bodo tako kot vse letošnje brezplačno prejeli vsi novi diplomanti na gradbenem oddelku Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. Stroški za te izvode revije bodo plačani iz dotacije fakultete. Tako se bo strokovna zveza oddolžila fakulteti za dolgoletno finančno podporo, obenem pa navezala stik z bodočimi naročniki revije. K podobnemu sodelovanju vabim tudi Fakulteto za gradbeništvo v Mariboru.

V skladu z zakonom o medijih je bilo treba urediti vpis Gradbenega vestnika v razvid medijev pri Ministrstvu za kulturo. To je bil tudi pogoj za finančno podporo s strani Ministrstva za znanost, šolstvo in šport. K zaključku postopka vpisa, ki se sedaj končuje, sta največ prispevala član Izvršnega odbora zveze Boris Pečenko, ki je pripravil osnutek novega statuta zveze in poslovnik o izdajanju Gradbenega vestnika, ter Anka Holobar, ki je urejala zadeve na številnih uradih.

V skladu z novim poslovnikom bo dosednji uredniški odbor zamenjal izdajateljski svet. Vsem članom uredniškega odbora se za opravljeno delo zahvaljujem. Članom izdajateljskega sveta pa se zahvaljujem za soglasje k imenovanju v svet in jim želim čimbolj uspešno in tvorno sodelovanje.

Vse to bi ne bilo mogoče, če bi Gradbeni vestnik ne imel naročnikov. Med njimi je največ tistih, ki so člani Matične sekcije gradbenih inženirjev pri Inženirski zbornici Slovenije. Ker se je v zvezi s soizdajateljstvom pojavilo vprašanje skladnosti s predpisi, bo treba odnose med zvezo in zbornico čimprej pogodbeno urediti. Zlasti pa je pomembno, da bi v sekciji gradbenih inženirjev poskrbeli za obširnejša poročila o dogajanju v zbornici. Doslej smo jih za objavo dobivali le redkokdaj. Tako bo napis na naslovnici, da je Gradbeni vestnik glasilo matične sekcije, še bolj upravičen.

Ob začetku novega leta 2004 želim vsem bralcem in sodelavcem čimveč poslovnih uspehov in osebne sreče!



# PROJEKTIRANJE IN IZVEDBA VIADUKTA ŠENTOŽBOLT

## DESIGN AND CONSTRUCTION OF VIADUCT ŠENTOŽBOLT

**Jelenko Ačanski, univ. dipl. inž. grad.,**

GRADIS Biro za projektiranje Maribor d.o.o.,  
Lavričeva 3,  
2000 Maribor

**Strokovni članek** UDK 624.21:625.745.1

**Povzetek** | V članku je opisano projektiranje in izvedba viadukta 6-6 Šentožbolt, ki se gradi na AC odseku Vransko – Blagovica, pododsek Trojane – Blagovica in bo predvidoma predan v uporabo konec oktobra 2004. Viadukt, ki ga tvorita dve ločeni kontinuirni omejeno prednapeti konstrukciji škatlastega prereza s skupno dolžino 407.0 m (desni objekt) in 537.0 m (levi objekt), se izvaja po tehnologiji postopnega narivanja. Objekt prečka magistralno cesto, plinovod in strugo potoka, kar je v veliki meri narekovalo izbor razponov in tehnologijo gradnje. Gradnja objekta bo trajala dve leti, investicijska vrednost objekta znaša 1.57 milijarde SIT. Po končanju gradnje bo objekt pomemben člen v verigi objektov na enem izmed najtežjih odsekov v okviru realizacije Nacionalnega programa izgradnje AC v Republiki Sloveniji.

**Summary** | In the paper, the design and construction of the viaduct 6-6 Šentožbolt is presented. For the moment, the viaduct is under construction on the motorway section Vransko – Blagovica, sub-section Trojane – Blagovica. At the end of October 2004, the viaduct will be put in operation. It consists of two separated continuous pre-stressed superstructures of box cross section. The total length amounts 407.0 metres for the right and 537.0 metres for the left viaduct, respectively. Incremental launching procedure has been adopted for the viaduct construction. The viaduct crosses a main road, a gas pipeline and a brook bed, which had been decisive for the selection of spans and construction technology. The construction of the viaduct will last two years, while its investment value amounts to SIT 1.57 billion SIT (€ 6.68 million). After its completion, the viaduct will represent an important link in the chain of structures on one of the most difficult sections within the framework of the Slovenian national programme of the motorway construction.

**objekt:**

naročnik:  
projektant:  
izvajalec del:  
revizija in nadzor:  
predviden čas gradnje:  
dimenzije objekta:  
površina objekta :  
vrednost del:

**VIADUKT 6-6 ŠENTOŽBOLT**

DARS d.d., Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji, Celje  
GRADIS, Biro za projektiranje Maribor, d.o.o.  
NGR d.d.  
DDC d.o.o., Ljubljana  
2002 – 2004  
dolžina 537.0 m (levi objekt), 407.0 m (desni objekt), širina 12.90 m  
12.177.0 m<sup>2</sup>  
1572 mio SIT (z DDV 20%)

projektanti:

Jelenko Ačanski, univ. dipl. inž. grad., odgovorni projektant  
Stanislav Goznik, univ. dipl. inž. grad.,  
Marjan Bevc, dipl. inž. grad.,  
Drago Golubič, inž. grad.



## 1 • UVOD

Viadukt 6-6 Šentožbolt se gradi na avtocestnem odseku Trojane-Blagovica med trojanskim in podmiljskim predorom. Viadukt premošča ozko dolino pod Trojanami pri vasi

Šentožbolt na višini dobrih 20 m. V dolini potekajo obstoječa magistralna cesta Celje-Ljubljana, potok Radomlja ter glavni plinovod. Avtocesta in magistralna cesta na mestu

križanja potekata v radiju, zato je prehod avtoceste z levega na desno pobočje zelo težaven. Dolina s cesto, potokom in plinovodom se zato premosti z dvema razponoma po 70 m, ki preko vmesnega razpona 55 m preide na vzporedno pobočje s tipičnim razponom 45 m.

## 2 • ZASNOVA VIADUKTA

### 2.1 • Splošni podatki o objektu

Viadukt tvorita dva samostojna, ločena objekta, ki sta na začetku navezana na izhodni portal trojanskega predora, nato prečkata dolino Radomlje in se navežeta na vhodni portal podmiljskega predora. Desni objekt poteka v stacionaži km 82,3 + 32,41 – km 82,7 + 40,00, levi v stacionaži km 82,4 + 03,63 – 82,9 + 40,00. Desni objekt prečka dolino v osmih razponih, levi v enajstih. Dolžine razponov znašajo za desni objekt 40,0 + 55,0 + 2 x 70,0 + 55,0 + 45,0 + 40,0 + 32,0 = 407 m, za levi objekt pa 40,0 + 55,0 + 2 x 70,0 + 55,0 + 3 x 45,0 + 2 x 40,0 + 32,0 = 537 m. Širina obeh viaduktov je 12,90 m.

### 2.2 • Trasirni elementi vozišča

Zaradi bližine predorov ima vsak objekt svojo os s spremenljivim razmikom od pribl. 14,0 m do pribl. 22,0 m. Os levega viadukta poteka v horizontalnem radiju  $R=1150$  m, vzdolžni padec 0,5% in prečni padec 2,7% sta konstantna. Os desnega viadukta poteka v horizontalnem radiju  $R=950$  m, vzdolžni padec je 0,5%, prečni padec pa 3,3%.

### 2.3 • Prečni profil vozišča

Prečni profil vozišča sestavljajo:

|                                                                               |          |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------|
| zunanji vzdrževalni hodnik z robnim vencem in betonska varovalna ograja (BVO) | = 1,44 m |
| odmik BVO od odstavnega pasu                                                  | = 0,50 m |
| odstavni pas                                                                  | = 2,50 m |
| vozni pas                                                                     | = 3,50 m |
| prehitevalni pas                                                              | = 3,50 m |
| robna črta + robni pas                                                        | = 0,50 m |
| odmik BVO od prehitevalnega pasu                                              | = 0,50 m |
| BVO                                                                           | = 0,46 m |

**skupna širina = 12,90 m**

Levi in desni viadukt imata enake karakteristike prečnega prereza.

### 2.4 • Minimalna gradbena višina

Pod viaduktom potekajo magistralna cesta, potok Radomlja in plinovod. Zagotovljena je svetla višina in predpisani odmik stebrov od magistralne ceste oz. visokotlačnega plinovoda.

### 2.5 • Geotehnični pogoji

Temeljna tla so na lokaciji viadukta geološko in geotehnično izredno zahtevna. Osnovo tvorijo permokarbonski skrilavi glinovci, ki v območju viadukta leže globoko pod vplivno globino temeljenja. V območju podpore 2 in 3 nastopajo večje plazovite cone, pod desnim viaduktom med podporo 4 in 6 pa je obsežen fosilni plaz. Zato je temeljenje viadukta zasnovano kot kombinacija temeljenja na uvrtnih armiranobetonskih pilotih  $\varnothing 150$  cm (krajne podpore) in vodnjakih  $\varnothing 550 - \varnothing 650$  cm (vmesne podpore). Dopustna nosilnost pilotov znaša  $N_{dop} = 10162$  kN pri vpetju 4,5 m v nosilna tla. Dopustna napetost pod vodnjakom pa je

do 1489 kN/m<sup>2</sup> za podpore v dolini oziroma 1255 kN/m<sup>2</sup> za podpore v brežini.

### 2.6 • Predpisi in obtežba

Objekt je dimenzioniran na prometno obtežbo po DIN 1072 – razred vozil SLW 60/30 ter na potresno obtežbo v skladu z evropskim predpisom EC-8/2. V skladu s seizmološko karto za povratno periodo 475 let je objekt v VIII. potresni coni MCS lestvice, tako da znaša projektni pospešek tal 0,2g (2,0 m/s<sup>2</sup>). Objekt je dimenzioniran v skladu s Pravilnikom o tehničnih normativih za beton in armirani beton ter DIN 4227, I-VI del (Predpisi za prednapeti beton). Obtežba vetra na konstrukcijo je določena v skladu z DIN 1072.

Objekt je projektiran v skladu z evropskimi pogoji za objekte na cestah iz leta 1990 in v skladu s SODOC, junij 1997. Upoštewane so smernice za betonske mostove z zunanjimi prednapetimi kabli (kabli izven prereza brez povezave), ki jih je izdalo Nemško zvezno ministrstvo za promet, Oddelek za gradnjo cest ZRN, 1998. Za dimenzioniranje ležišč je upoštevan DIN 4141.



Slika 1 • Gradnja viadukta 6-6 Šentožbolt (oktober 2003)



### 3 • OPIS KONSTRUKCIJE OBJEKTA

#### 3.1 • Tehnologija gradnje glavne nosilne konstrukcije

Za tehnologijo gradnje je izbrana pri nas v zadnjem času vedno bolj razširjena, v svetu pa že dolgo uveljavljena tehnologija postopnega narivanja. Viadukt je sestavljen iz dveh med seboj ločenih vzporednih objektov.

Zaradi prevelikih razponov, ki so bili potrebni zaradi premoščanja magistralne ceste, potoka Radomlja in plinovoda, je bilo potrebno zgraditi za vsak objekt po štiri začasne podpore. V fazi gradnje so polja dolžine 55,0 in 70,0 m tako razdeljena na 2 x 27,5 m oziroma

sameznega takta, ki traja približno en teden. Narivanje za desni objekt poteka v smeri Celje – Ljubljana (navzdol), za levi objekt v smeri Ljubljana – Celje (navzgor).

Postopek se izvaja s pomočjo naslednje tehnološke opreme:

1. Betonska delavnica
2. Hidravlična oprema za narivanje
3. Jeklena konzolna konstrukcija-kljun
4. Pridrževalne naprave
5. Drсна ležišča na stebrih
6. Bočna vodila



Slika 2 • Vmesne podpore viadukta

2 x 35,0 m, kar omogoča normalno narivanje konstrukcije. Začasne podpore so zasnovane kot vzporedne armiranobetonske stene na osnem razmaku 4,50 m. Dimenzije posamezne stene so 3,0 x 0,50 m, višine sten so med 10,0 do 20,0 m. Armiranobetonski steni sta povezani med seboj z jekleno predalčno konstrukcijo. Zaradi že omenjenih problemov bo potrebno magistralno cesto dvakrat premeščati, tako da se bo stebel 4L izvajal v drugi fazi, ko bo desni objekt že narinjen in ustrezno prednapet in se bo lahko porušila začasna podpora med stebroma 4D-5D.

Tehnologija narivanja se izvaja po taktih v stalnem opažu, nameščenem za opornikom. Na delovnem platuju se v delavnici izdelujejo segmenti prekladne konstrukcije, ki se po prednapenjanju s pomočjo hidravličnih preš potiskajo iz tipskega opaža vzdolž osi objekta. Sledi ponavljanje celotne operacije izdelave po-



Slika 3 • Pričetek narivanja delovnega takta

#### 3.2 • Temelji

Objekt je globoko temeljen na vodnjakih premera 5,50 m. Pri vmesnih podporah (os 2D, 3D, 4D, 5D, 6D, 2L, 3L, 4L, 5L in 6L) ob največjih razponih prekladne konstrukcije je peta vodnjaka v območju nosilne plasti vpetja razširjena na premer 6,5 m. Razširitev se izvede v višini 2,0 m. Stene vodnjaka so do nosilne podlage izvedene z armiranobetonskimi obroči višine 1,0 m, širine 20-30 cm. V nosilni podlagi je stena vodnjaka izvedena z brizganim betonom, v katerega je vgrajena konstruktivna armatura. Preostali del vodnjaka je zapolnjen z delno armiranim betonom MB 20. Na vrhu vodnjaka se izvede armiranobetonska plošča debeline 1,50 m, v katero je vpeta peta vmesnega stebra. Brežina nad blazino je zaščitena z armiranobetonskimi obroči premera  $\varnothing 710$  cm, ki so pri v brežino zasekanih podporah varovani z SN ali IBO sidri. Zaščitni vodnjaki pri podpori 2L, 3L in 5D so zaradi delovanja sile zaledne brežine sidrani s trajnimi geotehničnimi sidri 4 x 0,6". Krajne podpore so temeljene na uvrtnih Benotto pilotih  $\varnothing 150$  cm. Globina vpetja je do 3D v nosilno plast.

#### 3.3 • Prekladna konstrukcija

Nosilna konstrukcija je zasnovana kot kontinuirna, prednapeta, armiranobetonska konstrukcija votlega škatlastega prereza s poševnima stojinama. Prez škatle je pri obeh objektih enak in je konstanten vzdolž objekta. Višina škatlastega prereza znaša v osi objekta 3,75 m. Širina voziščne plošče je  $b=12,40$  m.



Dolžina konzol je  $l_k=2,55-2,61$  m. Debelina konzole se spreminja od 22 do 50 cm, debelina zgornje plošče od 25 do 50 cm, debelina spodnje plošče od 20 do 50 cm. Širina spodnje plošče škatle je  $b=5,50$  m. Debelina stojine je  $d=50$  cm.

Za fazo gradnje (fazo narivanja) je prekladna konstrukcija centrično prednapeta s kabli z naknadno sovprežnostjo. Še pred odstranitvijo začasnih stebrov v sredini polj razpona 55,0 in 70,0 m se prekladna konstrukcija dodatno prednapne s kontinuirnimi kabli. Za fazo uporabe je prekladna konstrukcija v poljih dožine  $L=70,0$  m donapeta s kabli brez povezave, ki potekajo znotraj škatle.

### 3.5 • Ležišča, dilatacije in oprema objekta

Izbrana so lončna ležišča, ki istočasno omogočajo narivanje konstrukcije, v končni fazi pa prenašajo vertikalne in horizontalne obtežbe s prekladne konstrukcije na stebre oziroma krajne opornike. Ležišča na stebrih ob največjih razponih so nepomična v vzdolžni in prečni smeri, vsa ostala ležišča so nepomična samo v prečni smeri.

Objekt je zasnovan kot ena zavorna enota in je na koncih ločen od preostalega cestnega telesa. Vgrajene vodo neprepustne dilatacije so D240 in D400 na levem objektu in D240 in D320 na desnem objektu. Prehodne plošče so debele 0,25 m.

Vozišče je na zunanjih straneh omejeno z robnim vencem, hodnikom in betonsko varovalno ograjo (BVO), na notranji strani pa z BVO, na katero je montiran jeklen ročaj. Robniki ob hodnikih so iz rezanega naravnega kamna. V območju plinovoda, ki poteka pod objektom, se izvede povišana betonska varnostna ograja ( $h=1,10$  m). V območju magistralne ceste, ki poteka pod viaduktom se montira zaščitna ograja višine 2,0 m.

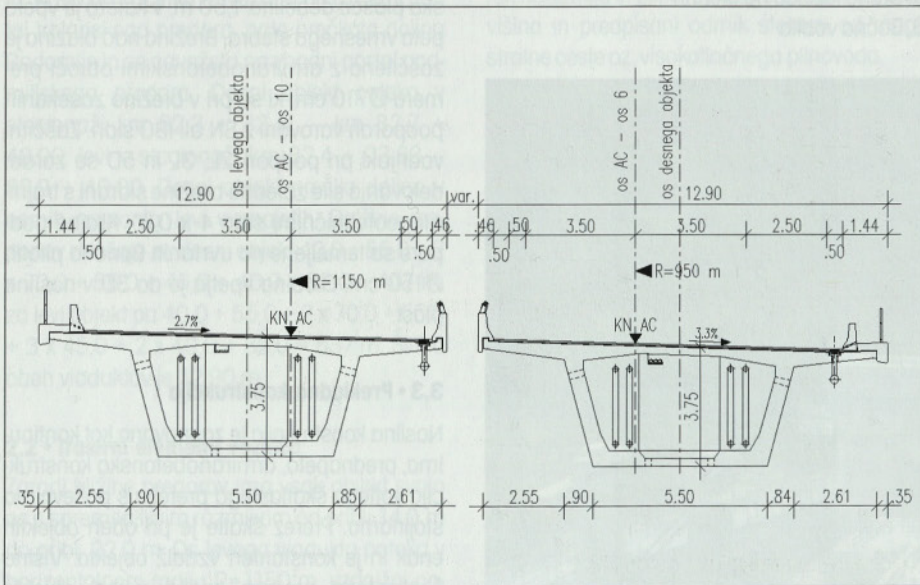
### 3.6 • Izolacija in odvodnjavanje

Upošteva je izpostavljenost, velikost in pomembnost objekta glede na trajnost je projektirana zaščita z epoksi premazom, posipom s kremenčevim peskom, lepilno zmesjo in varilnim trakom V5.

Zaščita hidroizolacije je izvedena z zaščitno asfaltno plastjo drobirja z bitumenskim mastiksom in zmesi karbonatnih zrn 0/8 (DBM 8 – PmB III) in s polimeri modificiranega bitumenskega veziva v debelini 3 cm. Obrabni sloj je izveden iz asfaltno zmesi drobirja z bitumenskim mastiksom, iz zmesi silikatnih zrn 0/11 (DBM 11s – PmB II) in s polimeri modificiranega bitumenskega veziva v debelini 4 cm.

Vsi elementi konstrukcije, ki so v stiku z zemljo, so izvedeni po principu belih kadi.

V skladu z meteorološkimi podatki o padavinah, elementih in karakteristikah mostu, je projektiran kompleten kanalizirani sistem odvodnje in kanalizacije. Na obeh viaduktih je predviden sistem odvodnje z vodenjem cevi izven prereza. Cevi so obešene na konzolo prekladne konstrukcije. Odvodnjavanje poteka



Slika 4 • Škatlasti prečni prerez konstrukcije

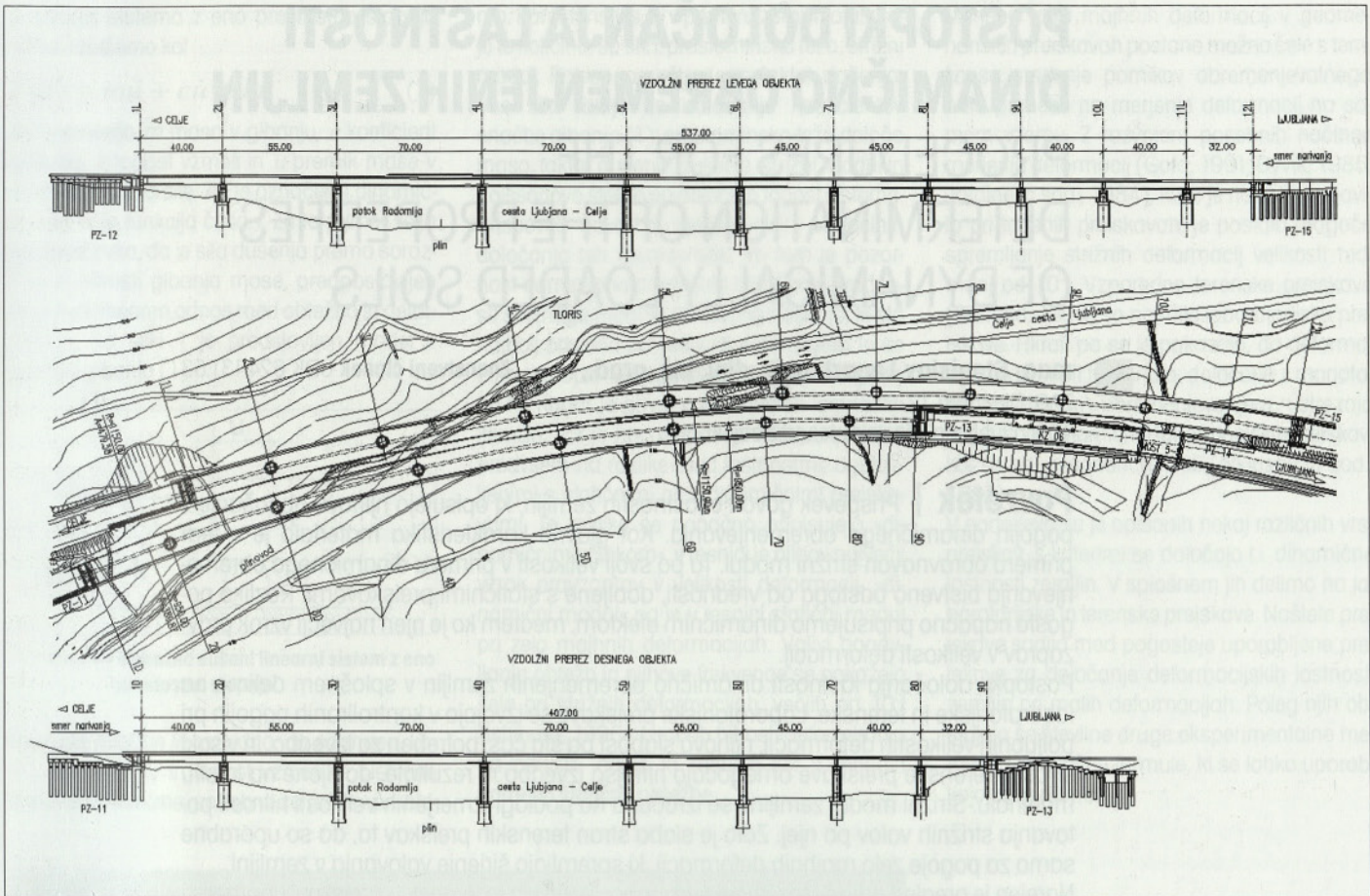
### 3.4 • Podporna konstrukcija

Vmesne podpore so zasnovane kot stebri škatlastega, votlega prereza dimenzij 4,0/4,0 m s prirezanimi vogali. Debelina stene je 30 cm. Na vrhu je steber razširjen tako, da je omogočena namestitvev ležišč in dvigalk za njihovo morebitno zamenjavo. Krajna podpora je temeljena na uvrstanih Benotto pilotih  $\varnothing 150$  cm. Sledi pilotna blazina in ležiščne grede z zaledjem, ki je oblikovano tako, da se izza ležiščne grede formira kontrolni hodnik za pregled ležišč in dilatacije. Na zaledni strani opornika je predvidena konzola, ki je namenjena za ležišče prehodni plošči. Bočno s strani opornik omejuje klasično oblikovano konzolno krilo, na nasprotni strani pa se izvede vertikalna stena, ki je namenjena za navezavo na podporni zid, ki se z dilatacijo navezuje na objekt (OZ-11 na opornik OP-1D in PZ-15 na opornik OP-12L). Za vstop v komoro je predvidena odprtina velikosti 60 x 160 cm.



Slika 5 • Prvi takt narivanja





Slika 6 • Tloris in vzdolžni prerez

s pomočjo talnih izlivnikov in vzdolžno kanalizacijo premera  $\varnothing 200$  mm do  $\varnothing 400$  mm. Približno na sredini objekta je izveden vertikalni odvod v zbiralni bazen Z-20.

### 3.6 • Materiali

Uporabljeni so bili naslednji materiali:

hodniki: beton MB 30,  
OMO 100, OSMO 25

prekladna konstrukcija: beton MB 40,  
OMO 100

stebri, oporniki, temelji: beton MB 30,  
OMO 100

kabli za prednapenjanje:  $f_{pv}/f_{pu} = 1570/1770$   
MPa z nizko  
relaksacijo < 2%

jeklo za armiranje: rebrastra armatura  
RA 400/500 MPa

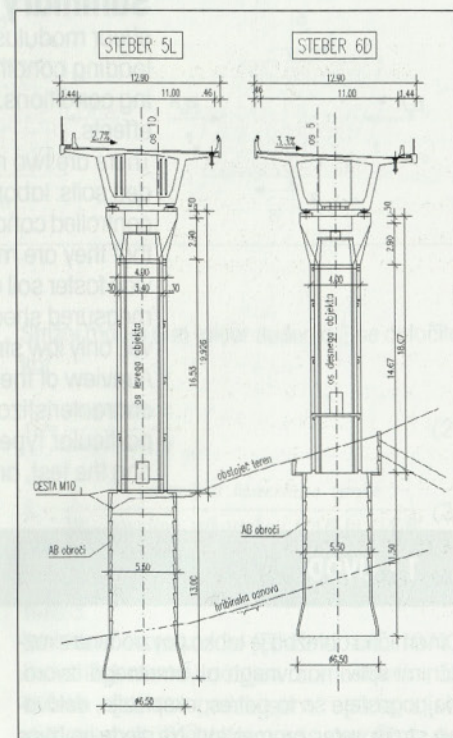
## 4. SKLEPNE UGOTOVITVE

Opisani viadukt predstavlja monolitno, kontinuirano, prednapeto, armiranobetonsko konstrukcijo. Takšna zasnova ob kakovostni izdelavi omogoča trajnost objekta, enostavno kontrolo in znižuje stroške vzdrževanja.

Pri izdelavi projekta so bile upoštevane tehnične specifikacije za ceste, smernice, oprema in detajli za objekte na cestah, posebni tehnični pogoji ter znanje in dosedanje izkušnje pro-

jektantov pri projektiranju in izvajanju mostov doma in v tujini.

Viadukt Šentožbolt predstavlja kakovosten, predvsem pa tehnološko sodobno zasnovan in izveden objekt. Konstanten prečni prerez vzdolž celotnega objekta, kombinacija prednapenjanja s kabli v in izven preseza, optimirana in tehnološko poenostavljena armatura so glavne značilnosti tega objekta.



Slika 7 • Vmesna podpora



# POSTOPKI DOLOČANJA LASTNOSTI DINAMIČNO OBREMENJENIH ZEMLJIN

## PROCEDURES FOR THE DETERMINATION OF THE PROPERTIES OF DYNAMICALLY LOADED SOILS

mag. Stanislav Lenart, univ. dipl. inž. grad.,

Znanstveni članek UDK 624.131.53

ZAG, Dimičeva 12,

1000 Ljubljana, stanislav.lenart@zag.si

**Povzetek** | Prispevek govori o lastnostih zemljin, ki opisujejo njihovo obnašanje v pogojih dinamičnega obremenjevanja. Kot glavna karakteristika materiala je v tem primeru obravnavan strižni modul. Ta po svoji velikosti v primeru dinamičnega obremenjevanja bistveno odstopa od vrednosti, dobljene s statičnimi preiskavami. Razliko pogosto napačno pripisujemo dinamičnim efektom, medtem ko je njen največji vzrok pravzaprav v velikosti deformacij.

Postopke določanja lastnosti dinamično obremenjenih zemljin v splošnem delimo na laboratorijske in terenske. Laboratorijske preiskave se izvajajo v kontroliranih pogojih pri poljubnih velikostih deformacij, njihova slabost pa sta čas, potreben za izvedbo, in visoki stroški. Terenske preiskave omogočajo hitrejšo izvedbo in rezultate, dobljene na in situ materialu. Strižni modul zemljine se izračuna na podlagi izmerjenih velikosti hitrosti potovanja strižnih valov po njej. Zato je slaba stran terenskih preiskav ta, da so uporabne samo za pogoje zelo majhnih deformacij, ki spremljajo širjenje valovanja v zemljini.

Narejen je pregled najbolj razširjenih vrst laboratorijskih in terenskih preiskav, uporabnih za karakterizacijo dinamično obremenjenih zemljin. Pri njihovi izbiri je zelo pomembno upoštevanje pričakovanih deformacij materiala v stanju njegove uporabe.

**Summary** | The paper presents the characteristics of dynamically loaded soils. The shear modulus of soils is one of these major characteristics. Determined under dynamic loading conditions, it differs essentially in size from values measured under static loading conditions. This difference is caused more by the level of strain level than by dynamic effects.

There are two main types of procedures for determining the properties of dynamically loaded soils: laboratory tests and field measurements. Laboratory tests are performed under controlled conditions, at selected shear strain sizes. The disadvantage of laboratory tests is that they are more time-consuming and costlier than field tests. Field measurements provide faster soil characterization and results which are based on in situ material testing. The measured shear wave velocities can be used to determine shear modulus values. However, only low strain shear moduli can be determined.

A review of the most widely used types of laboratory and field testing procedures for the characterization of dynamically loaded soils has been performed. Before using any particular type of test procedure one should be aware of the expected strain range during the test, and of the state in which the material is to be used.

### 1 • UVOD

Dinamična obtežba je lahko povzročena z različnimi vplivi naravnega ali umetnega izvora. Najpogosteje so to potres, eksplozija, delovanje stroja, veter, promet, ipd. Ne glede na izvor je skupna značilnost vseh različnih vrst di-

namičnih obtežb spremenljivost njihove velikosti, smeri ali prijemališča s časom. V poljubnem obravnavanem primeru to pomeni prisotnost pospeškov in posledično fiktivnih vztrajnostnih sil. V vsaj minimalni obliki bi lahko

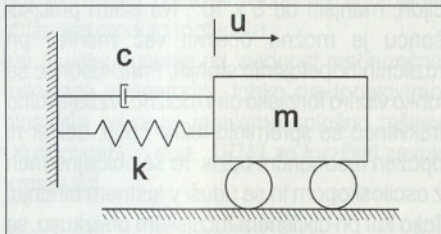
z izjemo lastne teže za dinamično označili praktično vsako obtežbo. Velja, da problem obravnavamo statično, če je razmerje vztrajnostnih sil proti celotni obtežbi zanemarljivo majhno, v nasprotnem primeru pa je potrebna dinamična analiza. Ta se izvaja v osnovi z reševanjem enačbe dinamičnega ravnotežja, ki jo za enostaven primer viskozno dušenega li-



nearnega sistema z eno prostostno stopnjo lahko zapišemo kot

$$F(t) = m\ddot{u} + c\dot{u} + ku \quad (1)$$

kjer pomenijo  $m$  maso v gibanju,  $c$  koeficient dušenja,  $k$  togost vzmeti in  $u$  premik mase v smeri delovanja sile.  $Z$   $F$  je označena dinamična sila, ki je funkcija časa  $t$ . Za ta primer velja predpostavka, da je sila dušenja premo sorazmerna hitrosti gibanja mase, predpostavljen pa je tudi linearen odnos med obtežbo in deformacijo. Na sliki 1 je predstavljen model z enačbo gibanja (1).



Slika 1 • Viskozno dušeni linearni sistem z eno prostostno stopnjo

Iz gornje enačbe je razvidno, da so masa, koeficient dušenja in togost vzmeti tri bistvene materialne količine, potrebne za rešitev proble-

ma. Karakteristike, ki v primeru zemljin opisujejo te količine, so štiri: prostorninska teža, strižni modul, Poissonovo število in faktor dušenja. Vse štiri rabijo za določanje koeficientov enačbe gibanja (1): prostorninska teža določa maso, faktor dušenja dušenje, strižni modul in Poissonovo število pa določata togost sistema. Prispevek govori v nadaljevanju o načinih določanja teh karakteristik. Pri tem je pozornost namenjena predvsem določanju vrednosti strižnega modula in faktorja dušenja, ki sta najbolj odvisna od velikosti deformacije in se zato postopki njunega določanja izbirajo glede na to. Kadar je govor o dinamičnih lastnostih zemljin, kot je npr. dinamični modul, se misli predvsem na razlike med lastnostmi, ugotovljenimi s statičnimi ali z dinamičnimi preiskavami. Te razlike se napačno pripisujejo »dinamičnim učinkom«, v resnici je njihov največji vzrok pravzaprav v velikosti deformacij, »dinamični modul« pa je v resnici statični modul pri zelo majhnih deformacijah. Vplivi ponavljanja obtežb in njihove frekvence se pokažejo šele pri strižnih deformacijah, večjih od  $10^{-3}$  (Ishihara, 1996). Izračun hitrosti deformiranja pa pokaže, da je ta manjša kot v mnogih primerih statične obtežbe.

Merjenje zelo majhnih deformacij v geomehanskih preiskavah postane možno šele s tem, ko se merjenje pomikov obremenjevalnega bata prenese na merjenje deformacij na samem vzorcu. Z razvojem posebnih načinov merjenja deformacij (Goto, 1991; Dyvik, 1985; Jardine in sod., 1984), ki se je najprej uveljavilo pri triosnih preiskavah, je postalo mogoče spremljanje strižnih deformacij velikosti tudi manj od  $10^{-4}$ . Vzporedne terenske preiskave (Burland, 1990) so potrdile laboratorijske preiskave. Hkrati pa se je pokazalo, da deformacijske lastnosti materiala, določene z monotoni (statičnim) obremenjevanjem, ustrezajo rezultatom dinamičnih laboratorijskih preiskav, kot so npr. resonančni testi (Atkinson in sod., 1991).

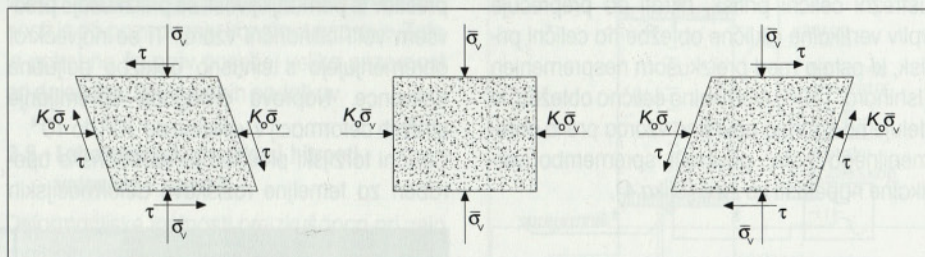
V nadaljevanju je opisanih nekaj različnih vrst preiskav, s katerimi se določajo t.i. dinamične lastnosti zemljin. V splošnem jih delimo na laboratorijske in terenske preiskave. Naštete preiskave sodijo med pogosteje uporabljene preiskave za določanje deformacijskih lastnosti zemljin pri malih deformacijah. Poleg njih obstajajo še številne druge eksperimentalne metode in empirične formule, ki se lahko uporabljajo za ta namen.

## 2 • LABORATORIJSKE PREISKAVE

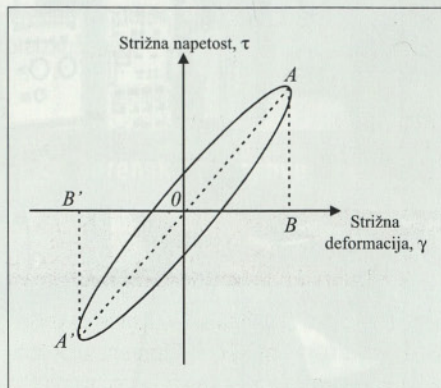
V laboratorijskih geomehanskih preiskavah se male deformacije merijo z uporabo različnih tehnik (Hall Effect, LVDT, LDT, ...), ki se kombinirajo s klasičnimi geomehanskimi laboratorijskimi preiskavami. Kadar so pričakovane deformacije zelo majhne, t.j.  $< 10^{-4}$ , se deformacijskih lastnosti preizkušanca običajno ne določa na osnovi merjenja deformacij, pač pa se izračunajo iz izmerjenih hitrosti strižnega valovanja ali lastne frekvence vzorca.

### 2.1 • Enostavni ciklični strižni preizkus

Enostavni ciklični strižni preizkus je primeren za določanje strižnega modula in faktorja dušenja zemljine, v primeru nasičenih nevezanih materialov pa lahko rabi tudi za študij likvefakcije (Das, 1992). Vzorec, z višino 20-30 mm in premerom (oz. širino, če ima kvadraten tloris) 60-80 mm, je hkrati izpostavljen vertikalni efektivni napetosti  $\bar{\sigma}_v$  in ciklični strižni napetosti  $\tau$  (Slika 2). Med preizkusom se merita horizontalna ciklična sila  $F_h$ , iz katere se izračuna ciklična strižna napetost  $\tau$ , in strižna deformacija  $\gamma$ , ki jo sila povzroči. Vertikalna obtežba je konstantna.



Slika 2 • Ciklični strižni preizkus



Slika 3 • Histerezna zanka in določanje faktorja dušenja

Strižni modul  $G$  in faktor dušenja  $\xi$  se določita kot

$$G = \frac{\text{amplituda } \tau}{\text{amplituda } \gamma} \quad (2)$$

$$\xi = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\text{površina histerezne zanke}}{\text{površina trikotnikov } OAB \text{ in } OA'B'} \quad (3)$$

Pri tem histerezno zanko in trikotnike kaže slika 3.

Preiskave so pokazale (Silver in sod., 1971), da strižni modul, dobljen z enostavnim cikličnim strižnim preizkusom, upada z naraščanjem strižne deformacije, narašča z naraščanjem vertikalne efektivne napetosti in

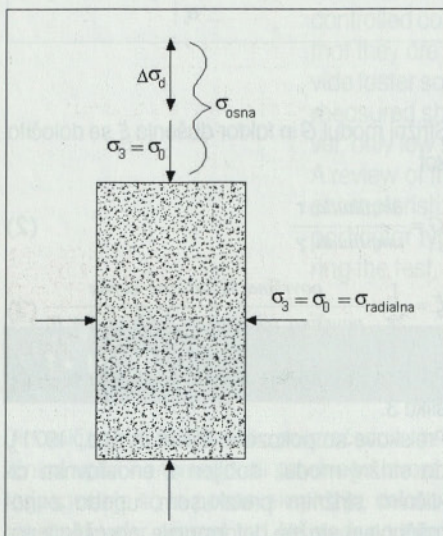


presenetljivo narašča z večanjem števila ciklov. Slednje izgubi svoj vpliv po več kot desetih ciklih. Faktor dušenja upada z naraščanjem števila ciklov in naraščanjem vertikalne napetosti, naraščanje strižne deformacije pa ga poveča. Enostavni ciklični strižni preizkus dobro posnema pogoje na terenu in omogoča konsolidacijo vzorca z realnim koeficientom mirnega zemeljskega pritiska. Primeren je za strižne deformacije v območju med  $10^{-4}$  do  $5 \times 10^{-2}$ , kar ustreza stanju na terenu med običajnimi potresi.

### 2.2 • Ciklični triosni preizkus

Ciklični triosni preizkus je po svoji zasnovi zelo podoben običajnemu triosnemu preizkusu. Celica, v kateri se vzorec obremenjuje, zagotavlja triosno napetostno stanje, pri čemer je omogočeno ciklično spreminjanje vertikalne komponente. Naprava omogoča spremljanje spreminjanja pornih pritiskov v preizkušancu. Sposobnost natezne obtežbe vzorca, ki zagotavlja dejansko cikličnost obremenjevanja, je ena najpomembnejših lastnosti triosnega cikličnega preizkusa.

Preizkušane je med preizkusom izpostavljen celičnemu pritisku  $\sigma_\sigma = \sigma_3$ . Ta deluje nanj preko vode, ki zapolnjuje celico. Od običajne naprave za triosni preizkus se naprava za ciklični triosni preizkus loči po tem, da voda ne zapolnjuje celotne celice, pač pa samo potopi vzorec. Vrhnji del celice je zapolnjen z zrakom, ki zagotavlja ustrezni celični pritisk, hkrati pa preprečuje vpliv vertikalne ciklične obtežbe na celični pritisk, ki ostaja med preizkusom nespremenjen (Ishihara, 1996). Vertikalna celična obtežba, ki deluje na zgornjo površino vzorca preko obremenilnega bata, povzroči spremembo vertikalne napetosti za  $\Delta\sigma_d$  (Slika 4).



Slika 4 • Ciklični triosni preizkus

Za določitev strižnega modula in faktorja dušenja se običajno izvaja deformacijsko vodeni preizkus. Rezultat preizkusa je podoben rezultatu cikličnega strižnega preizkusa, le da ciklično strižno napetost  $\tau$  zamenja sprememba vertikalne normalne napetosti  $\Delta\sigma_d$  (Slika 3). Youngov modul  $E$  se tako določi kot

$$E = \frac{\Delta\sigma_d}{\varepsilon} \quad (4)$$

in iz njega strižni modul  $G$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (5)$$

v pomeni vrednost Poissonovega števila za preiskovani material. Faktor dušenja se izračuna po (3). Napetostno vodeni ciklični triosni preizkus se pogosto uporablja za študije likvefakcije nasičenih nevezanih zemljin.

### 2.3 • Ciklični torzijski preizkus

Ciklični torzijski preizkus omogoča preizkušanje materiala ob hkratni kontroli štirih komponent napetosti: vertikalne, torzijske in dveh bočnih (notranji in zunanji celični tlak). Preizkus hkrati dopušča tudi spremljanje pornih tlakov v preizkušancu. Preizkušajo se cilindrični vzorci dimenzij, podobnih tistim v triosnih preiskavah (ASTM, 1996).

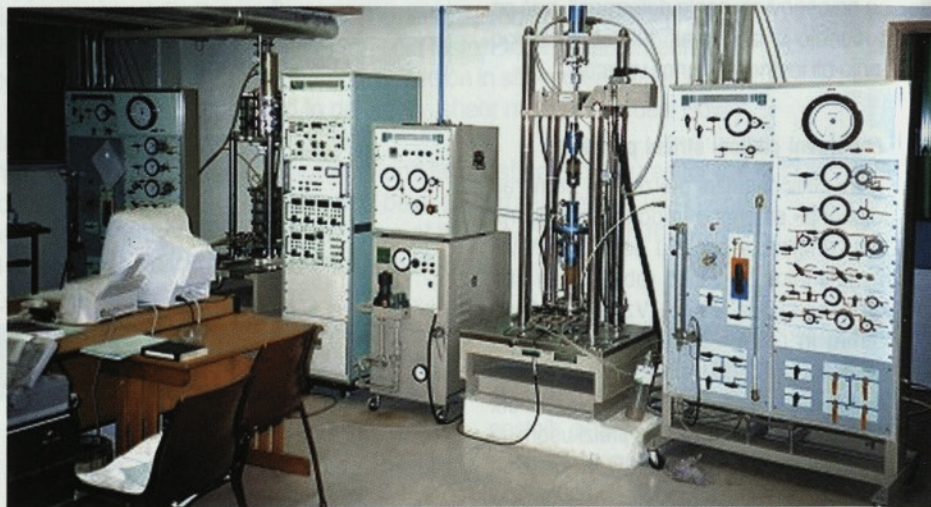
Pri torzijskem obremenjevanju razpored deformacij v radialni smeri ni enakomeren, če so preizkušanci polni cilindrični vzorci. Za preprečitev te pomanjkljivosti se preizkušajo predvsem votli cilindrični vzorci. Ti se največkrat obremenjujejo s sinusno obtežbo poljubne frekvence. Naprava omogoča spremljanje strižnih deformacij v velikosti od  $10^{-2}$  do  $10^{-4}$ . Ciklični torzijski preizkus je vsestransko uporaben za temeljne raziskave deformacijskih

lastnosti zemljin, za vsakdanjo praktično uporabo pa je zaradi svoje zahtevnosti neprimeren.

### 2.4 • Resonančni test

Resonančni test je postopek, ki preko vibriranja votlega ali polnega cilindričnega vzorca zemljine in merjenja njegovega odziva omogoča določitev Youngovega in strižnega modula ter faktorja dušenja preizkušane materiala. Pri tem je vzorec lahko intakten ali umetno sestavljen. Postopek dopušča nedestruktivno preizkušanje materiala pri deformacijah, manjših od  $5 \times 10^{-4}$ . Na istem preizkušancu je možno opraviti več meritev pri različnih napetostnih stanjih. Preizkušane se lahko vibrira torzijsko ali vzdolžno. Vzbujevalna frekvenca se spreminja toliko časa, dokler ni opažen resonančni odziv. Ta se običajno meri z osciloskopom in se uduši v lastnem nihanju. Tako kot pri cikličnem torzijskem preizkusu, se tudi pri torzijskem resonančnem testu na polnih vzorcih pojavi problem neenakomernosti strižnih deformacij v radialni smeri. Pri zelo majhnih deformacijah to ni pomembno. Pri večjih strižnih deformacijah, še posebej nad  $10^{-4}$ , pa zaradi odvisnosti deformacijskih lastnosti od velikosti deformacije postane nujna uporaba votlih vzorcev.

Glavna prednost resonančnega testa je v njegovi natančnosti. Za njegovo izvedbo namreč ni potrebno merjenje deformacij zelo majhnega velikostnega reda, pač pa zgolj resonančne frekvence. Test je neporušen in omogoča nadaljnjo uporabo preizkušance. Njegova pomanjkljivost pa je v tem, da je mogoč samo za zelo majhne nekonstantne deformacije (običajno pod  $10^{-3}$ ). Izvaja se pri nekonstantni frekvenci.



Slika 5 • Fotografija geomehanskega laboratorija Tehnične univerze v Lizboni (IST) z opremo za ciklični torzijski preizkus in resonančni test



Podobno kot triosni in torzijski tudi resonančni preizkus poteka v celici, ki omogoča vzpostavitev triosnega napetostnega stanja. Vzorec je na eni mejni ploskvi, zgoraj ali spodaj, fiksno vpet, medtem ko je na preostali mejni ploskvi prost. Na eni izmed ploskev se vzorec vzbuja s spreminjajočo frekvenco, odziv pa se meri na prostem koncu.

Preizkušanelec, ki je vpet na svoji spodnji in prost na svoji zgornji mejni ploskvi, se na zgornjem robu torzijsko vzbuja s spreminjajočo se frekvenco. Z ugotovljeno resonančno vrednostjo le-te, poznano geometrijo vzorca in robnimi pogoji je mogoč povratni račun do ugotovitve strižnega modula materiala.

Ker je vpliv dušenja na vrednost resonančne frekvence zanemarljiv, lahko predpostavimo elastičen odziv in zapišemo splošno rešitev (Kuribayashi in sod., 1974) za torzijski zasuk vzorca kot

$$\theta = Ae^{i\omega(t-z/v_s)} + Be^{i\omega(t+z/v_s)} \quad (6)$$

kjer pomenijo  $\theta$  kot rotacije,  $\omega$  kotno frekvenco,  $z$  koordinato v vertikalni smeri,  $t$  čas in  $v_s$  hitrost širjenja strižnih valov skozi vzorec. Vrednosti  $A$  in  $B$  določimo tako, da je zadoščeno robnim pogojem, ki so

$$\begin{aligned} \theta &= 0 && \text{pri } z=0 \text{ in } (7) \\ \theta &= I_t \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} + GJ_\theta \frac{\partial \theta}{\partial z} = T_0 e^{i\omega z} && \text{pri } z=h, (8) \end{aligned}$$

kjer je  $I_t$  rotacijski vztrajnostni moment mase na vrhu vzorca,  $J_\theta$  polarni vztrajnostni moment prereza,  $T_0$  amplituda vzbujanja in  $G$  strižni modul.

Z robnimi pogoji opišemo vpetost vzorca na spodnjem robu (7) in pogoj, da je moment vzbujanja vzorca enak reakciji, ki jo vzorec nudi na zgornjem robu (8). Z vstavitvijo splošne rešitve (6) v robne pogoje (7), (8) določimo vrednosti  $A$  in  $B$ . Rešitev (6) za zgornji rob vzorca ( $z=h$ ) zapišemo kot

$$\frac{\theta_t}{\theta_s} = \frac{\sin\left(\frac{\omega h}{v_s}\right) / \frac{\omega h}{v_s}}{\cos\left(\frac{\omega h}{v_s}\right) - \frac{I_t}{I_\theta} \cdot \frac{\omega h}{v_s} \cdot \sin\left(\frac{\omega h}{v_s}\right)} \quad (9)$$

pri čemer velja  $I_\theta = \rho h J_\theta$ , s  $\theta_s$  pa označimo kot zasuka na vrhu vzorca, obremenjenega s  $T_0$ . Resonančno stanje lahko opišemo s pogojem  $\theta = \infty$ . Da je le-ta izpolnjen, mora biti imenovallec enačbe (9) enak nič. Torej

$$\frac{\omega h}{v_s} \tan\left(\frac{\omega h}{v_s}\right) = \frac{I_\theta}{I_t} \quad (10)$$

$I_\theta / I_t$  v splošnem zavzema neko končno vrednost, ki je odvisna od vzorca in aparata, v katerem je le-ta preizkušan. Zapišemo lahko, da je

$$\frac{\omega h}{v_s} = C \quad (11)$$

$C$  je znana (10), (11) funkcija  $I_\theta / I_t$ . Z upoštevanjem zvez  $v_s = \sqrt{G/\rho}$  in  $\omega = 2\pi\nu$ , pri čemer je  $\nu$  resonančna frekvenca, dobimo

$$G = (2\pi\nu h)^2 \frac{\rho}{C^2} \quad (12)$$

Amplituda odziva vzorca  $A$  v prostem nihanju upada v logaritemskem merilu konstantno, kar zapišemo kot

$$\Delta = \log \frac{A_1}{A_2} = \log \frac{A_2}{A_3} = \dots = \log \frac{A_{n-1}}{A_n} \quad (13)$$

pri čemer z  $n$  označimo število nihajev. Od tod ob upoštevanju teorije vibracij dobimo izraz za faktor dušenja

$$\xi = \frac{\Delta}{2\pi} = \frac{1}{2\pi(n-1)} \log \frac{A_1}{A_n} \quad (14)$$

Za praktični izračun faktorja dušenja, je v izrazu (14) potrebno upoštevati še nekatere konstante aparata in dimenzije vzorca.

Resonančni test je tako v bistvu nekakšna povratna analiza odziva preizkušanca ob poznavanju nekaterih njegovih lažje določljivih lastnosti in ob poznavanju konstant naprave. Zato je potrebna še prav posebej velika pozornost pri določanju teh vhodnih podatkov.

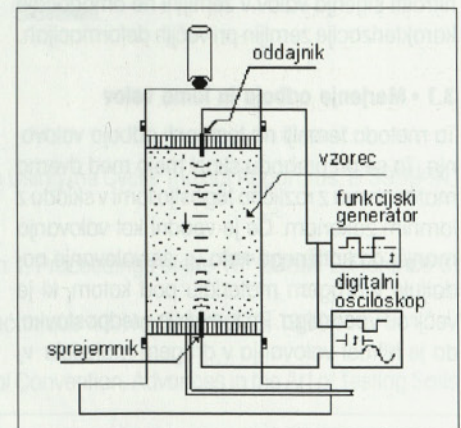
### 2.5 • Laboratorijski preizkusi hitrosti valovanja v vzorcih

Deformacijske lastnosti preizkušanca pri zelo majhnih deformacijah ( $< 10^{-4}$ ) se zaradi omejitev merilne tehnike ne določajo na podlagi izmerjenih deformacij. Eden od načinov je izračun modulov iz znanih hitrosti valovanja v preizkušancu.

Whitman in Lawrence (Whitman in sod., 1963) sta izvedla meritve hitrosti longitudinalnih valov v pesku Ottawa. Ta je bil nameščen znotraj cevi in osno obremenjen. Piezoelektrični kristal je bil v vlogi oddajnika na eni strani in v vlogi sprejemnika na drugi strani vzorca. S pomočjo osciloskopa se je določil čas potovanja impulza skozi preizkušanelec, posledično pa se je izračunala hitrost.

Opisana preiskava je nekakšen predhodnik kasneje razvitim tehnikam, med katerimi se je najbolj razširila uporaba upogibnega elementa (bender element). Ta je sestavljen iz dveh tankih piezokeramičnih ploščic (Atkinson, 2000), ki sta togo zlepljeni skupaj. Kadar je element izpostavljen upogibu, se ena ploščica nahaja v nategu, druga pa v tlaku, kar povzroči nastanek električnega toka. Podobno električna napetost povzroči upogib elementa. Ti dve lastnosti omogočata uporabo upogibnega elementa na mestu oddajnika in sprejemnika valovanj.

Upogibni element se lahko vgradi kot dodatek v triosno ali strižno celico ter celo v edometer. Omogoča določanje modulov v preizkušancu pri zelo majhnih deformacijah (začetni moduli), njegovi slabosti pa sta občutljivost na vlago in mehanska odpornost.



Slika 6 • Upogibni element v kombinaciji s triosno napetostno celico (Ishihara, 1996)

## 3 • Terenske preiskave

Osnova večine terenskih preiskav, s katerimi se ugotavlja dinamične lastnosti zemljin, je poznavanje različnih valovanj v snovi. Glede na področje širjenja delimo valovanja na prostorska in površinska (Fajfar, 1990). Prostorski valovi se širijo po notranjosti Zemlje in se delijo na:

- P (primarne/longitudinalne/vzdolžne/tlačne) valove, pri katerih delci nihajo v smeri širjenja valovanja in
- S (sekundarne/transverzalne/prečne/strižne) valove, pri katerih delci nihajo pravokotno na smer širjenja valovanja.



Površinski valovi, ki nastanejo in se širijo po Zemljini površini, se delijo na:

- R (Rayleigh) valove, ki pomenijo eliptično nihanje v ravnini pravokotno na površino in
- L (Love) valove, ki nihajo v horizontalni ravnini pravokotno na smer širjenja valovanja.

Različne vrste valov se v snovi širijo različno hitro. Pri tem za hitrosti valovanj v vseh vrstah materialov velja  $v_p > v_s > v_r > v_l$ . Vrednosti posameznih hitrosti predstavljajo pomemben podatek o dinamičnih lastnostih materiala. Pri uporabi valovanj za namene terenskih preiskav izstopajo prostorski valovi. Hitrosti P in S valov sta podani z enačbama (15) in (16)

$$v_p = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}} \quad (15)$$

$$v_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (16)$$

kjer pomeni  $E$  modul elastičnosti,  $G$  strižni modul,  $\nu$  gostoto in  $n$  Poissonovo število.

Predvsem S valovi so zaradi svoje neposredne zveze s strižnim modulom ena glavnih dinamičnih karakteristik materiala. Strižni modul, določen preko izmerjenih hitrosti S valov, je t. i. začetni strižni modul. Terenske preiskave hitrosti širjenja valov v zemljini ne omogočajo karakterizacije zemljin pri večjih deformacijah.

### 3.1 • Merjenje odboja in loma valov

Ta metoda temelji na lastnosti odboja valovanja. To se pri prehodu skozi mejo med dvema materialoma z različno togostjo lomi v skladu z lomnim zakonom. Če je vpadni kot valovanja manjši od kritičnega kota  $\gamma_c$ , se valovanje nadaljuje v drugem materialu pod kotom, ki je večji od vpadnega. Pri tem velja predpostavka, da je hitrost valovanja v drugem materialu  $v_2$

višja od hitrosti valovanja v prvem materialu  $v_1$ . Če je vpadni kot večji od kritičnega kota  $\gamma_c$ , se valovanje odbije nazaj v prvi material pod kotom enakim vpadnemu kotu (Slika 7).

Merjenje odboja valov imenujemo tudi refleksijska geoseizmična metoda. Pri njej se uporablja P (vzdolžne) valove, ki so hitrejši in jih sprejemnik na površini prve zazna. Z njo se prvenstveno ugotavlja debelina sloja  $H$ , njen rezultat pa je tudi hitrost primarnega valovanja v sloju.

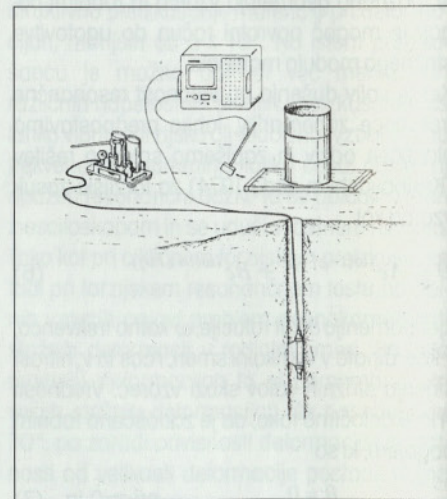
Valovanje, ki izvira v točki A (Slika 7) in doseže točko B pod kritičnim kotom  $\gamma_c$ , nadaljuje svojo pot s širjenjem po spodnjem sloju vzporedno z mejno ploskvijo. Ob tem samo predstavlja izvor novih valovanj, ki se širijo pod kotom  $\gamma_c$  v zgornji medij proti sprejemniku B'.

Na površini merimo prihod lomljenih valov z večimi sprejemniki v ravni liniji v smeri stran od izvora valovanja. Ločeno za lomljene valove in direktne valove se izrišejo grafi njihovih prihodov do sprejemnikov v odvisnosti od oddaljenosti sprejemnika od izvora. Iz naklonov grafov za obe vrsti valov se določijo hitrosti potovanja valov  $v_1$  in  $v_2$  v obeh medijih.

### 3.2 • »Up-Hole« in »Down-Hole« metoda

Za razliko od prej opisanih metod je za metodi »Up-Hole« in »Down-Hole« potrebna vrtina v preiskovanem materialu. Pri metodi »Up-Hole« je potrebno generiranje valovanja v vrtini in njegovo merjenje na površini. Kot izvor valovanja se običajno izvedejo manjše eksplozije, ki povzročijo tako S kot P valove. Sprejemniki na površini zaznavajo prihode valovanj, pri čemer so ponovno v prednosti P valovi, ki prvi prispejo. Sprejem S valov je otežkočen zaradi motenj in šumov, ki jih povzročijo predhodni P valovi. Metoda »Down-Hole« zahteva pritrđitev sprejemnika, geofona ali hidrofona na steno vrtine.

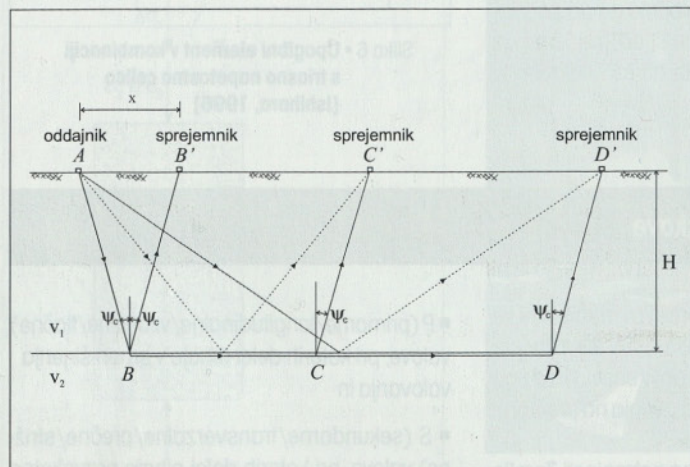
Tam zaznava valove, ki v tem primeru pripotujejo od izvora valovanja na površini (Slika 8). Ta je v tem primeru na teren pritrđena ploščica, ki se jo ročno udarja s kladivom. Odvisno od smeri udarjanja se ločeno ustvarjajo S ali P valovi. Horizontalni udarec na ploščo povzroči nastanek S valov, vertikalni udarec pa P valov. Metoda »Down-Hole« je primerna predvsem za področja, kjer na površini ni veliko prostora za različna mesta postavljanja sprejemnikov. Uspešno pa se lahko kombinira tudi z vrtinami, narejenimi za SPT ali druge vrste preiskav.



Slika 8 • Metoda »Down-Hole« (Santos, 1999)

### 3.3 • »Cross-Hole« metoda

Za metodo »Cross-Hole« sta potrebni najmanj dve vrtini v preiskovanem materialu. V eno izmed njih se umesti izvor valovanja, ki lahko generira tako S kot P valove. Kot izvor se uporabijo udarci z različnimi vrstami kladiv. V sosednjih v vrsto razvrščenih vrtinah so sprejemniki, ki beležijo prihod valov v horizontalni smeri od izvora valovanja (Slika 9).



Slika 7 • Širjenje valovanj v primeru odboja ali loma

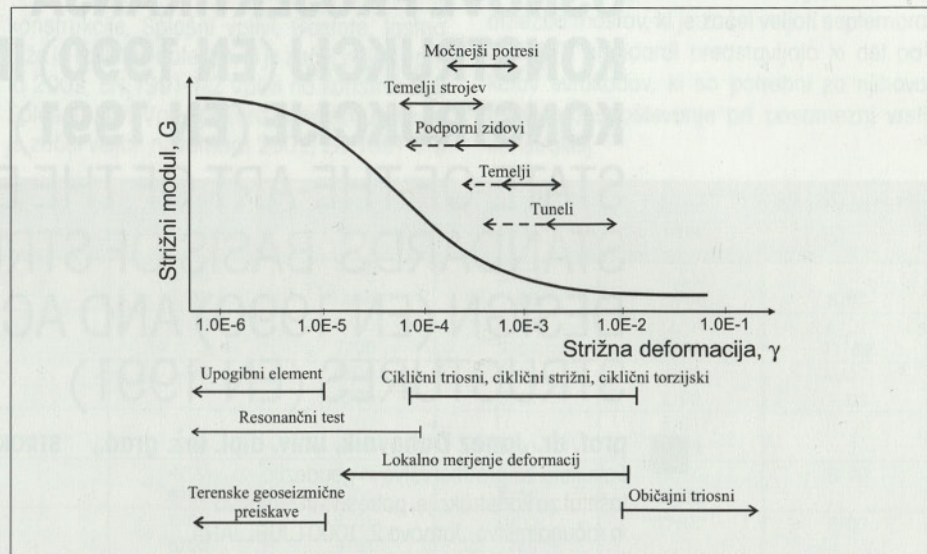


Slika 9 • Terenske preiskave za temelje pilotov mostu na avtocesti južno od Lizbone, »Cross-Hole« metoda (Lenart, 2003)



## 4 • SKLEP

Preiskovanje dinamičnih lastnosti zemljin omogočajo različne vrste preiskav, ki jih lahko razdelimo v laboratorijske in terenske. Medtem ko se slednje izvajajo pri zelo majhnih deformacijah, omogočajo laboratorijske preiskave različne nivoje deformacij. Njihova velikost se pokaže kot bistven pogoj vpliva na vrednosti strižnega modula in faktorja dušenja zemljine. Zelo pomembno je, da se vpliv velikosti deformacije na lastnosti zemljine upošteva v procesu preiskav zemljine. Te se morajo izvesti v pogojih, primerljivimi s tistimi, ki se pričakujejo v dejanskem stanju (Slika 10). Čeprav se porušitve geotehničnih objektov dogajajo pri deformacijah zemljine v območju nekaj odstotkov, predstavljajo mejno stanje uporabnosti konstrukcije deformacije, ki so precej manjše. Zaradi njihovega vpliva na dinamične lastnosti zemljin je potrebno prilagoditi izbiro postopka določanja teh lastnosti tudi njihovi pričakovani velikosti.



Slika 10 • Območja uporabnosti posameznih geomehanskih preiskav (Das, 1992; Menzies, 1997)

## 5 • ZAHVALA

Prispevek je nastal vzporedno z izdelavo magistrske naloge avtorja. Ta se zahvaljuje doc. dr. Janku Logarju iz Fakultete za gradbe-

ništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani za pomoč in mentorstvo pri njeni pripravi. Prav tako se zahvaljuje prof. dr. A. Gomes Correii iz Tech-

nical University of Lisbon (IST), ki mu je omogočil delo v tamkajšnjem geomehanskem laboratoriju. Avtorjev študij je financiralo Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport Republike Slovenije.

## 6 • LITERATURA

- ASTM, Standard Test Methods for the Determination of the Modulus and Damping Properties of Soils Using the Cyclic Triaxial Apparatus, D 3999-91, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.09, 1996.
- Atkinson, J.H., Non-linear soil stiffness in routine design, *Geotechnique* 50, No.5, pp. 487-508, 2000.
- Atkinson, J.H. in Salfors, G., Experimental determination of soil properties. General Report to Session 1, Proceedings of the 10<sup>th</sup> ECSMFE, Florence 3, 915-956, 1991.
- Burland, J.B., 30<sup>th</sup> Rankine Lecture. On the shear strength and compressibility of natural clays, *Geotechnique* 40, No. 3, 329-378, 1990.
- Das, B. M., Principles of soil dynamics, PWS-KENT Publishing Company, Boston, 1992.
- Dyvik, R. in Madshus, C, Lab measurements of  $G_{max}$  using bender elements, Proceedings ASCE Annual Convention, Advances in the Art of Testing Soils under Cyclic Conditions, Detroit, pp. 186-196, 1985.
- Fajfar, P., Osnove potresnega inženirstva, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za konstrukcije, Ljubljana, 1990.
- Goto, S., Tatsuoka, F., Shibuya, S., Kim, Y.S., in Sato, T., A Simple Gauge for Local Strain Measurements in the Laboratory, *Soils and Foundations*, Vol. 31, No. 1, pp. 169-180, 1991.
- Isihara, K., Soil Behaviour in Earthquake Geotechnics, Science University of Tokyo, Clarendon Press, Oxford, 1996.
- Jardine, R.J., Symes, M.J. in Burland, J.B., The measurement and interpretation of small strain stiffness in the triaxial apparatus, *Geotechnique* 34, No. 3, 323-340, 1984.
- Kuribayashi, E., Iwasaki, T., Tatsuoka, F., in Horiuchi, S., Dynamic deformation characteristics of soil – measurements by the resonant column test device, Report of the Public Work Research Institute, Japan, No. 912, 1974.
- Lenart, S., Dinamične karakteristike zemljin na primeru kompozita prodnato peščenega melja iz plazu Stože, Magistrska naloga, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani, 2003.
- Menzies, B.K., Applying Modern Measures, *Ground Engineering magazine*, July, 1997.
- Santos, J.A., Soil characterisation by dynamic and cyclic torsional shear tests. Application to the study of piles under lateral static and dynamic loadings, PhD thesis, Technical University of Lisbon, Portugal, 1999.
- Silver, M.L., ASCE, A.M., in Seed, H.B., ASCE, M., Deformation characteristics of sands under cyclic loading, *Jour. of the Soil Mechanics and Foundation Div., ASCE*, SM8, pp. 1081-1098, 1971.
- Whitman, R.V. in Lawrence, F.V., Discussion on Elastic Wave Velocities in Granular Soils, *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, Vol. 89, No. SM5, pp. 112-118, 1963.



# STANJE EVROPSKIH STANDARDOV OSNOVE PROJEKTIRANJA KONSTRUKCIJ (EN 1990) IN VPLIVI NA KONSTRUKCIJE (EN 1991)

## STATE-OF-THE-ART OF THE EUROPEAN STANDARDS BASIS OF STRUCTURAL DESIGN (EN 1990) AND ACTIONS ON STRUCTURES (EN 1991)

prof. dr. Janez Duhovnik, univ. dipl. inž. grad., STROKOVNI ČLANEK UDK 006.77(4)  
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo  
in računalništvo, Jamova 2, 1000 LJUBLJANA,  
janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si

EN 1990 + EN 1991

**Povzetek** | Prispevek obravnava standarda EN 1990 Osnove projektiranja konstrukcij in EN 1991 Vplivi na konstrukcije. Podrobneje je prikazan sedanj sestav skupine standardov EN 1991, doseženo stanje razvoja teh standardov in njihova vloga v posameznih paketih evrokodov. Obravnava se tudi uvajanje obeh standardov v Sloveniji.

**Summary** | The state-of-the-art of the EN 1990 Basis of structural design and EN 1991 Actions on structures is described. The system of the standards in the group of the EN 1991 in detail, the achieved stage of the development, and their role in the particular packages of the Eurocodes are shown. The introduction of both standards in Slovenia is discussed as well.

### 1 • UVOD

Evrokodi so namenjeni tako za konstrukcijske dele in konstrukcijske sisteme kot za celotne konstrukcije stavb in gradbeno inženirskih objektov (EC, 2002). Evrokodi zagotavljajo izpolnjevanje prve (mehanska odpornost) in del druge (požarna varnost) bistvene zahteve iz evropske direktive 89/106 o gradbenih proizvodih, ki jo pri nas uvaja zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro, 2000), nanjo pa se navezuje tudi zakon o graditvi (ZGO-1, 2002).

Evrokodi so obsežen sistem 58 standardov, ki so deloma že pripravljene, deloma pa še nastajajo. Uporabljali naj bi jih vsi, ki sodelujejo pri snovanju, projektiranju, gradnji in uporabi konstrukcij. Čeprav je bilo o njih že davno doseženo politično soglasje, ki je bilo nato še večkrat potrjeno, in čeprav strokovna javnost nima načelnih pomislekov do ideje evrokodov, poteka njihovo uvajanje počasi, kar kaže na zapletenost in zahtevnost postopkov. Tudi zato je Evropska komisija sprejela navodila za uvedbo in uporabo evrokodov (EC, 2002), ki naj bi pospešila njihovo uvajanje. Ta navodila razvrščajo evrokode v pa-

kete in uvajajo pet različnih obdobij pri uvajanju. V posamezne pakete so evrokodi razvrščeni tako, da je mogoča njihova usklajena uporaba. Vloga v tem prispevku obravnavanih standardov v posameznih paketih je opisana v četrtem razdelku.

Z obdobji uvajanja pa so določeni roki za posamezna opravila CEN in držav članic. Predvidena so naslednja: obdobje preverjanja osnutka standarda, obdobje postopkov v CEN, obdobje prevajanja in vzporedno obdobje nacionalnega prilagajanja ter obdobje soveljavnosti standardov.

Ko projektna skupina pripravi končni osnutek, se začne obdobje preverjanja osnutka, ki traja največ 6 mesecev. To obdobje se zaključuje, ko je osnutek sprejet na tehničnih odborih v obliki, pripravljene za formalno glasovanje v CEN. Sledi obdobje za postopek v CEN, v katerem se opravi formalno glasovanje in ratifikacija posameznega standarda. To obdobje traja okoli 8 mesecev in se konča z datumom veljavnosti. Takrat mora biti opravljen prevod

standarda v vse tri uradne jezike CEN, to je v angleščino, nemščino in francoščino. Sledi obdobje prevajanja v nacionalne jezike, ki ne sme biti daljše od 12 mesecev. Vzporedno z obdobjem prevajanja poteka obdobje nacionalnega prilagajanja, ki lahko traja največ 2 leti. V tem času morajo biti pripravljene morebitni nacionalni dodatki. Nato nastopi obdobje soveljavnosti nacionalnih standardov in evrokodov, ki lahko traja največ 3 leta po objavi zadnjega dela posameznega paketa evrokodov. Na koncu tega obdobja mora država članica ukiniti soveljavne nacionalne standarde.

Standarda EN 1990 Osnove projektiranja konstrukcij in EN 1991 Vplivi na konstrukcije, ki ga sestavlja več standardov, sta bila prvotno sestavni del ENV 1991. Ob prehodu iz predstandarda (ENV) v standard (EN) pa je EN 1990 nastal iz ENV 1991-1, drugi standardi v skupini 1991 pa so bili preštevilčeni tako, da imajo za ena manjšo drugo oznako. Standard EN 1990 Osnove projektiranja konstrukcij je postal veljaven 24. 4. 2002. V skupini standardov EN 1991 pa je sedaj 10 standardov, od katerih bodo nekateri predvidoma veljavni šele leta 2004.



## 2 • SESTAV SKUPINE STANDARDOV EN 1991

Sestav in časovni potek razvoja standardov EN 1991 Vplivi na konstrukcije je razviden iz preglednice 1.

Kot je razvidno iz preglednice 1, so sedaj veljavni štirje standardi: EN 1991-1-1 Vplivi na

konstrukcije, Splošni vplivi, Gostote, lastna teža in koristne obtežbe, ki je začel veljati aprila 2002, EN 1991-1-2 Vplivi na konstrukcije, Splošni vplivi, Vplivi požara na konstrukcije, ki je začel veljati novembra 2002, EN 1991-1-3

Vplivi na konstrukcije, Splošni vplivi, Obtežba snega, ki je začel veljati julija 2003 ter EN 1991-1-3 Vplivi na konstrukcije, Prometna obtežba mostov, ki je začel veljati septembra 2003. Ti standardi predstavljajo le del paketov evrokodov, ki so potrebni za njihovo usklajeno upoštevanje pri posamezni vrsti konstrukcij.

| oznaka standarda | podnaslov standarda                                        | zač. dela proj. skup. | prvi osn.            | končni osn.          | poslan CEN            | datum velj.          |
|------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| EN 1991-1-1      | Splošni vplivi, Gostote, lastna teža in koristne obtežbe   | 7/98<br><b>7/98</b>   | 7/99<br><b>12/99</b> | 5/00<br><b>7/00</b>  | 11/00<br><b>12/00</b> | 5/01<br><b>5/02</b>  |
| EN 1991-1-2      | Splošni vplivi, Vplivi požara na konstrukcije              | 4/99                  | 6/00<br><b>7/00</b>  | 6/01<br><b>7/01</b>  | 12/01<br><b>1/02</b>  | 6/02<br><b>11/02</b> |
| EN 1991-1-3      | Splošni vplivi, Obtežba snega                              | 4/99                  | 6/00<br><b>6/00</b>  | 6/01<br><b>8/01</b>  | 12/01<br><b>2/02</b>  | 6/02<br><b>7/03</b>  |
| EN 1991-1-4      | Splošni vplivi, Vplivi vetra                               | 7/98<br><b>7/98</b>   | 3/00<br><b>6/00</b>  | 11/00<br><b>8/01</b> | 5/01<br><b>5/03</b>   | 11/01                |
| EN 1991-1-5      | Splošni vplivi, Toplotni vplivi                            | 4/00<br><b>6/00</b>   | 6/01<br><b>7/01</b>  | 6/02<br><b>8/02</b>  | 12/02<br><b>11/02</b> | 6/03                 |
| EN 1991-1-6      | Splošni vplivi, Vplivi med gradnjo                         | 4/00<br><b>6/00</b>   | 6/01<br><b>8/01</b>  | 6/02<br><b>7/00</b>  | 12/02                 | 6/03                 |
| EN 1991-1-7      | Splošni vplivi, Nezgodni vplivi zaradi udarov in eksplozij | 4/01<br><b>5/01</b>   | 1/02<br><b>2/02</b>  | 9/02<br><b>3/03</b>  | 3/03                  | 9/03                 |
| EN 1991-2        | Prometna obtežba mostov                                    | 4/99                  | 7/00<br><b>9/00</b>  | 8/01<br><b>8/01</b>  | 2/02<br><b>1/02</b>   | 8/02<br><b>9/03</b>  |
| EN 1991-3        | Vplivi žerjavov in drugih strojev                          | 6/01<br><b>6/01</b>   | 7/02<br><b>4/2</b>   | 3/03<br><b>3/03</b>  | 9/03                  | 3/04                 |
| EN 1991-4        | Vplivi v silosih in rezervoarjih                           | 4/00<br><b>6/00</b>   | 6/01<br><b>8/01</b>  | 6/02<br><b>2/03</b>  | 12/02                 | 6/03                 |

Preglednica 1 • Sestav in doseženi oziroma predvideni datumi zaključka posameznih faz v razvoju skupine standardov EN 1991.

## 3 • STANJE RAZVOJA SKUPINE STANDARDOV EN 1991

Stanje razvoja skupine standardov EN 1991 je povzeto po (CEN, 2003) in (EC, 2003). Za tiste

standarde, ki še niso veljavni, je prikazano v preglednici 2.

Iz preglednice 2 je razvidno, da bodo vsi v preglednici 1 navedeni datumi, ko naj bi standardi začeli veljati, preseženi.

| oznaka standarda | podnaslov standarda               | opis stanja                                                                                                             |
|------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EN 1991-1-4      | Splošni vplivi, Vplivi vetra      | prevod v nemščino in francoščino bo končan predvidoma do konca 03, nakar bo opravljeno formalno glasovanje v CEN        |
| EN 1991-1-5      | Splošni vplivi, Toplotni vplivi   | glasovanje naj bi bilo zaključeno v 8/03, pred objavo je potreben še prevod v nemščino                                  |
| EN 1991-1-6      | Splošni vplivi, Vplivi med        | angleški predlog za glasovanje naj bi bil gradnjo končan v 10/03                                                        |
| EN 1991-1-7      | Splošni vplivi, Nezgodni vplivi   | nov končni osnutek bo obravnavan zaradi udarov in eksplozij na sestanku TC v 1/04                                       |
| EN 1991-3        | Vplivi žerjavov in drugih strojev | angleški predlog za glasovanje naj bi bil končan v 10/03                                                                |
| EN 1991-4        | Vplivi v silosih in rezervoarjih  | angleški predlog za glasovanje naj bi bil končan v 10/03, pred tem pa je treba uskladiti aneks G Potresni vplivi z SC8. |

Preglednica 2 • Stanje razvoja standardov iz skupine 1991

## 4 • VLOGA STANDARDOV IZ SKUPINE EN 1991 ZA POSAMEZNE PAKETE EVROKODOV

Zaradi razlik med temeljnimi načeli v evrokodih in veljavnih nacionalnih standardih ni primerno, da bi pri določeni konstrukciji uporabljali nekaj nacionalnih standardov in nekaj standardov iz skupine evrokodov. Zato bo usklajena uporaba evrokodov možna šele

takrat, ko bodo dokončani tako imenovani paketi evrokodov. V posamezen paket so uvrščeni vsi evrokodi, ki so potrebni za neko vrsto konstrukcij. Sedaj predvideni paketi in vloga standardov iz skupine EN 1991 v posameznem paketu so prikazani v preglednici

3. Potemnjena polja kažejo tiste standarde, ki so del paketa. Poudarjeno uokvirjena polja pa kažejo standarde, ki bodo predvidoma postali veljavni kot zadnji v nekem paketu. Iz skupine Eurocode 1991 sta to standarda EN 1991-1-6 Vplivi na konstrukcije, Splošni vplivi, Vplivi med gradnjo in EN 1991-1-7 Vplivi na konstrukcije, Splošni vplivi, Nezgodni vplivi zaradi udarov in eksplozij. EN 1990, ki že velja, je del vseh paketov.



| paketi Evrokodov                                                                                            | deli standarda 1991 |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|
|                                                                                                             | 1-1                 | 1-2 | 1-3 | 1-4 | 1-5 | 1-6 | 1-7 | 2 | 3 | 4 |
| <b>Betonske konstrukcije</b>                                                                                |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| stavbe in inžen. objekti razen mostov ter silosov in rezervoarjev                                           |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| mostovi                                                                                                     |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| silosi in rezervoarji                                                                                       |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| <b>Jeklene konstrukcije</b>                                                                                 |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| stavbe in inžen. objekti razen mostov, silosov in rez., cevovodov, pilotov, žerj. prog. stolpov in jamborov |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| mostovi                                                                                                     |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| silosi, rezervoarji, cevovodi                                                                               |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| piloti                                                                                                      |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| žerjavne proge                                                                                              |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| stolpi in jambori                                                                                           |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| <b>Sovprežne betonske in jeklene k.</b>                                                                     |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| stavbe in inžen. objekti razen mostov                                                                       |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| mostovi                                                                                                     |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| <b>Lesene konstrukcije</b>                                                                                  |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| stavbe in inžen. objekti razen mostov                                                                       |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| mostovi                                                                                                     |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| <b>Zidane konstrukcije</b>                                                                                  |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| stavbe in inžen. objekti razen mostov                                                                       |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| poenostavljeno projektiranje                                                                                |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| <b>Aluminijske konstrukcije</b>                                                                             |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| vse brez utrujanja                                                                                          |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |
| z utrujanjem                                                                                                |                     |     |     |     |     |     |     |   |   |   |

Preglednica 3 • Vloga standardov EN 1991 v paketih evrokodov.

## 5 • UVAJANJE EN 1990 IN EN 1991 V SLOVENIJI

Kot slovenski standardi so bili doslej sprejeti SIST ENV 1991-1 Osnove projektiranja in vplivi na konstrukcije, SIST ENV 1991-2-1 Go-stote, lastna teža in koristne obtežbe, SIST ENV 1991-2-3 Obtežbe snega, SIST ENV 1991-2-4 Vplivi vetra in SIST ENV 1991-3 Pro-metne obtežbe mostov. Vsi navedeni standar-di so bili privzeti po metodi platnice, kar pomeni, da je za platnicami in morebitnim dodatkom v slovenskem jeziku angleško bes-edilo standarda. Obravnavane standarde smo torej privzeli v bistveno manjšem ob-segu, kot bi bilo sicer mogoče. Razlog za ta zaostanek je v tem, da je bilo sprejemanje Evrokodov odvisno predvsem od entuziazma posameznikov in v preteklosti razen z redkimi izjemami ni bilo podprto ne s strani gradbe-ne industrije ne države. Prizadevanja, da bi neposredne uporabnike seznanili z nastaja-jočimi standardi, so bila le deloma uspešna. Seminarjev, ki smo jih organizirali na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani, so se

udeleževali le projektanti, izvajalcev in drugih, ki sodelujejo pri graditvi objektov, pa ta pro-blematika ni zanimala. Razmere so se po-pravile letos, ko sta bili med Ministrstvom za okolje, prostor in energijo RS ter Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani podpisa-ni prvi dve pogodbi za prevod standardov EN 1990 in EN 1990-1-1. Delo bo zaključeno fe-bruarja 2004, nato pa bo sledil še postopek na Slovenskem inštitutu za standardizacijo.

## 6 • SKLEP

V Sloveniji z uvajanjem evrokodov zaostaja-mo nasploh, še posebej pa pri evrokodih iz skupine EN 1990 in 1991, ki so pogoj za upo-rabo vseh paketov evrokodov. Ker Slovenija še ni ne članica CEN niti EU, bi bilo zanimivo vedeti, kateri roki za zaključek posameznih obdobji bodo veljali pri nas. Zato, da bomo na tem področju ujeli druge članice EU, bi morali

Kot je bilo omenjeno, bosta oba navedena standarda nadomestila sedaj veljavne šele, ko bosta skupaj z drugimi predstavljala paket evrokodov. Takrat bi ju lahko država proglasila za obvezne, ker se nanašata na varnost.

Tudi v Sloveniji se srečujemo z zanimivim po-javom, ki so mu priča tudi v drugih evropskih državah. Pri študiju na obeh gradbenih fakulte-tah v Sloveniji študentje spoznajo le evrokode, po diplomi pa morajo uporabljati veljavne standarde, ki jih ne poznajo in se jih morajo naučiti uporabljati le za nekaj let. Tudi to je cena prepočasnega uvajanja evrokodov.

## 7 • VIRI

- CEN/TC250/SC1, Action on structures, progres report for the period February to July 2003, 2003.  
 EC, European Commission, Guidance paper L, Application and Use of Eurocodes, <http://europa.eu.int/comm/enterprise/construction/index.htm>, 2002.  
 EC, European Commission, Follow-up of the examination-period of EN Eurocode Parts, 2003.  
 ZGO-1, Zakon o graditvi, [http://www.dz-rs.si/si/aktualno/spremljanje\\_zakonodaje/sprejeti\\_zakoni/](http://www.dz-rs.si/si/aktualno/spremljanje_zakonodaje/sprejeti_zakoni/), 2002.  
 ZGPro, Zakon o gradbenih proizvodih, [http://www.dz-rs.si/si/aktualno/spremljanje\\_zakonodaje/sprejeti\\_zakoni/](http://www.dz-rs.si/si/aktualno/spremljanje_zakonodaje/sprejeti_zakoni/), 2000.



# NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

## UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

### VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Tomaž Frantar**, Določitev porušne obtežbe armiranobetonskih plošč, mentor doc. dr. Boštjan Brank

**Salih Bajrić**, Nekateri stroškovni vidiki sanacije območja urejanja VS 2/11 Rakova Jelša, mentor doc. dr. Maruška Šubic Kovač, somentor doc. dr. Jože Panjan

**Simona Fink**, Izbor variante novomeške obvoznice z vidika vplivov na okolje, mentor doc. dr. Alojz Juvanc, somentor dr. Peter Lipar

**Darinka Komar - Valenčak**, Etažna lastnina, mentor izr. prof. dr. Albin Rakar

### UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**David Vesnaver**, Optimizacija oblike lupinastih konstrukcij, mentor doc. dr. Boštjan Brank, somentor doc. dr. Marko Kegl

**Ivan Cehte**, Ocena delovanje lokalnega vodovoda Dobrova pri Senovem, mentor izr. prof. dr. Boris Kompore, somentorica mag. Nataša Atanasova

**Andrej Sedej**, Napoved kvalitativnih sprememb v akumulacijah hidroelektrarn na spodnji Savi, mentor izr. prof. dr. Boris Kompore, somentorja mag. Nataša Atanasova in mag. Zoran Stojič

**Brankica Kouter**, Hidravlična obravnava odseka Mure od Sladkega vrha do mostu v Cmureku, mentor izr. prof. dr. Matjaž Četina, somentor izr. prof. dr. Matjaž Mikoš

**Nedžad Mešić**, Numerična prostorska analiza gradbene jame ljubljanske Opere po MKE, mentor izr. prof. dr. Bojan Majes, somentor dr. Boštjan Pulko

**Uroš Stibilj**, Presoja poplavne varnosti s predlogom ureditve Malega grabna v Ljubljani, mentor izr. prof. dr. Matjaž Mikoš, somentor Rok Fazarinc

**Marjana Oberč**, Študija izvedljivosti kanalizacije naselja Lokovica v občini Šoštanj - Velenje, mentor izr. prof. dr. Boris Kompore

### UNIVERZITETNI ŠTUDIJ VODARSTVA IN KOMUNALNEGA INŽENIRSTVA

**Valentina Kuzma**, Analiza stanja površinskih voda v urbanem okolju, mentor prof. dr. Mitja Brilly, somentor prof. dr. Mihael - Jožef Toman

## UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

### VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Jani Krajnc**, Samozgoščevalni beton, mentor pred. Samo Lubej, somentor doc. dr. Andrej Štrukelj

**Primož Kumer**, Kolesarske poti v občini Ormož, mentor pred. Uroš Lobnik

**Jože Marinič**, Zgodovina nastanka in poučevanja gradbene statike, mentor pred. Milan Kuhta, somentor dr. Marko Pinterič

**Vili Martinčević**, Dimenzioniranje betonskih konstrukcijskih elementov, mentor pred. Milan Kuhta, somentor Mitja Kovačec

**Boštjan Mihalič**, Možnost uporabe solidifikata v gradbeništvu, pridobljenega v procesu sanacije deponije kislega katrana pesniški dvor, pred. Samo Lubej, somentor doc. dr. Andrej Štrukelj

**Gregor Udovč**, Modeliranje betonske mostne konstrukcije, mentor pred. Milan Kuhta, somentor Metka Kobolt

**Damir Urlep**, Dimenzioniranje AC odseka Blagovica - Lukovica z vrednostno analizo, mentor izr. prof. dr. Bojan Žlender, somentor red. prof. dr. Mirko Pšunder

**Silva Zagorc**, Raziskava in izbira optimalne tehnologije sanacije temeljev in zidov stare kmečke hiše na Polskavi, mentor pred. Samo Lubej, somentor red. prof. dr. Mirko Pšunder

### UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Bojana Brečko**, Primerjava obtežb po DIN 1072 in EUROCODE, mentor red. prof. dr. Branko Bedenik, somentor Vukašin Ačanski

**Martin Kos**, Stroškovna primerjava jeklenih paličnih hal, mentor izr. prof. dr. Stojan Kravanja

**Tomaž Majcenovič**, Odvodnjavanje prometnih površin, mentor izr. prof. dr. Tomaž Tollazzi, somentor Boris Stergar

**Marko Gotlin**, Tehnologija in uporaba FRP kompozitov za ojačitev armiranobetonskih konstrukcij, mentor doc. dr. Andrej Štrukelj, somentor pred. Samo Lubej

**Andrej Voh**, Sanacija garažne hiše v Oblakovi ulici - Maribor, mentor doc. dr. Andrej Štrukelj, somentor pred. Samo Lubej

### MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Tomaž Kramberger**, Dokaz ponovljivosti vzorca porazdelitve temperature vozišč in praktična uporaba pri povečanju varnosti v cestnem prometu, mentor izr. prof. dr. Tomaž Tollazzi, somentor izr. prof. dr. Borut Zalar

## UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO - EKONOMSKO POSLOVNA FAKULTETA

### UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GOSPODARSKEGA INŽENIRSTVA

**Andrej Lazar**, Primerjava med tehnologijo zidane opečne in lesene montažne hiše, mentor doc. dr. Andrej Štrukelj, somentorica doc. dr. Dijana Močnik

Rubriko ureja • **Jan Kristjan Juteršek**, univ. dipl. inž. grad.



# KOLEDAR PRIREDITEV

**9.2. - 12.2.2004**

## **Integrated Intelligent Transport Solutions**

London, Anglija  
[www.iir-conferences.com/iits](http://www.iir-conferences.com/iits)  
[registration@iir-conferences.com](mailto:registration@iir-conferences.com)

**16.2. - 20.2.2004**

## **International Erosion Control Association's EC04 Environmental Connection Conference**

Philadelphia, ZDA  
[www.ieca.org](http://www.ieca.org)  
[ecinfo@ieca.org](mailto:ecinfo@ieca.org)

**7.3. - 10.3.2004**

## **ASCE Conference Engineering, Construction and Operation in Challenging Environments**

Houston, Texas, ZDA

**28.3. - 31.3.2004**

## **2004 ITE Technical Conference and Exhibit**

California, ZDA  
[www.ite.org/meetcon/index.html](http://www.ite.org/meetcon/index.html)  
[ite\\_staff@ite.org](mailto:ite_staff@ite.org)

**29.3. - 4.4.2004**

## **Bauma 2004**

München, Nemčija  
[www.bauma.de](http://www.bauma.de)  
[info@imag.de](mailto:info@imag.de)

**30.3. - 2.4.2004**

## **Intertraffic Amsterdam**

Amsterdam, Nizozemska  
[www.intertraffic.com/events/events\\_list.asp](http://www.intertraffic.com/events/events_list.asp)  
[intertraffic@rai.nl](mailto:intertraffic@rai.nl)

**31.3. - 2.4.2004**

## **Cyclic Behaviour of Soils and Liquefaction Phenomena**

Bochum, Nemčija  
<http://balkema.ima.nl/instructions.htm>

**4.4. - 7.4.2004**

## **9th International Symposium on Concrete Roads**

Istanbul, Turčija  
[secretariat@cembureau.be](mailto:secretariat@cembureau.be)

**12.4. - 15.4.2004**

## **Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures**

Vail, Colorado, ZDA

**17.4. - 22.4.2004**

## **North American Tunneling Conference 2004**

Atlanta, Georgia, ZDA  
<http://balkema.ima.nl/instructions.htm>

**26.4. - 28.4.2004**

## **Concrete Structures: The Challenge of Creativity**

Avignon, Francija

**2.5. - 7.5.2004**

## **CIB World Building Congress 2004**

Toronto, Ontario, Kanada  
[www.cib2004.ca](http://www.cib2004.ca)  
[cib2004@nrc.ca](mailto:cib2004@nrc.ca)

**12.5. - 14.5.2004**

## **3rd Euroasphalt and Eurobitume Congress**

Dunaj, Avstrija  
[www.eecongress.org](http://www.eecongress.org)  
[info@eecongress.org](mailto:info@eecongress.org)

**16.5. - 19.5.2004**

## **Conference IWCSE 2004 Cold Regions Engineering**

Edmonton, Kanada

**14.6. - 17.6.2004**

## **8th World Conference on Timber Engineering**

Lahti, Finska  
[www.ril.fi/wcte2004](http://www.ril.fi/wcte2004)  
[kaisa.vanlainen@ril.fi](mailto:kaisa.vanlainen@ril.fi)

**24.6. - 26.6.2004**

## **Bridges across the Danube-Bridges in Danube Basin**

Novi Sad, Srbija in Črna Gora

**5.7. - 7.7.2004**

## **SEMC 2004 Conference Structural Engineering, Mechanics and Computation**

Cape Town, Južna Afrika

**18.7. - 23.7.2004**

## **Composite Construction V International Conference**

Mpumalanga, Južna Afrika  
[www.engconfintl.org/4ab.html](http://www.engconfintl.org/4ab.html)  
[a\\_kemp@civil.wits.ac.za](mailto:a_kemp@civil.wits.ac.za)

**20.7. - 23.7.2004**

## **Conference ACMBS-IV**

### **Advanced Composite Materials in Bridges and Structures**

Calgary, Kanada

**1.8. - 6.8.2004**

## **13th World Conference on Earthquake Engineering**

Vancouver, Kanada  
[www.venuewest.com/13wcee](http://www.venuewest.com/13wcee)  
[13wcee@venuewest.com](mailto:13wcee@venuewest.com)

Rubriko ureja • **Jan Kristjan Juteršek**, ki sprejema predloge za objavo na e-naslov: [mgs@izs.si](mailto:mgs@izs.si)