

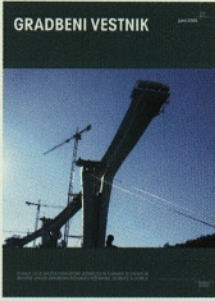
GRADBENI VESTNIK

junij 2005



GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE IN
MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKA ZBORNICE SLOVENIJE

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana



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 Inženirske zbornice Slovenije (MSG IZS)**, ob podpori **Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani** in **Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**
 izr. prof. dr. **Matiž 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 Kristijan 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:

3000 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 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 5500 SIT; za študente in upokojenca 2200 SIT; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 40.687,50 SIT za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80 EUR. V ceni je všteta DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:

02017-0015398955

Gradbeni vestnik • GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN

TEHNIKOV SLOVENIJE in MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH

INŽENIRJEV INŽENIRSKO ZBORNICE SLOVENIJE

UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774

Ljubljana, junij 2005, letnik 54, str. 133-152

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.
- Poglavja 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. 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

Jubilej

Ob 75-letnici prof. dr. Francija Kržiča

Članki • Papers

stran **136**

Harun Hozo, univ. dipl. inž. grad.

PROSTOKONZOLNA GRADNJA VIADUKTA ČRNI KAL

CANTILEVER METHOD OF THE CONSTRUCTION OF THE VIADUCT ČRNI KAL

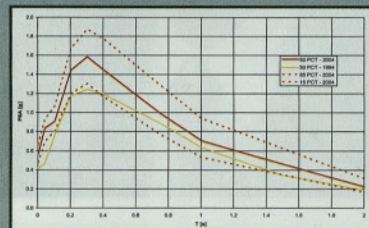
stran **143**

dr. Barbara Šket Motnikar, univ. dipl. inž. mat.,

dr. Janez Lapajne, univ. dipl. inž. fiz.

NEGOTOVOST VERJETNOSTNE OCENE POTRESNE NEVARNOSTI POMEMBNIH OBJEKTOV

UNCERTAINTY IN THE PROBABILITY SEISMIC HAZARD ASSESSMENT
OF IMPORTANT STRUCTURES



Odmev

stran **151**

Franc Maleiner, univ. dipl. kom. inž.

KRITIKA STROKOVNEGA ČLANKA NAČRTOVANJE ČISTILNE NAPRAVE GLEDE KAKOVOSTI ODVODNIKA

stran **152**

Odgovor avtorjev

Novi študiji

Podiplomski študij gradbene informatike

Novi diplomanti gradbeništva

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

Koledar prireditev

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

Slika na naslovnici: Konzolna gradnja viadukta Črni Kal, foto Harun Hozo

JUBILEJ

Ob 75-letnici prof. dr. Francija Kržiča



V mesecu marcu je svojo 75-letnico praznoval prof. dr. Franci Kržič, redni profesor za področje jeklenih konstrukcij v pokoju in priznani projektant jeklenih in sovprežnih konstrukcij. Rodil se je 5. marca 1930 v Ljubljani, kjer je obiskoval osnovno šolo in gimnazijo ter leta 1948 maturiral. V istem letu se je vpisal na Gradbeni oddelek Tehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Že v gimnaziji in kasneje med študijem se je z vso zagnanostjo ukvarjal s športom, predvsem s košarko in v klubu Železničar iz Ljubljane igral tudi v takratni zvezni ligi. Leta 1955 je diplomiral pri prof. Marinčku in se v naslednjem letu po krajši zaposlitvi v Metalni zaposlil na Inštitutu za metalne konstrukcije v Ljubljani. Po dolgoletnem uspešnem projektantskem delu je ob polni obremenitvi na delovnem mestu leta 1978 najprej magistriral in leta 1982 še doktoriral pri prof. Prelogu s temo Vpliv različnih parametrov na velikost odzivnih količin pri cestnih mostovih pod obtežbo cestnih vozil.

V letu 1983 se je redno zaposlil na Fakulteti za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo (FAGG) kot profesor za področje jeklenih konstrukcij in to delo opravljal vse do upokojitve leta 1995.

Prvo obdobje njegove poklicne kariere je bilo vezano na strokovno delo s področja jeklenih in sovprežnih konstrukcij, ki je obsegalo projektiranje, kontrolo izdelave in montaže, obre-

menilne preizkušnje, revidiranje projektov in pisanje strokovnih ekspertiz. V drugi polovici 60-ih in v 70-ih letih se je prof. Kržič razvil v enega najvidnejših slovenskih in jugoslovanskih projektantov jeklenih in sovprežnih konstrukcij. Projektiral je pomembne mostove in stavbe in se v zgodovino slovenskega gradbeništva zapisal kot pionir na področju uvajanja sovprežnih konstrukcij iz betona in jekla.

Projektantski opus prof. Kržiča je tako obsežen, da je v tem zapisu nemogoče navesti vsa njegova pomembna dela. V nadaljevanju navedena dela predstavljajo izbor po -moji prosti presoji. Med mostovi velja vsekakor omeniti cestni most preko plazu pri Trojanah (1960 – prvi sovprežni most v Sloveniji), viadukt Lešnica (1966 – prvi sovprežni most večjega razpona v Sloveniji s prednapetostno betonsko ploščo, pri čemer je bilo prednapenjanje doseženo s predhodnim nadvišanjem jeklenih nosilcev in spuščanjem sovprežne prekladne konstrukcije), skupino šestih železniških sovprežnih mostov z gramozno gredo preko reke Pake (1970), sovprežni most pri Ruti preko reke Drave (1970 – betonska plošča, prvič narejena iz prefabriciranih elementov), sovprežne mostove s parom škatlastih nosilcev preko Save v Tacnu in preko Save Bohinjke pri Bohinjski Beli in v Obrnah (1978/79 – pri tacemskem mostu so bili za vezna sredstva med betonom in jeklom prvič v Sloveniji in Jugoslaviji uporabljeni sodobni čepasti moznički), sovprežne konstrukcije cestnega mostu preko reke Save v Kranju (1980 – prvi most s koritastim jeklenim delom prečnega prereza).

Med stavbami je zagotovo najbolj impozantna 16-nadstropna stolpnica na Bavarskem dvoru v Ljubljani z drzno in vitko jekleno konstrukcijo, oprto na betonsko jedro (1975 – prvič v Sloveniji za sovprežne stropove uporabljena profilirana pločevina). Iz istega leta je tudi sosednja stavba PTT, prav tako s sovprežno stropno konstrukcijo. Izvirno rešitev predstavlja jeklena viseča stropna konstrukcija Trgovskega centra Slovenijales v Ljubljani (1979). Zanimive so tudi mogočne jeklene konstrukcije veleblagovnice NAMA v Novem Sadu in blagovne hiše v Osijeku, pa jeklena konstrukcija Ledene dvorane v Mariboru, prostorska palična konstrukcija kopališč Tivo-

li in Ježica v Ljubljani, številni industrijski objekti itd.

Njegovi projekti se odlikujejo z inovativnostjo, saj ni nikoli okleval pri uvajanju najsodobnejših tehnoloških rešitev. Predvsem za projekte stavb je značilno odlično sodelovanje z arhitekti.

Ob svoji strokovni karieri je bil prof. Kržič aktiven tudi pri delu Zveze društev gradbenih konstruktorjev Jugoslavije (ZDGKJ) in v Društvu gradbenih konstruktorjev Slovenije (DGKS). Tako je bil leta 1974 izvoljen v predsedstvo ZDGKJ in 1980 v izvršni odbor DGKS, v letih 1987 in 1988 pa je opravljal funkcijo predsednika DGKS. V znak priznanja za njegovo delo je bil leta 1979 imenovan za zaslužnega in leta 1983 za častnega člana ZDGKJ. V letu 1986 je za svoje zasluge na področju gradbenega konstruktorstva prejel častno listino Zveze gradbenih inženirjev in tehnikov Jugoslavije, leto kasneje pa še republiško in zvezno nagrado za konstruktorske dosežke. V letu 1988 je bil odlikovan z redom dela z zlatim vencem.

Prof. Kržič je bil aktiven tudi na področju standardizacije. Sodeloval je pri pripravi pravilnikov in standardov s področja jeklenih in sovprežnih konstrukcij ter bil od leta 1986 dalje član Komisije za standarde s področja jeklenih in aluminijastih konstrukcij pri Zavodu za standardizacijo. Je avtor prvega Jugoslovanskega tehničnega predpisa za projektiranje sovprežnih konstrukcij, ki je izšel že leta 1970.

Ko se je leta 1983 z Inštituta za metalne konstrukcije preselil na FAGG, je svoje izjemne projektantske izkušnje začel z velikim zanosom prenašati na študente gradbeništva in tudi sodelavce Katedre za metalne konstrukcije. Predaval je osnovne predmete s področja jeklenih konstrukcij na univerzitetnem študiju in kasneje tudi na visokem strokovnem študiju in predmet Jeklene stavbe in mostovi, ki je bil študentom odlična popotnica v projektantsko prakso. Tudi na podiplomskem študiju gradbeništva, Konstrukcijska smer, je bil nosilec treh predmetov (Izbrana poglavja iz jeklenih konstrukcij, Sovprežne konstrukcije in Mehanske lastnosti kovin). Kot eden redkih profesorjev je za vsak predmet takoj pripravil skripta, za osnovni kurz jeklenih konstrukcij

pa kasneje tudi učbenik, ki je še vedno v uporabi. Bil je mentor številnim diplomantom in trem magistrantom.

V naziv izrednega profesorja je bil izvoljen že leta 1981, v naziv rednega profesorja za področje jeklenih konstrukcij pa leta 1986. Od leta 1986 pa vse do upokojitve je opravljal funkcijo predstojnika Katedre za metalne konstrukcije, štiri leta pa je bil tudi predstojnik Konstrukcijske študijske smeri.

Glede na to, da je prof. Kržič v akademsko sfero stopil relativno pozno, je njegov opus raziskovalnih del v primerjavi s strokovnim delom nekoliko manjši. Kljub vsemu se je zavzelo lotil raziskovalnega dela. Posebej bi omenil dve zanimivi pretežno eksperimentalni raziskavi: Dejanske mehanske lastnosti in obnašanje hladnooblikovanih profilov in Strižna nosilnost

panelnih nosilcev ter obsežen sklop računalniških programov za numerično simulacijo dinamičnega obnašanja mostu, s katerim je bila opravljena dinamična analiza številnih mostov. O rezultatih svojega raziskovalnega dela je redno poročal predvsem v domačih strokovnih revijah in na kongresih.

Sam sem imel to srečo, da sem bil sodelavec prof. Kržiča ves čas njegovega delovanja na FGG. Sodelovala sva pri pedagoškem delu, kjer sem bil kar nekaj let asistent pri nekaterih predmetih, katerih nosilec je bil. Največji vtis name je naredil njegov izredni občutek za pravo mero med teoretičnimi in praktičnimi znanji, ki jih je podajal študentom. Uspešno sva sodelovala tudi pri projektantskem delu, kjer sem se veliko naučil. Predvsem to, da projektiranje niso le natančni izračuni, ampak tudi

premišljena zasnova konstrukcije in poznavanje konstrukcijskih detajlov.

Najino sodelovanje pa ni bilo vezano le na profesionalno delo. Skupaj s še nekaterimi kolegi s FGG smo več kot dvajset let redno igrali tenis in skupaj preživeli marsikatero prijetno urico. In prav to je primerna iztočnica za iskrene čestitke prof. Franciju Kržiču ob njegovi 75-letnici.

V svojem imenu in v imenu sodelavcev Katedre za metalne konstrukcije Fakultete za gradbeništvo in geodezijo mu želim zdravja in zadovoljstva, veliko športnih užitkov, uspehov pri strokovnem delu, kjer je še vedno aktiven, ter da bi z nami preživel še mnogo lepih trenutkov.

prof. dr. Darko Beg,
predstojnik Katedre za metalne konstrukcije,
FGG, UL

VO&VO

Napredne tehnologije

VO&VO d.o.o.

Ljubljanska c. 9

SI - 4240 RADOVLJICA

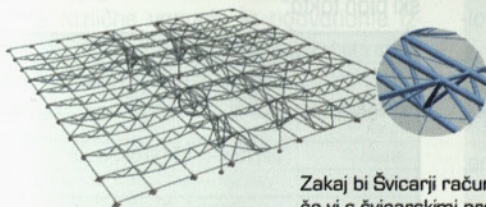
Tel.: ++386(0) 4 53 74 000

Fax: 04 53 74 009

e-mail: info@vo-vo.si

www.vo-vo.si

Akcijske cene za nove programe!



Zakaj bi Švicarji računali prednapete plošče za vas, če vi s švicarskimi programi CUBUS-CEDRUS to lahko storite sami.

www.vo-vo.si

cubus
ENGINEERING SOFTWARE

www.cubus.ch

PROGRAMI ZA STATIČNO ANALIZO

CEDRUS - Za analizo plošč in sten (tudi prednapenjanje!)

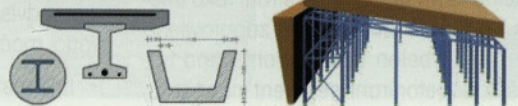
STATIK - Za analizo vseh mogočih prostorskih konstrukcij (jeklenih, betonskih in prednapetih)

FAGUS - Za analizo prerezov (tudi sovpreznih!)

LARIX - Za izračun stabilnosti zemljin, opornih zidov in injektiranih siders

PYRUS - Za dimenzioniranje armiranobetonskih stebrov različnih prerezov

AVENA - Za dimenzioniranje jeklenih profilov



PROSTOKONZOLNA GRADNJA VIADUKTA ČRNI KAL

CANTILEVER METHOD OF THE CONSTRUCTION OF THE VIADUCT ČRNI KAL

Harun Hozo, univ. dipl. inž. grad. **Strokovni članek** UDK 624.21:625.745.1:624.012
Plešičeva 27, 1000 LJUBLJANA

Povzetek | V prispevku je opisana metoda prostokonzolne gradnje ter tehnološke podrobnosti pri gradnji viadukta Črni Kal. Upoštevati je bilo treba izjemno višino stebrov, vplive vetra, kratek rok gradnje ter veliko število ciklov. Tekoče napredovanje in dosežena kakovost dokazujeta pravilnost odločitev in sposobnost sistema SCT, da se pri uporabi nove in zelo zahtevne tehnologije kreativno, hitro in učinkovito odzove na izzive, ki jih tovrstna gradnja prinaša.

Summary | The paper describes the cantilever method and technological details of the construction of the viaduct Črni Kal. The exceptional height of the piers, strong wind actions, short construction term, and a lot of cycles were necessary to be taken into account. The current progressing of construction and the achieved quality prove the correctness of the decisions and the ability of the system SCT to react creatively, fast and effectively to the challenges, appearing in such construction, using new and demanding technologies.

1 • UVOD

Prostokonzolna gradnja (v nadaljevanju PKG) je ena od najbolj zapletenih tehnologij gradnje prekladnih konstrukcij mostov. Svoj razvoj in

razcvet je doživela vzporedno z razvojem tehnologij prednapenjanja v drugi polovici prejšnjega stoletja. Tako zgrajeni mostovi so v zad-

njem času sicer nekoliko v senci bolj atraktivnih mostov s poševnimi nategami, ki pa so v večini primerov tudi zgrajeni po principih PKG, le s kabli zunaj betonskega prereza. PKG se praviloma uporablja za razpetine polj 70–200 (največ 300) m, pri mostovih s poševnimi nategami pa tudi čez 800 m.

2 • OPIS TEHNOLOGIJE PKG

Osnovni koncept PKG je naslednji: v vrhu stebra se izdelava glava stebra, ki je tudi že del prekladne konstrukcije, dolg 7–14 m. Temu delu navadno pravimo bazni segment. Previsni del glave stebra se podpira z različno oblikovanim konzolnim odrom.

Na končano glavo stebra se postavi dva opažna vozička, na vsako stran eden. Konstrukcija se gradi v 3 do 5 m dolgih segmentih, simetrično na eni in drugi strani tako imenovane mize, tako da je stalno zagotovljeno ravnovesje. Ko beton doseže zahtevano trdnost, vsak zabetonirani segment napnemo, potem pa segment razopazimo in voziček

premaknemo na naslednji položaj. Na ta način z enega stebra izvedemo slabi polovici dveh razpetin, simetrično, na eno in drugo stran. Potem postopek ponovimo na sosednjem stebru in na koncu izvedemo še vezni segment, s katerim spojimo dve prostokonzolni mizi (slike 1, 2 in 3).

2.1 Prednosti te tehnologije so naslednje:

- neodvisnost od tipa ovire (globoke doline, voda, močvirje), ki jo je treba premostiti,
- taktnost gradnje – ciklično, tedensko ponavljanje postopkov ter

- trajni in kakovostni objekti, nezahtevni za vzdrževanje.

2.2 Pomanjkljivosti PKG pa so:

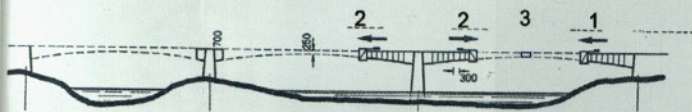
- sorazmerna počasnost napredovanja,
- zahtevnost dela in
- relativno velika poraba kablov za prednapenjanje.

V literaturi ponavadi najdemo naslednji teden-ski plan takta:

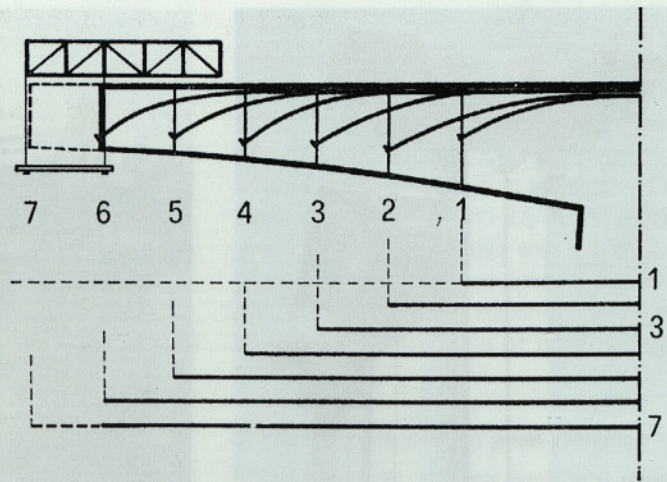
dan v tednu	faza
ponedeljek	napenjanje kablov in premik vozička na naslednji položaj
torek	priprava opaža in armature
sreda	
četrtak	
petek	betoniranje
sobota	strjevanje betona
nedelja	



Slika 1 • Prostokonzolna gradnja na viaduktu Črni Kal



Slika 2 • Zaporedje gradnje segmentov



Slika 3 • Shematičen prikaz kablov

Dejansko takt redkokdaj poteka tako, ker so nekatere faze pri posameznih segmentih zelo različne po obsegu. V začetku so količine precej večje; pri prehodu iz prvega v drugi segment se vozički razstavijo in iz dveh med sabo pove-

zanih sestavimo dva samostojna vozička; pri prehodu iz drugega v tretji segment se spreminjata opaž zgornje plošče in širina sten; v tretjem in naslednjih segmentih imamo še sidrišča kablov v spodnji plošči, v predzadnjem

segmentu pa tudi v zgornji plošči. Vse to zahteva tudi predelavo opaža. Vmes moramo upoštevati še številne vremenske nevšečnosti in druge nepredvidljive težave. Zato je strjevanje betona prav v soboto in nedeljo prej izjema kot pravilo.

3 • VIADUKT ČRNI KAL

3.1 Zasnova viadukta

Viadukt Črni Kal je bil kot celota že večkrat predstavljen v javnosti, tudi v Gradbenem vestniku. Od celotne dolžine 1060 m se je 760 m zgradilo po tehnologiji PKG. Glede na posebne zahteve Darsa se je zgradila prekladna konstrukcija za vsak pas viadukta posebej – levi in desni, na (2x) šestih mizah, dolžine 100, 4 x 140 in 100 m, postavljenih na vmesne opornike – stebre v obliki črke Y. Prečni preizkus prekladne konstrukcije je škatla z vertikalnimi stenami. Nad stebrom je preizkus najvišji in z debelejšimi stenami in ploščami, kar izhaja iz konzolnega načina gradnje (slika 4).

3.2 Variante objekta

Strokovnjaki SCT so že dolga leta na različne načine sodelovali v pripravah na gradnjo do sled največjega mostu v Sloveniji. V obravnavi so bile različne variante in podvariete izbrane različice. Glede tehnologije in roka gradnje bi bila primerna le ena prekladna konstrukcija širine 25 m (slika 5) in ne dveh, kar podvoji potrebno delo, opremo in rok gradnje.

3.3 Stabilnost mize

Ena od ključnih nalog projektanta pri PKG je izbira optimalne rešitve stabiliziranja mize

proti prevrnitvi. Kot je zapisano v uvodu, je mizo treba graditi simetrično, na eni in drugi strani stebra. Zaradi varnosti, obremenitev vetra in podobno je treba dokazati stabilnost mize tudi v primeru, če zabetoniramo celotni segment na eni strani, na nasprotni strani pa

sta nameščena le opaž in armatura. Ta pogoj, ki je dokaj konservativen, ima številne rešitve glede na višino stebra:

1. Pri zelo nizkih stebrih (npr. mostovi čez reke in zalive) se problem redno rešuje z začasno podporo, ki podpira mize pri nesimetrični gradnji (slika 6).
2. Druga rešitev, ki je dokaj pogosta pri visokih stebrih, je izvedba dvojnih začasno oja-



Slika 4 • Prečni preizkus prekladne konstrukcije nad stebri najvišji



Slika 5 • Primer mostu z eno prekladno konstrukcijo za obe vozišči avtoceste



Slika 6 • Začasna podpora za stabilizacijo mize med gradnjo



Slika 7 • Začasno ojačeni dvojni stebri



Slika 8 • Masivni dvojni stebri



Slika 9 • Razvejeni stebri

čenih (slika 7), dvojnih masivnih stebrov (slika 8) ali razvejenih stebrov (slika 9), ki lahko prevzamejo momente, ki jih povzročajo miza. 3. Tretja rešitev je uporaba začasnih kablov, s katerimi se veže in varuje mizo proti prevrnitvi.

Kabli so vertikalni in povezujejo drugi ali tretji segment mize z začasnimi temelji na terenu (npr. viadukt Ločica).

Na viaduktu Črni Kal je bil problem rešen z razvejenimi stebri, v katerih so del obremen-

tev prenesli prednapeti navpični kabli na notranji strani krakov stebra.

3.4 Bazni segmenti in tip vozička

Izvedba PKG na visokih stebrih zahteva zelo pomembne odločitve že v zgodnjih fazah projektiranja. Predvsem je bila problematična izvedba podpornega odra baznih segmentov. Zaradi zelo gosto armiranih stebrov ni bila možna izvedba z jeklenimi nosilci, ki bi segali skozi stebra. Izbira lažjih, obešenih konzolnih odrov pa je pogojevala manjše previse in posledično manjšo glavo stebra, dolgo le 7,50 m in ne 12,20 m, kot je predvideval PGD. V takih primerih se za izdelavo prvega segmenta na glavo stebra ne montira dveh parov vozičkov v celoti, ampak se prednja dela vozičkov poveže med seboj s posebnimi X ali Z kosi (slika 10).

Pri izbiri tehnologije so bili obravnavani naslednji potencialni dobavitelji: BBR, Dywidag, Freyssinet, NRS in Wito. V razpisu se je upoštevalo več dejavnikov, kot so tehnične lastnosti opreme, način sodelovanja in cena ter variante kombinacije s pogodbo za izvedbo prednapenjanja. Ena od pomembnih odločitev je bila za postopen prevzem tehnologije in ne za oddajo vodenja del. Na to je vplivalo predvsem veliko število (2 x 140) ponovitev postopka na 12 tehnološko zelo podobnih mizah.

3.5 Vozički

Vozički za PKG so specialna oprema, ki se je ne prodaja tako množično kot druge grad-



Slika 10 • Uporaba povezovalnih kosov za opaž prvih segmentov

bene stroje, opaže in opremo. Proizvajajo jih le nekatere specializirane delavnice (NRS, Wito) in največji dobavitelji tehnologij za prednapenjanje (BBR, Dywidag, Freyssinet), ima pa vsak od vozičkov nekatere svoje posebnosti:

- BBR – ima betonske balaste postavljene tako, da se med premikom prosto vozi po tirih. Simetrična gradnja na baznih segmentih, krajših od 12 m, ni možna.
- Dywidag – lastijo si izum tehnologije in vozičkov za PKG, vozički so zasnovani tako, da se lahko postavijo na zelo ozke glave (8 m) brez posebnih kosov (X ali Z), ampak se »zadnja noga« enega od parov vozičkov, ki je sestavljena iz dveh palic, postavi tako, da »zajaha« nogo nasprotnega vozička, kar pomeni bistveno hitrejši premik iz prvega v drugi segment.
- Freyssinet – znani so po konceptu spodnjih vozičkov, kjer je nosilni okvir postavljen pod prekladno ploščo. Ta sistem omogoča montažo prefabriciranih armaturnih košev in hitrejšo gradnjo, če je objekt nizek. Ni možnosti simetrične gradnje na baznih segmentih, manjših od 12 m (slika 11).
- NRS – ima posebne X kose za kratke glave stebrov, ki morajo biti dolge najmanj 5,5 m (sliki 12 in 13).
- Wito (slika 10) je v Sloveniji najbolj znan sistem, ker ga že desetletja uporablja Gradis (NGR). Ima posebne »Z« kose za ozke glave. NRS in Wito sta si zelo podobna.

Posebnost v zvezi z vozički je bila, da so se ponudbene cene razlikovale tudi do 60 odstotkov, kljub dejstvu, da gre, ne glede na

posebnosti, za zelo podobne jeklene konstrukcije, s podobno težo in podobnim sistemom hidravličnih naprav.

Po daljših, večkrožnih pogajanjih z vsemi ponudniki je bila sprejeta odločitev, da vozičke dobavi NRS AS, norveški specialist za premične odre in jeklene konstrukcije. Projekt in izvedbo jeklene konstrukcije so pripravili v Maleziji, hidravlične naprave so proizvedli na Nizozemskem, navojne palice pa v Nemčiji. Ob uvajanju tehnologije so zagotovili navzočnost svojega specialista nadzornika, ki je z našimi strokovnjaki spremljal vse faze dela.

3.6 Opaži

Posebnost pri tehnologiji opaženja je, da se med izdelavo ene mize četrtnina opaža razreže, kar po večjem številu ponovitev pomeni dvojno količino opažnega materiala. Notranji opaž se zmanjšuje iz segmenta v segment z višine 6 m na 2,5 m. Po dolgih usklajevanjih in pogajanjih smo kot najbolj ekonomično rešitev izbrali opaž po projektih NRS, ki smo ga izdelali v lastnih obratih in kjer se režejo le leseni deli in ne dragi kovinski profili (slika 14).

3.7 Armatura in kabli za prednapenjanje

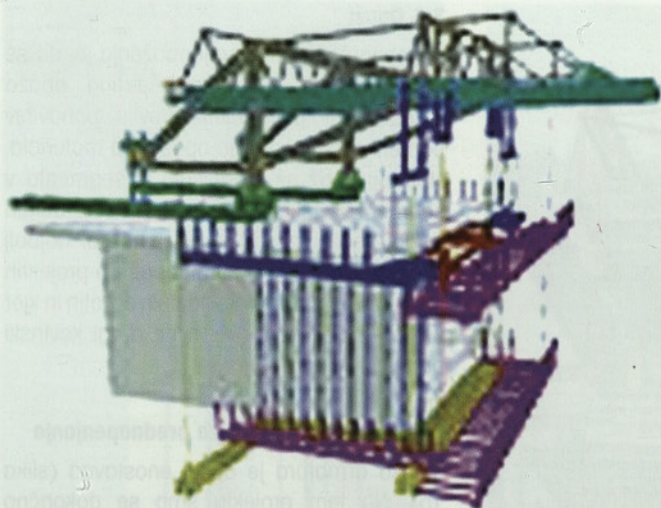
Mehka armatura je dokaj enostavna (slika 15). Na tem projektu smo se dokončno poslovili od JUS/PBAB armature RA400/500 in objekt v celoti zgradili skladno z evropskimi zahtevami za armaturo tip S500 (500/550). Prednapenjanje je zelo zahtevno, saj vključuje montažo cevi, vrivanje kablov in prednapenjanje, ki je mejnik med izdelavo posameznih segmentov. V prerezu, velikem približno od 10 do 20 m², je do 50 vzporednih kablov v ceveh premera 90 mm. Za vsak segment se napne 4–6 kablov. Uporabljeni so kabli z nizko relaksacijo, kar je zelo bistveno zaradi izgub napenjalne sile in posledično zmanjševanja povosov konstrukcije.

3.8 Beton

Za beton prekladne konstrukcije pri PKG je vedno potrebna tehtna presoja med prvo zahtevo, da je beton čim bolj in čim dlje vgradljiv, in drugo zahtevo, da beton čim prej doseže



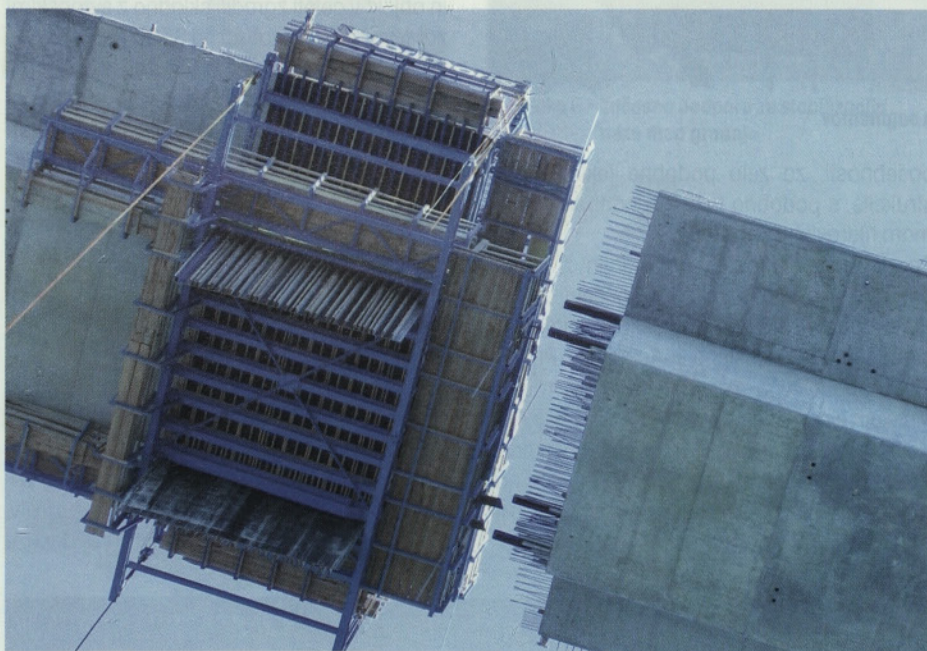
Slika 11 • Voziček Freyssinet je pod betonsko konstrukcijo



Slika 12 • Shema vozička NRS



Slika 13 • Voziček NRS v naravi



Slika 14 • Pri vsakem premiku vozička je treba zaradi spremembe prečnega prereza odrezati del notranjega lesenega opaža sten, zunanji stranski opaž pa sega skozi spodnjo ploščad

zahtevano tlačno trdnost za prednapenjanje (70 odstotkov od 45 MPa).

Tu so še številne druge zahteve, predvsem so bistveni hitro doseženi moduli elastičnosti, od katerih so najbolj odvisni povesi in obnašanje konstrukcije med gradnjo.

V ta namen so bile opravljene verjetno najboljše raziskave reoloških lastnosti betona za kak projekt v Sloveniji, ki so obsegale raziskave modula elastičnosti in lezenja, odvisno od vlažnosti okolice. Ta se pri različnih vetrovih na območju viadukta, kjer se

stalno menjata burja in jugo, močno spreminja.

Uporabljeni beton je sestavljen iz anhovskega cementa, črnokalskega agregata in najnovejše generacije superplastifikatorjev, ki se uporabljajo za izdelavo samozgoščevalnih betonov (SCC). Tako smo v celoti zadostili vsem omenjenim zahtevam.

3.9 Betonski cevovodi

Transport betona smo od preliminarnih in idejnih projektov in podpisa pogodbe do izvedbe obravnavali posebej. V igri so bili različne variante gradnje prekladne konstrukcije in različne variante transporta betona (Sliki 16 in 17).

Zaradi pospešene gradnje in vremenskih razmer oz. težav z burjo smo se nazadnje odločili, da vse betone za PKG črpamo s kote dna stebra do mesta vgradnje. Višinska razlika je bila do 100 m, vodoravna do 70 m.



Slika 15 • Poleg armature in kablov je bilo potrebno za potrebe PKG v vsakem segmentu več odprtín

Ker je betonovod služil tudi kot rezervna varianta za betoniranje stebrov, smo ga postavili v stolpu žerjava, in ne po odru ob stebri, kot je bilo prvotno predvideno. Tako je bil betonovod ločen od konstrukcije in ni bil napoto drugim fazam dela.

Pri dimenzioniranju betonovoda in pripadajočih naprav smo bili posebno pozorni na robne pogoje procesa in upoštevali številne dejavnike, ki povečajo tveganje zamašitve in nedopustne ustavitve procesa vgrajevanja:

- gost beton z nizko vsebnostjo vode ($v/c=0,4$);
- drobljen agregat (100-odstotno ostri robovi, za razliko od prodnatih agregatov);
- v poletnih mesecih se betonovod in naprave lahko dodatno ogrejejo pod vplivom ogretega ozračja in sonca in se tako dodatno ogreva tudi beton (ki ima lahko ob vgradnji največ 28°C);
- transport betona na poti betonarna-avtomešalec-črpalka-betonovod-opaž traja med 35 in 50 minut;
- proces črpanja je nezvezen, ker se betoniranje izvaja simetrično na eni in drugi strani PK mize – en avtomešalec na eni in drugi strani mize. To praktično pomeni, da med zamenjavo avtomešalcev in preklpom med vejami betonovoda do 40 odstotkov betona čaka še dodatnih 3–10 minut;
- v vertikalnem vodu so izjemni tlaki, od 25 barov ob ustavljenem sistemu, do največ 150 barov (1500 m vodnega stolpa) ob zagonu črpalke;
- celotna količina betona, potrebna za izdelavo para segmentov, je dokaj majhna (90–140 m³) in če bi bila izbrana črpalka premočna, bi bistveno podaljšali čas, ko beton stoji v cevovodu.

Po dolgih analizah so bili določeni naslednji ukrepi in rešitve za transport betona:

- Agregat 0/16 mm,
- Betonarna je bila postavljena med stebri viadukta, z zadostno kapaciteto in prioriteto namenjena za PKG.
- Betonska črpalka je bila Putzmeister BSA 2109-H, moči 171 kW, ki lahko doseže tlak do 152 barov in prečrpa do 57 m³/h.
- Za navpični del betonovoda so bile uporabljene posebne visokotlačne cevi (130 barov) s pripadajočimi spojkami in avtomatskim hidravličnim zapiralom.
- Na prekladni konstrukciji je bila postavljena hidravlična kretnica, ki v sekundi prestavi tok betona med dvema vejama nizkotlačnega cevovoda (85 barov) (Slika 18).

S tem sta bila zagotovljena nemoten transport v vseh pogojih dela in velika zanesljivost sistema. Zmogljivosti so bile nekoliko večje



Slika 16 • Transport betona z žerjavom



Slika 17 • Transport betona s črpalko



Slika 18 • Hidravlične naprave betonovoda



Slika 19 • Zgrajena prva polovica viadukta Črni Kal

4 • SKLEP

Predstavljene tehnološke posebnosti prostokonzolne gradnje so pokazale, da viadukt Črni Kal ni samo največji, ampak tudi tehnološko najzahtevnejši most v Sloveniji.

SCT je pa še enkrat dokazal, da se z lastnimi strokovnjaki, skupaj s svojimi dolgoletnimi partnerji in izkušenimi projektanti ter strokovnimi nadzorniki na drugi strani, uspešno spopada z

od hitrosti vgrajevanja in so popolnoma za doščale zahtevam.

3.10 Plan dela

Plan dela je zahteval številne popravke predvsem zaradi zapletov v začetnih fazah gradnje, ko so vzporedno še izvajali dela na prestavitvah komunalnih vodov, ter naslednjo zimo, ko smo imeli izredne vetrovne delovne razmere (v primerjavi z drugimi leti na tem območju). Ker je bilo na tem območju doslej opravljenih zelo malo neprekinjenih meritev vetra, bodo podatki, zbrani med gradnjo, zelo pomembni za kasnejše upravljanje celotnega odseka avtoceste.

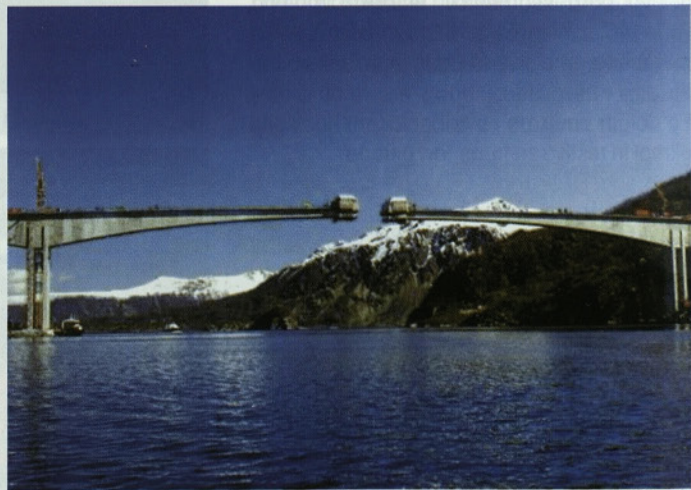
Med gradnjo je prišlo do odločitve, da se hitrost PKG podvoji in da se namesto dveh uporabi štiri komplete (pare) vozičkov. Poleg očitnih posledic, kot je podvajanje opreme in delovne sile, je ta odločitev povzročila popolnoma drugačno uporabo tehnologije gradnje in zaporedja vezanja miz: prvotni koncept gradnje levega pasu »pred sabo« se je spremenil v sistem, ko se vse mize grade v dvojčkih, nato pa jih v parih povezujemo (slika 19).

največjimi tehnološkimi izzivi in dosega izjemne rezultate tudi na tem področju.

Gradnja po principih PKG je zelo zapletena, s številnimi »pastmi«, ki jih je največ povezanih s tehnologijo kablov, premiki vozička in vgradnjo betona. PKG se uporablja pri čedalje večjih razponih (slika 20), pri njej se uporabljajo nove vrste betona (slika 21).



Slika 20 • PKG se uporablja pri čedalje večjih razponih



Slika 21 • Pri nekaterih mostovih je bil uporabljen lahki beton

5 • VIRI

Ponting d.o.o – projektna in druga dokumentacija.

Prospekti, navodila, slike in spletne strani BBR, Dywidag, Frayssinet, NRS, Wito, Alpi, Structurae, BOUYGUES, Jan-Eirik Nilsskog, Jacques Mossot in drugi.

NEGOTOVOST VERJETNOSTNE OCENE POTRESNE NEVARNOSTI POMEMBNIH OBJEKTOV

UNCERTAINTY IN THE PROBABILITY SEISMIC HAZARD ASSESSMENT OF IMPORTANT STRUCTURES

dr. Barbara Šket Motnikar, univ. dipl. inž. mat.

MOP, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo,
Dunajska 47/VII, 1000 LJUBLJANA, barbara.sket-motnikar@gov.si

dr. Janez Lapajne, univ. dipl. inž. fiz.

Bernikova 3, 1230 DOMŽALE, jlapajne@siol.net

Strokovni članek

UDK 550.34.06

Povzetek | Pri določevanju potresnih projektnih parametrov pomembnega objekta nas poleg najverjetnejše vrednosti večkrat zanima tudi ocena njene negotovosti oz. razpon rezultatov. Predstavljen je standardni postopek za ocenjevanje negotovosti ter opisana narava negotovosti podatkov in modeliranja. Izpostavljeni so problemi pri ocenjevanju negotovosti ter omenjeni nekateri postopki za zmanjšanje teh težav ter predstavljena priporočila in napotki tujih strokovnjakov. V Sloveniji smo negotovost verjetnostne ocene potresne nevarnosti določevali za lokacijo Nuklearne elektrarne Krško (NEK). Na tem primeru so nazorno prikazane nekatere značilnosti in težave pri ocenjevanju negotovosti.

Summary | Probabilistic seismic hazard assessment of sites of important structures provides the estimates of project parameters, as well as their uncertainty and the probable range of their values, if requested. The standard approach for uncertainty estimation is presented along with several features of uncertainty in data and modeling. The main problems concerning uncertainty estimation and some procedures for their reduction are presented, as well as recommendations of foreign experts. In Slovenia, the uncertainty of probabilistic seismic hazard estimate has been determined only for the nuclear power plant Krško site. This case study illustrates some characteristics and difficulties in uncertainty estimation.

1 • UVOD

Potresno nevarnost dane lokacije ali večjega ozemlja ocenjujemo na podlagi seizmoloških, geoloških, geofizikalnih in geodetskih podatkov. Opredeliti moramo seizmotektonski model, potresne izvore in njihove parametre, oceniti največjo pričakovano magnitudo potresa ter izbrati ustrezen model pojemanja gibanja tal z oddaljevanjem od žarišča potresa. Upoštevati moramo tudi vrsto tal na dani lokaciji. Potresno nevarnost pomembnih objektov

lahko ocenjujemo deterministično ali verjetnostno (IAEA, 2003).

Verjetnostno ocenjevanje upošteva v izračunu vse potresne izvore, pogostost potresov in ves nabor pričakovanih magnitud. Vezano je na predpisano ali priporočeno povratno dobo oz. na letno verjetnost prekoračitve parametra gibanja tal. Osnove postopka je razvil Cornell (Cornell, 1968). Nenatančnost modela in njegovih parametrov predstavimo z logičnim

drevesom, kjer pomeni vsaka veja en nabor vseh parametrov. Razpon vseh vej drevesa predstavlja negotovost verjetnostne ocene. Izpopolnjen Cornellov postopek in logično drevo sta podrobneje opisana na več mestih npr. (McGuire, 2004), (Reiter, 1990).

Pri dosedanjih raziskavah potresne nevarnosti v Sloveniji smo opredeljevali le negotovost ocene potresne nevarnosti za NEK (Fajfar in drugi, 1994; 2004b), ker je ocena projektnih potresnih parametrov skupaj z njeno negotovostjo zahtevani vhodni podatek za naslednje korake verjetnostne varnostne analize ele-

ktrarne. Pri drugih pomembnih objektih se zaenkrat ne uporablja varnostna analiza, zato negotovosti njihovih ocen potresne nevarnosti nismo opredeljevali.

V nadaljevanju je opisana narava negotovosti pri modeliranju potresne nevarnosti s Cornellovim postopkom, prikazane so glavne težave pri opredelitvi negotovosti ter postopki

za njihovo zmanjšanje. Obravnavane teme so ponazorjene z izračunom negotovosti ocene potresne nevarnosti na lokaciji NEK.

2 • OPREDELITEV NEGOTOVOSTI

2.1 Logično drevo

Za količinsko opredelitev negotovosti ocene potresne nevarnosti uporabljamo logično drevo. Vsako nedoločeno, kjer vhodni parametri nimajo enolične vrednosti, lahko predstavimo z vozlišči in vejami drevesa. Vsako vozlišče drevesa predstavlja parameter, njegove možne vrednosti pa predstavljajo veje, ki izhajajo iz vozlišča. Vsem vejam za vozliščem pripišemo verjetnosti oz. uteži z vsoto 1. Parametru torej določamo verjetnostno porazdelitev diskretne slučajne spremenljivke. Na koncu vsake veje so spet lahko vozlišča naslednjega nedoločenega parametra. Število vej v celotnem drevesu eksponentno raste s številom nedoločenih parametrov. Vsaka končna veja predstavlja nek nabor vrednosti vseh parametrov, njena utež pa je zmnožek vseh uteži na posameznih vejah, ki vodijo do nje. Z vsako končno vejo izračunamo izhodno vrednost, njihovo povprečje ali mediano (50. percentil) pa navadno privzamemo za končno izhodno vrednost. Razpon in porazdelitev vseh izhodnih vrednosti je mera za negotovost rezultata. Ena od uveljavljenih mer je tudi interval, ki ga določata 15. in 85. percentil, s čimer zajamemo srednjih 70 % vseh uteženih izhodnih vrednosti. Na opisani način podana mera negotovosti je natančna:

a) če je korekten postopek za izračun izhodnih vrednosti na podlagi vhodnih parametrov in
b) če imajo vsi vhodni nedoločeni parametri diskretno in znano gostoto porazdelitve.

V verjetnostnem ocenjevanju potresne nevarnosti sta obe zahtevi le približno izpolnjeni. Postopek se naslanja na negotove predpostavke, določitev vrednosti parametrov in njihovih uteži pa je največkrat možna samo na podlagi subjektivne ocene. Zelo težko je oceniti, kolikšno je odstopanje od idealnega postopka in od pripisane zaloge vrednosti parametrov. Zato kljub podani oceni negotovosti ne vemo, koliko lahko v resnici zaupamo izhodni oceni potresne nevarnosti.

Značilen rezultat verjetnostne ocene je porazdelitev krivulj potresne nevarnosti (letna verjetnost prekoračitve kot funkcija npr. vršnega ali spektralnega pospeška) in spektrov enotne potresne nevarnosti (npr. po-

spešek kot funkcija nihajnega časa za izbrano povratno dobo). Za podajanje negotovosti ocene potresne nevarnosti sta v praksi privzeta že omenjena 15. in 85. percentil. Seveda pričakujemo, da je med obema percentiloma tudi prava vrednost.

Pri nadaljnji obravnavi negotovosti se bomo omejili na verjetnostno ocenjevanje potresne nevarnosti po izpopolnjenem Cornellovem postopku, ki je trenutno v svetu najbolj uveljavljen.

2.2 Naključna in epistemična negotovost

Negotovost končne ocene potresne nevarnosti je odvisna od negotovosti vhodnih podatkov in od negotovosti modeliranja teh podatkov. Negotovost ima različne vzroke, od katerih je mogoče nekatere z dodatnimi raziskavami in izboljšanim modeliranjem deloma ali povsem odpraviti, drugih pa ne. Glede na ta vidik razlikujemo *naključno (aleatorno)* in *epistemično negotovost* npr. (McGuire, 2004). Naključna negotovost je lastna fizikalnim lastnostim in procesom in je niti načelno ni mogoče odpraviti. Epistemična negotovost pa je negotovost zaradi pomanjkanja znanja in jo vsaj teoretično lahko zmanjšamo z raziskavami oziroma z novimi podatki in izboljšanimi modeli. Prisotna je npr. v geometrijski opredelitvi seizmotektonskih in seizmogenih con ter v njihovih parametrih (npr. v letnem številu potresov, v razmerju večjih in manjših potresov in v zgornji magnitudi). Meja med obema vrstama negotovosti ni ostra in je v precejšnji meri umetna, saj so dogodki res naključni večinoma le s človeškega vidika (torej je negotovost pretežno epistemična). Večina parametrov in končna verjetnostna ocena potresne nevarnosti vsebuje obe vrsti negotovosti, pri čemer pri obravnavanju in določevanju negotovosti težko posebej ugotavljamo vzroke oz. delež ene in druge. Zato bomo v nadaljevanju uporabljali kar izraz negotovost.

2.3 Vpliv več (skupin) strokovnjakov na oceno negotovosti

V splošnem naj bi veljalo, da je končna ocena negotovosti tem boljša, čim več neodvisnih (skupin) strokovnjakov je vključenih v mode-

liranje in čim bolj je določena negotovost vhodnih podatkov. Manj neodvisnih skupin strokovnjakov, manj modelnih različic in neupoštevanje negotovosti v vhodnih podatkih v splošnem zmanjšuje ocenjeni razpon negotovosti končnih rezultatov. To zmanjšanje pa ne pomeni izboljšanja rezultatov, ampak podcenitev negotovosti. Edini način, s katerim lahko resnično zmanjšamo negotovost končne ocene, je povečanje znanja. Vključitev velikega števila strokovnjakov v modeliranje je v "statističnem" smislu sicer zaželeno, ne moremo pa s tem nadomestiti pomanjkanja podatkov. Večje število strokovnjakov bo podalo nova vrednotenja, ki bodo povečala razpon rezultatov in s tem negotovosti. Končna ocena potresne nevarnosti (npr. mediana ali povprečje) pa zato ne bo nujno bližja pravi vrednosti.

Capen (Capen, 1976) je na nekem strokovnem srečanju naredil zanimiv poskus: udeležencem je naročil, naj odgovorijo na deset vprašanj (npr. naj ocenijo površino Kanade in dolžino Amazonke) ter podajo tudi intervale negotovosti. Na podlagi rezultatov je ugotovil, da ljudje večinoma precenjujemo svoje znanje. Posebej je opazil, da so:

- tisti, ki niso poznali področja, podali poleg slabe ocene tudi slab interval: skoraj ni bilo razlike med 30 % in 98 % intervalom negotovosti;
- tisti, ki so bolje poznali področje (a ne tudi specifičnega vprašanja), praviloma podali večji interval negotovosti;
- tisti s slabšim znanjem pogosto podali interval, ki ni vseboval prave vrednosti;
- bili tudi po opozorilu, da ljudje večinoma precenjujemo svoje znanje, njihovi intervali še vedno premajhni.

Tudi strokovnjaki se lahko motijo, kot dokazuje zgodovina in razvoj znanosti na vseh področjih. Zato tudi med seboj tuja intervala negotovosti dveh skupin strokovnjakov, ki ocenjujeta na podlagi enakih podatkov, nista presenečenje (npr. Fajfar in drugi, 2004).

Kljub temu pa avtorji in zagovorniki verjetnostnega ocenjevanja potresne nevarnosti verjamejo, da lahko nekaj neodvisnih skupin strokovnjakov opredeli sprejemljiv interval negotovosti ocene potresne nevarnosti. Pri tem morajo imeti vse skupine na voljo vse razpoložljive geološke, geofizikalne, seizmološke in geodetske podatke.

3 • VZROKI NEGOTOVOSTI

3.1 Pomanjkljivi podatki

Zakaj je ocena negotovosti tako zahteven problem? Zakaj preprosto ne določimo največji možen razpon nepoznanega parametra in v izračunu upoštevamo vse možnosti? Hitro bi ugotovili, da bi bil tako dobljen razpon negotovosti izhodne ocene prevelik, da bi imel kakršnokoli praktično vrednost.

Za zgodovinske potrese imamo večkrat le podatek, da »se je zgodil močan potres na Kranjskem«. Kolikšna je bila njegova magnituda? Kako določiti mesto potresa? Tudi za najmočnejši potres, ki je bil doslej zabeležen na slovenskem ozemlju, kljub obsežnim raziskavam, še vedno ne vemo, kje je nastal. Potres je nastal v 16. stoletju, v katalogu je njegova magnituda ocenjena na 6,8, njegovo nadžarišče pa naj bi bilo v širši okolici Idrije. Pa vendar strokovnjaki še danes niso enotni, ali je bil res na Idrijskem, ali je bil v Furlaniji, ali je bil v zgornjem Posočju, ali pa sta bila morda v kratkem časovnem razmaku celo dva potresa? Kako lahko modeliramo neznano lokacijo potresa? Ker vemo, da je mesto nastanka nenatančno, mu lahko pripišemo več uteženih lokacij ali pa neko območje. Ali s tem res upoštevamo njegovo negotovost? Prava vrednost je lahko ena od pripisanih vrednosti, lahko leži na izbranem območju (s čimer je nepoznani pravi lokaciji pripisana neka utež, ki je manjša od 1, čeprav ji dejansko pripada utež 1), lahko pa je tudi povsem druga lokacija zunaj območja pripisanih vrednosti. Kljub upoštevanju, da je podatek nenatančen, še vedno ne vemo, kolikšna je negotovost ocene izhodnega rezultata. Tudi določitev uteži je le subjektivno mnenje enega ali več strokovnjakov. Seveda lahko območje toliko razširimo, da je prava vrednost zagotovo znotraj tega območja, vendar imajo zato posamezne vrednosti (med katerimi je tudi prava) zelo majhne uteži, razpon rezultatov pa postane (pre)velik. Kako kritično je pomanjkanje podatkov, sta pesniško opisala Castaños in Lomnitz (Castaños in Lomnitz, 2002): ocenjevanje dolžine potresnega preloma ni enako ocenjevanju dolžine mize, ki je ni še nikoli nihče videl. Včasih sploh nismo prepričani, ali miza res obstaja. Primer iz potresne zgodovine: Za leto 1000 so predvidevali, da bo konec sveta. To se sicer ni zgodilo, zato pa nekatere evropske kronike in zapisi za leto 1000 navajajo, da so bili tega leta (takorekoč povsod) veliki potresi. Ocenjevanje parametrov takih potresov res

spominja na vedeževanje, saj sploh ne vemo, ali so se dejansko zgodili.

Pomanjkljivi podatki, neizpolnjene predpostavke, neidealno modeliranje, subjektivno vrednotenje in nedoločljiva prepletenost vsega omenjenega otežujejo obravnavo negotovosti, zato je natančna ocena negotovosti nerešljiv problem. Predstavljajmo si, kako npr. oceniti negotovost rezultata zaradi nedoločljive lokacije in magnitude »idrijskega« potresa. Pomanjkanje podatkov ne more nadomestiti še tako velika skupina zelo dobrih strokovnjakov in noben matematični postopek ali računalniški program!

3.2 Negotovost modeliranja

Temeljna predpostavka Cornellovega postopka je, da bodo prihodnji potresi nastali nedaleč od lokacij preteklih dogodkov. Zato izhajamo iz porazdelitve preteklih nadžarišč potresov ter morebitnega znanega poteka seizmogenih prelomov in oblikujemo *prelomne* in *ploskovne potresne izvore* (McGuire, 2004), (Reiter, 1990). Prolomne izvore opredelimo z nagnjenimi ploskvami pod površjem, ploskovne potresne izvore pa s poligoni na površju tal. Večina podatkov v potresnem katalogu je iz predinstrumentalnega obdobja in iz obdobja, ko je bilo razmeroma malo potresnih opazovalnic. Zato so podatki o lokaciji potresov zelo nenatančni in jih ne moremo pripisati določenemu prelomu. Tako (razpršeno) potresno dejavnost modeliramo s ploskovnimi potresnimi izvori na podlagi inženirske presoje. Ploskovne potresne izvore oblikujemo tam, kjer je gostota nadžarišč povečana in kjer predvidevamo potresno dejavne prelome. Če negotovost geološko tektonskih podatkov ni prevelika, da jemo oblikovanju prelomnih izvorov prednost. Njihovo potresno dejavnost ocenimo na podlagi preteklih potresov na območju preloma in/ali iz ugotovljenega premika ob prelomu in ocene obdobja, v katerem je prišlo do tega premika. Tako seizmološki kot geološki podatki pa vnašajo negotovosti. Zaradi nenatančnosti lokacij potresov uvrstimo v prelomne ali ploskovne izvore tudi nekatere potrese, ki so po danih podatkih sicer zunaj teh izvorov. Potresno dejavnost ploskovnih izvorov ocenimo na podlagi celovitega (pod)kataloga preteklih potresov, ki jih pripišemo izvoru. Nadžarišča potresov zunaj vseh oblikovanih ploskovnih in prelomnih izvorov pa uvrstimo v poseben ploskovni izvor, ki navadno pokriva celotno obravnavano ozemlje in ga imenujemo *izvor ozadja*.

Razmerje med velikimi in majhnimi potresi je določeno z empirično rekurenčno magnitudno relacijo, npr. z dvojno omejeno eksponentno zvezo (Gutenberg, Richter, 1954), ki velja za večje ozemlje. Uporablja pa se za posamezne potresne izvore, kar lahko povzroči nedoločljivo napako končne ocene. Največjo magnitudo potresa na prelomnem ali ploskovnem izvoru lahko ocenimo na podlagi zgodovinskih seizmoloških podatkov, paleoseizmoloških raziskav in na podlagi zveze med magnitudo in dolžino preloma. Vsi postopki so podvrženi precej nezanesljivim orodjem, na srečo pa verjetnostna ocena potresne nevarnosti ni zelo občutljiva na izbiro zgornje magnitude.

Potresno nevarnost ocenjujemo s parametri gibanja tal, ki so odvisni od magnitude in oddaljenosti od potresnega žarišča. Povezavo določajo modeli pojemanja, ki so opredeljeni z meritvami gibanja tal ob močnih potresih. Zaradi velikega vpliva modela pojemanja na končno oceno potresne nevarnosti je ob pomanjkanju takega modela za dano ozemlje kritična izbira modela, ki je bil opredeljen za neko drugo ozemlje. Poleg tega ima vsak model pojemanja še lastno napako (ki jo poda standardni odklon). Enačbe pojemanja ter nabori in vrednosti njihovih regresijskih parametrov se namreč med seboj močno razlikujejo. Številni objavljeni modeli pojemanja ponujajo pestro izbiro, ki vodi v širok razpon možnih rezultatov. Zaradi pomanjkanja merskih podatkov z bližnjega območja je pri večini modelov slabo opredeljeno obnašanje pojemanja v bližini potresnih nadžarišč oziroma potresnih prelomnih pretrgov. Pomanjkljivost večine modelov pojemanja je tudi neupoštevanje usmerjenosti pretrga, učinka krovnine (to je kamnine nad poševno prelomno ploskvijo, ki ima določen vpliv na širjenje potresnega valovanja) ter padca požnostne napetosti (angl. stress drop – to je razlike požnostne napetosti v kamnini ob prelomu pred in po potresu, ki je pomembna za nastajanje potresnega valovanja) ob potresu.

Gibanje tal je močno odvisno tudi od vpliva lokalnih tal in od dušenja. Navadno ocenjujemo potresno nevarnost na trdnih tleh in jo pomnožimo z ustreznim faktorjem tal. Faktor tal je razmerje med gibanjem tal na dejanskih tleh in na trdnih tleh. V raznih dokumentih (predpisih, pravilnikih, navodilih) je za nekatere vrste tal priporočen ali predpisan. Za nekaj opredeljenih vrst oziroma tipov tal so dane priporočene vrednosti faktorja tal v evropskem standardu Eurocode 8 (CEN, 2004). Zaradi velikega vpliva faktorja tal na oceno potresne nevarnosti na lokacijah

pomembnih objektov po možnosti (za jedrske elektrarne praviloma) z raziskovalnimi vrtnami in geofizikalnimi meritvami določimo globinski profil in model tal, na podlagi katerega potem izračunamo faktor tal.

Kot smo že navedli, obravnavamo negotovost podatkov in modeliranja z logičnim drevesom. Veje drevesa in pripadajoče uteži so določene s subjektivno presojo strokovnjakov v okviru zahtev in omejitev uporabljenega računalniškega programa. Treba je omeniti, da ne moremo upoštevati negotovosti nekaterih splošnih predpostavk, npr. Poissonovega procesa pojavljanja potresov, celovitosti podkatalogov, normalne porazdelitve napake v modelu pojemanja in tudi ne izbire Cornellovega postopka. Postopek s privzetkom Po-

issonovega procesa tudi ne upošteva vpliva popotresov na potresno nevarnost.

Povzemimo glavne vire negotovosti ocene potresne nevarnosti:

- splošne predpostavke,
- geometrija potresnih izvorov in ocena njihove potresne dejavnosti,
- modeliranje pojemanja in rezanje repa v modelu pojemanja,
- faktor tal,
- magnitudno – frekvenčna zveza,
- pretvorba potresne intenzitete v magnitudo,
- spodnja magnituda in
- izbira vej in uteži logičnega drevesa.

Pri ocenjevanju potresne nevarnosti pogosto privzamemo tiste vrednosti negotovih vhodnih

parametrov, ki dajejo večje in s tem varnejše ocene. Vendar pa vodi izbira najslabše možnosti na vsakem koraku v pretirano precenjevanje potresne nevarnosti, ki presega včasih tudi teoretične možnosti. Pri opredeljevanju negotovosti z logičnim drevesom pa je privzemanje varnejših vrednosti parametrov povsem neprimerno. Da bi dobili korekten razpon negotovosti, moramo upoštevati vrednosti nedoločenega parametra z nepristransko izbranimi utežmi. Problematično je tudi večkratno upoštevanje negotovosti z ločitvijo na naključno in epistemično negotovost. Logično drevo mora podati verjetnostno porazdelitev rezultatov, odločitev o ravni tveganja pa je naloga lastnika objekta oz. naročnika ocene potresne nevarnosti.

4 • UGOTOVITVE IN PRIPOROČILA STROKOVNJAKOV

Februarja 2005 je bila v Trstu mednarodna delavnica o negotovosti verjetnostnega ocenjevanja potresne nevarnosti jedrskih objektov (2nd Workshop on Earthquake Engineering for Nuclear Facilities – Uncertainties in Seismic Hazard Assessment). Pri ocenjevanju negotovosti so bile izpostavljene pomanjkljivosti metodologije in predstavljeni nekateri predlogi za njihovo odpravljanje in zmanjševanje ter nekaj nadomestnih postopkov.

Trenutno poteka eden najbolj vsestranskih in zahtevnih projektov ocenjevanja potresne nevarnosti v zadnjih letih, katerega predmet so lokacije štirih jedrskih elektrarn v Švici (PEGASOS, 2004), (Klügel, 2005a). Gre za široko zastavljen projekt, v katerem sodeluje 21 mednarodno priznanih strokovnjakov iz Evrope in ZDA in ki temelji na najzahtevnejšem, to je četrtem nivoju postopka (SSHAC, 1997). Kljub zglednemu pristopu in zavidljivemu nivoju strokovnjakov pa s predhodnimi rezultati niso zadovoljni niti izvajalci niti naročnik. Testiranja so pokazala, da rezultati in predvsem izredno velik razpon negotovosti nimajo stvarne podlage. Menijo, da so vzroki za ocenjen prevelik razpon negotovosti naslednji:

- nepravilno »seštevanje« negotovosti zaradi nekorektnega postopka,
- neupravičena uporaba ameriških modelov pojemanja,
- ločitev negotovosti na naključno in epistemično in
- verjetno precenjevanje zgornje magnitude. Potresna dejavnost celotnega območja je nizka do kvečjemu zmerna. Glavni vzrok veliki ne-

gotovosti so nekateri paleoseizmološki podatki, ki nakazujejo možnost redkih, a močnih zgodovinskih potresov. Tako npr. v oceni potresne nevarnosti za lokacijo Goesgen prevladujejo skriti in nedoločljivi potresni izvori v neposredni bližini. Zaradi medsebojne odvisnosti parametrov pa nekatere veje drevesa še umetno povečujejo negotovost. Projekt so podaljšali še za dve leti, da bi razmerje med 95. percentilom in mediano zmanjšali pod 10. Uporabili bodo deterministični in verjetnostni postopek, za zmanjšanje razpona negotovosti pa bodo uporabili naslednja načela, ki so tudi za slovenske razmere zelo poučna in ki predstavljajo svetovne smernice za zmanjšanje nekaterih pomanjkljivosti standardne metodologije (Klügel, 2005abc), (Mallard, 2005abc), (Bard, 2005abc):

- Logično drevo je potrebno omejiti le na najvplivnejše parametre, določene z analizami občutljivosti. Pri ocenjevanju potresne nevarnosti bi morali vedno navesti tudi vpliv posameznih parametrov (npr. nevarnost se zmanjšuje z večjo spodnjo magnitudo, z večjim naklonom v Gutenberg – Richterjevi zvezi, z večjo globino potresov; in nevarnost rahlo raste z večjo zgornjo magnitudo) in koliko vpliva na oceno nevarnosti npr. dodajanje novega prelomnega izvora ali spremenjena geometrija izvora.

– Trenutna praksa vsiljuje precenjevanje potresne nevarnosti zaradi uporabe najslabših scenarijev oz. zaradi konservativnih vrednosti parametrov na vsakem koraku, kar včasih pripelje do povsem nerazumnih vrednosti vsaj na območjih z nizko potresno de-

javnostjo. Oceno zgornje magnitude je potrebno podpreti z dejstvi.

– Potrebno je testiranje veljavnosti predpostavk, modelov in parametrov. Ob primerjavi rezultatov med različnimi ocenjevalci ali po različnih metodah je potrebno ugotoviti vzroke morebitnih razhajanj.

– Projekt je potrebno dobro dokumentirati ter težiti k robustnosti, sledljivosti in doslednosti postopka.

– Katalog potresov bi morali ločiti na opisni, zgodovinski in instrumentalni del.

Opozoriti je potrebno (Contri, 2005ab) tudi na pomanjkljivosti v predpisih in standardih (npr. predpisana povratna doba ni eksplicitno podana, neupoštevanje predvidene dobe obratovanja jedrskih objektov, nedoločenost metodologije, ...).

Poleg omenjenih napotkov za zmanjšanje pomanjkljivosti Cornellovega postopka predlagajo strokovnjaki tudi uporabo nadomestnih postopkov. Uveljavljeni so že nekateri postopki, ki ne zahtevajo opredelitve potresnih izvorov npr. (Woo, 1996), (Frankel in drugi, 1997), v Sloveniji pa uporabljamo za vse pomembne objekte, razen za NEK, izpopolnjen postopek glajenja potresne dejavnosti (Lapajne in drugi, 1997, 2003). Ti postopki so v splošnem manj občutljivi za spremembo vhodnih podatkov. Treba pa je opozoriti, da ne upoštevajo geoloških podatkov, česar pri zelo dolgih povratnih dobah (npr. 10.000 let) ne moremo nadomestiti le s seizmološkimi podatki. V zadnjem času izpopolnjujejo Bayesov postopek, ki upošteva časovne spremembe v potresni dejavnosti in s tem odpravlja težave zaradi neustrezne predpostavke o stacionarnem Poissonovem procesu pojavljanja potresov (Klügel, 2005b), s tehniko inverzne verjetnosti

(Cooke in Goossens, 2000) pa zmanjšujejo subjektivnost gradnje logičnega drevesa na podlagi mnenja strokovnjakov. Temeljna ideja je v posredni določitvi vrednosti parametrov in njihovih uteži na podlagi sorodnih, a bolj merljivih oziroma lažje določljivih parametrov. Vrednosti pravih parametrov se nato določijo

s posebnimi inverznimi postopki, pri čemer lahko dobimo enolične vrednosti ali pa verjetnostno porazdelitev parametra. Na poenostavljenem primeru bi to pomenilo, da strokovnjakom ni potrebno določati vrednosti parametrov Gutenberg-Richterjeve porazdelitve kakega potresnega izvora, ampak na-

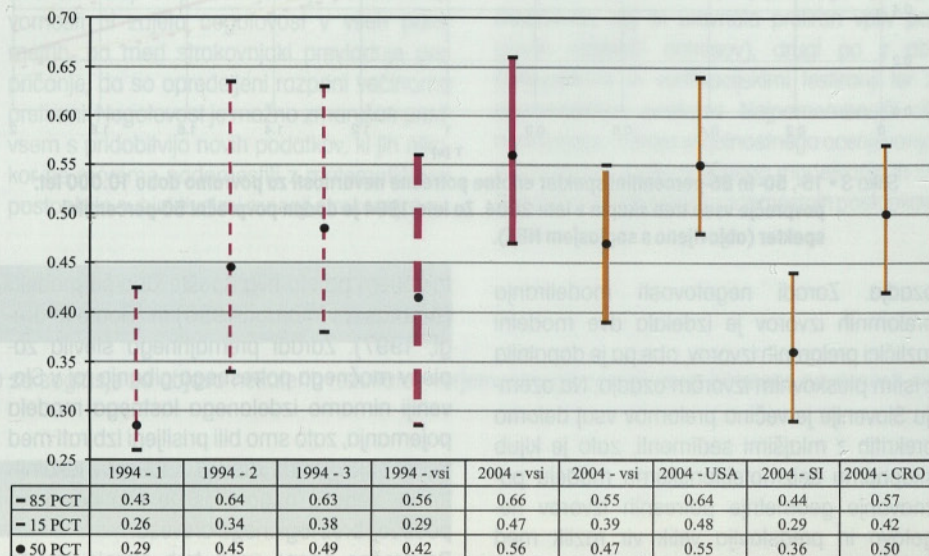
mesto tega podajo pričakovano število potresov v določenem magnitudnem območju za dano območje in obdobje, pri čemer navedejo tudi ustrezen vir (npr. karta prelomov, katalog potresov, drugi tehnični podatki o potresni dejavnosti). Uveljavljajo se tudi verjetnostni postopki, ki temeljijo na scenarijih.

5 • NEGOTOVOST OCENE ZA LOKACIJO NEK

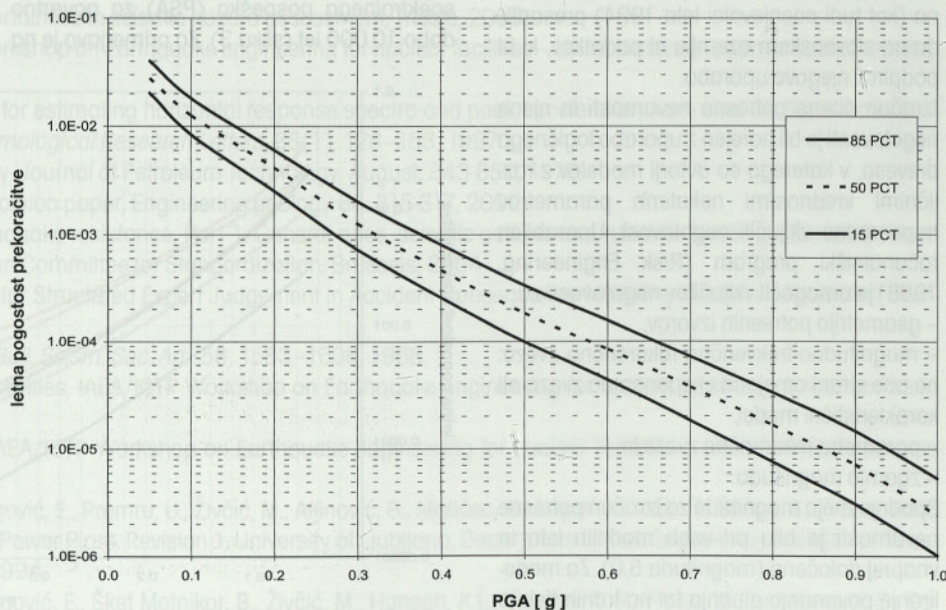
Potresna nevarnost na lokacijah jedrskih elektrarn se praviloma preverja vsakih 10 let. Na lokaciji NEK je bila narejena prva verjetnostna ocena potresne nevarnosti leta 1994 (Fajfar in drugi, 1994), (Lapajne in Fajfar, 1995), leta 2004 pa je sledila prva ponovitev (Fajfar in drugi, 2004). Pri obeh ocenjevanjih je bil uporabljen enak verjetnostni postopek, isti računalniški program in le malenkostno dopolnjen katalog potresov. Je pa bilo med obema ocenjevanjema pridobljenih precej novih podatkov in znanja, razširila pa se je tudi skupina ocenjevalcev. Zato ni presenečenje, da se je interval negotovosti (15.–85. percentil) vršnega pospeška tal zmanjšal iz 0,28 g v letu 1994 na 0,19 g leta 2004. Na sliki 1 so prikazani intervali negotovosti obeh ocenjevanj za posamezne skupine in za njihovo povprečje. Intervalov posameznih skupin med seboj ne moremo primerjati, ker so leta 1994 posamezne skupine podale končno oceno potresne nevarnosti, leta 2004 pa so posamezne skupine ocenjevale le potresno nevarnost na trdnih tleh in za en model pojemanja, nadaljnji izračun pa je bil narejen le za povprečje. Opazimo pa lahko premik intervala negotovosti; zgornja meja (85. percentil) iz leta 1994 za povprečje vseh treh skupin se približno ujema z mediano iz leta 2004.

Pri zadnjem ocenjevanju potresne nevarnosti in obravnavanju negotovosti (Fajfar in drugi, 2004) se je pokazalo nekaj zanimivih značilnosti. Izdelan je bil skupen seizmotektonski model, na podlagi katerega so tri skupine strokovnjakov – iz Slovenije, Hrvaške in ZDA (skupine so označene kot SI, CRO in USA) – neodvisno modelirale potresno dejavnost in pripravile zelo različne modele potresnih izvorov. Skupina CRO je izdelala en sam geometrijski model, ki ga sestavljajo le ploskovni izvori, ker je ocenila, da velika negotovost seizmoloških in predvsem seizmotektonskih podatkov ne opravičuje opredelitve prelomnih izvorov. Skupina SI je izdelala dve različni modeli potresnih izvorov. Enega sestavljajo le ploskovni izvori, drugega pa samo prelom-

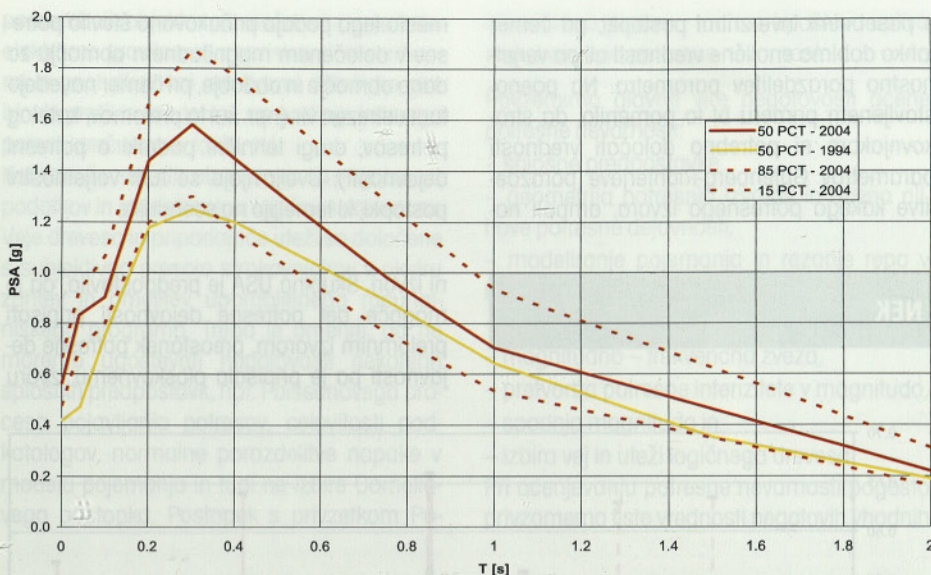
ni izvori. Skupina USA je predpostavila, da je mogoče del potresne dejavnosti pripisati prelomnim izvorom, preostanek potresne dejavnosti pa je pripisala ploskovnemu izvoru



Slika 1 • Primerjava intervalov negotovosti vršnega pospeška tal za NEK za povratno dobo 10.000 let: 15-, 50- in 85-percentilne vrednosti ocenjevanja iz leta 1994 in 2004 za posamezne skupine in povprečji (objavljeno s soglasjem NEK).



Slika 2 • 15-, 50- in 85-percentilna krivulja potresne nevarnosti: povprečje vseh treh skupin (objavljeno s soglasjem NEK).



Slika 3 • 15-, 50- in 85-percentilni spekter enotne potresne nevarnosti za povratno dobo 10.000 let: povprečje vseh treh skupin v letu 2004. Za leto 1994 je dodan povprečni 50-percentilni spekter (objavljeno s soglasjem NEK).

ozadja. Zaradi negotovosti modeliranja prelomnih izvorov je izdelala dve modelni različici prelomnih izvorov, obe pa je dopolnila z istim ploskovnim izvorom ozadja. Na ozemlju Slovenije je večina prelomov vsaj deloma prekritih z mlajšimi sedimenti, zato je kljub skupnemu seizmotektonskemu modelu poznavanje geometrije potresnih izvorov negotovo in predstavlja velik vir razlik med skupinami.

Zelo različni so bili tudi parametri magnitudno frekvenčne zveze. USA skupina je uporabila celo karakteristični model (Youngs in Copper-smith, 1985), za katerega sta SI in CRO skupina (kot tudi ocenjevalci leta 1994) presodili, da na slovenskem ozemlju ni podatkov, ki bi podpirali njegovo uporabo.

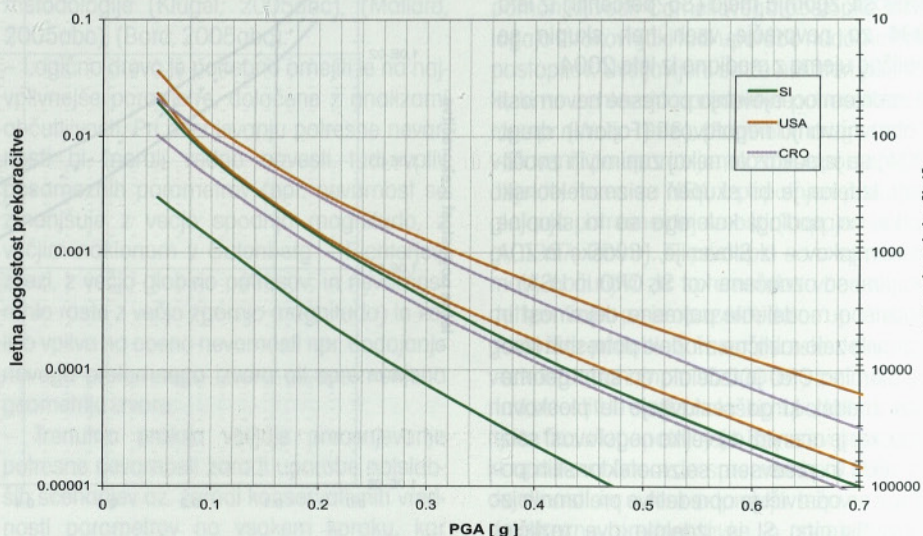
Izračun ocene potresne nevarnosti in njene negotovosti je bil narejen z uporabo logičnega drevesa, v katerega so avtorji modelov z različnimi vrednostmi nekaterih parametrov neposredno vključili negotovost. Uporabljen računalniški program (Risk Engineering, 1988) je omogočil vključitev negotovosti za

- geometrijo potresnih izvorov,
- magnitudno-frekvenčno rekurenčno zvezo: na obe strani omejena eksponentna zveza ali karakteristični model,
- parametra rekurenčne zveze in
- zgornjo magnitudo.

Spodnja meja magnitude za izračun potresne nevarnosti je bila pri vseh modelih ista in vnaprej določena (magnituda 5,0). Za modeliranje pojemanja gibanja tal na trdnih tleh je bila v logičnem drevesu upoštevana enačba (Sabetta in Pugliese, 1996), z atenuacijskim

faktorjem pa sta bila upoštevana še modela (Ambraseys in drugi, 1996) in (Boore in drugi, 1997). Zaradi premajhnega števila zapisov močnega potresnega gibanja tal v Sloveniji nimamo izdelanega lastnega modela pojemanja, zato smo bili prisiljeni izbirati med tujimi objavljenimi modeli. Tudi vpliv lokalnih tal in njegova negotovost je bila ocenjena posebej, brez logičnega drevesa.

Povprečne ocene vseh treh skupin iz leta 2004 so prikazane s 15-, 50- in 85-percentilnimi krivuljami potresne nevarnosti za vršni pospešek tal (slika 2) ter s 15-, 50- in 85-percentilnimi spektri enotne potresne nevarnosti spektralnega pospeška (PSA) za povratno dobo 10.000 let (slika 3). Za primerjavo je na



Slika 4 • 15- in 85-percentilni krivulji potresne nevarnosti posameznih skupin za trdna tla in model pojemanja SP v letu 2004 (objavljeno s soglasjem NEK).

sliki 3 dodan tudi spekter iz leta 1994 (50. percentil). 15- in 85-percentilni grafi določajo meje negotovosti, 50. percentil (mediana) pa najboljšo oceno potresne nevarnosti.

Ponovno je potrebno poudariti, da odraža razpon negotovosti inženirsko oceno sodelujočih strokovnjakov in da v logičnem drevesu precej parametrov ni upoštevanih. Logično drevo za NEK prav tako ne vključuje vseh treh modelov pojemanja in vpliva lokalnih tal, zato je ocenjena negotovost manjša od dejanske (ki pa ni poznana).

S preskusi občutljivosti je bil preverjen vpliv nekaterih parametrov na oceno potresne nevarnosti (npr. dodan izvor ozadja, združitev dveh potresnih izvorov, sprememba geometrijskih mej potresnega izvora, sprememba uteži prelomnih izvorov, izločitev prelomnega izvora). Vse spremembe so določili avtorji modelov, izkazalo pa se je, da je vpliv sprememb večinoma neznačilen. Posebej je bila preverjena korektnost postopka z atenuacijskim faktorjem, ki je bil vpeljan kot nadomestilo obravnavi izbranih treh modelov pojemanja v logičnem drevesu.

Med izvedenimi občutljivostnimi preizkusi je imelo največji vpliv na končno oceno potresne nevarnosti NEK rezanje "repa" v modelu pojemanja. Negotovost modela pojemanja je določena z normalno porazdeljeno napako, ki pri zelo veliki povratni dobi daje teoretično neomejene vrednosti nihanja tal. Zato se priporoča rezanje zgornjega repa normalne porazdelitve, pri čemer pa meja rezanja ni predpisana. Zaradi priporočil recenzentov je bila pri NEKu uporabljena meja treh standardnih odklonov, ki daje še vedno zelo visoke vrednosti nihanja tal. Primerjali smo rezultate

brez rezanja in z rezanjem pri dveh, dveh in pol ter treh standardnih odklonih in ugotovili razlike do skoraj 10 %. Preskusi občutljivosti so podrobno opisani v (Fajfar in drugi, 2004). Kljub skupnemu seizmotektonskemu modelu, istemu postopku, nekaterim skupnim predpostavkam in nekaterim skupnim vrednostim

parametrov je zanimivo, da so intervali negotovosti posameznih skupin med seboj precej različni (slika 4). Posebej izstopata oceni USA in SI skupine, saj se njuna intervala negotovosti sploh ne prekrivata (slika 4). Očitno je, da so podatki tako pomanjkljivi, da dopuščajo zelo različno tolmačenje in da vsaj ena od

obeh skupin podcenjuje negotovost svoje ocene. Velikost intervalov negotovosti vseh treh skupin pa je presenetljivo podobna (0,15 do 0,16 g za oceno potresne nevarnosti na trdnih tleh), čeprav je število vej bistveno različno: USA skupina je določila 99.470 vej, SI 3.844, CRO pa le 32 vej logičnega drevesa.

6 • SKLEP

Verjetnostno ocenjevanje potresne nevarnosti na lokacijah jedrskih elektrarn zahteva tudi opredelitev negotovosti rezultatov. Zato uporabljamo v Sloveniji za verjetnostno ocenjevanje potresne nevarnosti na lokaciji NEK postopek, ki ga priporoča IAEA. Zaradi pomanjkanja podatkov, vprašljivih predpostavk in pomanjkljivosti postopka se tako v Sloveniji kot v številnih tujih raziskavah soočamo z izredno velikimi

razponi negotovosti in njenimi zelo grobimi ocenami. Čeprav pri ocenjevanju potresne nevarnosti ni zajeta negotovost v vseh parametrih, pa med strokovnjaki prevladuje prepričanje, da so opredeljeni razponi večinoma pretirani. Negotovost je možno zmanjšati predvsem s pridobitvijo novih podatkov, ki jih nikor ne moremo nadomestiti z matematičnimi postopki in subjektivnimi mnenji strokovnjakov.

Večina strokovnjakov se danes zaveda pomanjkljivosti postopka ocenjevanja potresne nevarnosti in njene negotovosti in jih poskuša odpravljati. Nekateri jih rešujejo z nekorektnimi kompenzacijskimi ukrepi (npr. večja spodnja magnituda naj bi uravnala pretiran vpliv pogostih majhnih potresov), drugi pa z občutljivostnimi in verifikacijskimi testiranjmi ter z nadomestnimi postopki. Najpomembnejši cilj nadaljnjega razvoja verjetnostnega ocenjevanja je izboljšanje matematičnega modeliranja in izpopolnitev predlaganih nadomestnih postopkov.

7 • ZAHVALA

Avtorja se zahvaljujeta Nuklearni elektrarni Krško za soglasje za objavo nekaterih rezultatov verjetnostnega ocenjevanja potresne nevarnosti na lokaciji jedrske elektrarne.

8 • LITERATURE

- Ambraseys, N. N., Simpson K. A., Bommer J. J., Prediction of horizontal response spectra in Europe, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 25, 371–400, 1996.
- Bard P.-I., Dealing with large uncertainties: maximum ground motion and physical limitations, IAEA/ICTP Workshop on Earthquake engineering for nuclear facilities – Uncertainties in seismic hazard assessment, Trieste, 2005a.
- Bard P.-I., Lessons learnt from seismic zonation in France: Sensitivities of PSHA to methodological and data inputs, IAEA/ICTP Workshop on Earthquake engineering for nuclear facilities – Uncertainties in seismic hazard assessment, Trieste, 2005b.
- Bard P.-I., Site effects uncertainties, IAEA/ICTP Workshop on Earthquake engineering for nuclear facilities – Uncertainties in seismic hazard assessment, Trieste, 2005c.
- Boore, D. M., Joyner W. B., Fumal T. E., Equations for estimating horizontal response spectra and peak acceleration from western North American earthquakes: A summary of recent work. *Seismological Research Letters*, 68(1), 128–153, 1997.
- Capen E.C., The difficulty of assessing uncertainty, *Journal of Petroleum Technology*, August, 843-850, 1976.
- Castaños H. in Lomnitz C., PSHA: is it science? Opinion paper, *Engineering geology* 66, 315-317, 2002.
- CEN, Eurocode 8 – Design of structures for earthquake resistance, Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, European standard, EN 1998-1: 2004 (E), Stage 64, European Committee for Standardization, Brussels, 2004.
- Cooke R. M., Goossens L. H. J., Procedure Guide for Structured Expert Judgement in Accident Consequence Modeling. *Radiation Protection Dosimetry*, Vol. 90 (3), 303–309, 2000.
- Cornell, C. A., Engineering seismic risk analysis, *Bull. Seism. Soc. Am.* 58, 1583–1606, 1968.
- Contri P., IAEA Safety guides, Tecdocs & other activities, IAEA/ICTP Workshop on Earthquake engineering for nuclear facilities – Uncertainties in seismic hazard assessment, Trieste, 2005a.
- Contri P., Lesson learnt from the IAEA reviews, IAEA/ICTP Workshop on Earthquake engineering for nuclear facilities – Uncertainties in seismic hazard assessment, Trieste, 2005b.
- Fajfar, P., Lapajne, J., Breška, Z., Poljak, M., Prelogović, E., Premru, U., Živčič, M., Aljinović, B., Matičec, D., Logar, J., Vidic, T., Sočan, S., Probabilistic Assessment of Seismic Hazard at Krško Nuclear Power Plant, Revision 1, University of Ljubljana, Department of Civil Engineering, Institute of Structural and Earthquake Engineering, Ljubljana, 1994.
- Fajfar, P., Lapajne, J., Swan, F.H., Poljak, P., Prelogović, E., Šket Motnikar, B., Živčič, M., Hanson, K.L., Youngs, R. R., Herak, M., Tomljenović, B., Poljanšek, K., Revised PSHA for NPP Krško site, PSR-NEK-2.7.2, Revision 2, University of Ljubljana, Department of Civil Engineering, Institute of Structural and Earthquake Engineering, with subcontractors, Ljubljana, 2004.

- Frankel, A., Mueller C., Hermsen S., Barnhard T., Leyendecker E., Hanson S., Perkins D., Dickamn N., New USGS seismic hazard maps for the United States: Uniform hazard spectra, deaggregation, and uncertainty, 92nd Annual Meeting of the Seismological Society of America, Honolulu, Hawaii, 1997.
- Gutenberg, B., Richter C. F., 1954, *Seismicity of the Earth and Associated Phenomena*, Princeton University Press, Princeton, 310 str, 1954.
- IAEA, Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants, Safety Guide, Safety Standards Series No. NS-G-3.3, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2002.
- IAEA, Seismic Evaluation of Existing Nuclear Power Plants, Safety Reports Series No. 28 (STI/PUB/1149), International Atomic Energy Agency, Vienna, 2003.
- Klügel J. - U., Case studies in Switzerland, IAEA/ICTP Workshop on Earthquake engineering for nuclear facilities – Uncertainties in seismic hazard assessment, Trieste, 2005a.
- Klügel J. - U., Consistent Reliability between Siting & Design: Requirements on Hazard Accuracy, IAEA/ICTP Workshop on Earthquake engineering for nuclear facilities – Uncertainties in seismic hazard assessment, Trieste, 2005b.
- Klügel J. - U., Expert Judgement Methods, IAEA/ICTP Workshop on Earthquake engineering for nuclear facilities – Uncertainties in seismic hazard assessment, Trieste, 2005c.
- Lapajne, J., Fajfar, P., Ocena potresne nevarnosti na lokaciji jedrske elektrarne Krško, *Gradbeni vestnik* 44/ 4-5-6, 115-118, 1995.
- Lapajne, J. K., Šket Motnikar, B., Zabukovec, B., Zupančič P., Spatially-smoothed seismicity modelling of seismic hazard in Slovenia, *J. Seism. T.* 73-85, 1997.
- Lapajne, J., Šket Motnikar, B., Zupančič, P., Probabilistic seismic hazard assessment methodology for distributed seismicity, *Bull. Seism. Soc. Am.* 93, 2502-2515, 2003.
- Mallard D. J., Assessing assessments, IAEA/ICTP Workshop on Earthquake engineering for nuclear facilities – Uncertainties in seismic hazard assessment, Trieste, 2005a.
- Mallard D. J., Hazard sensitivity tests and their importance, IAEA/ICTP Workshop on Earthquake engineering for nuclear facilities – Uncertainties in seismic hazard assessment, Trieste, 2005b.
- Mallard D. J., The need, throughout PSHAs, for techniques which can accommodate and represent uncertainty, IAEA/ICTP Workshop on Earthquake engineering for nuclear facilities – Uncertainties in seismic hazard assessment, Trieste, 2005c.
- McGuire, R.K., *Seismic Hazard and Risk Analysis*, Second Monograph Series, MNO-10, Earthquake Engineering Research Institute, 2004.
- PEGASOS, Probabilistic Seismic Hazard Analysis for Swiss Nuclear Power Plant Sites (PEGAOS Project), Vol. 1 – 6. NAGRA, 2004.
- Reiter, L., *Earthquake Hazard Analysis, Issues and Insights*, Columbia U. Press, New York, 254 str, 1990.
- Risk Engineering, FRISK88 User's Manual, Version 1.2, Risk Engineering, Golden, 1988.
- Sabetta, F., Pugliese, A., Estimation of response spectra and simulation of nonstationary earthquake ground motions, *Bull. Seism. Soc. Am.* 86, 337-352, 1996.
- SSHAC (Senior Seismic Hazard Analysis Committee), Recommendations for PSHA: Guidance on uncertainty and use of experts, Main report. Prepared by R. J. Budnitz, G. Apostolakis, D. M. Boore, L. S. Cluff, K. J. Coppersmith, C. A. Cornell, P. A. Morris. NUREG/CR-6372, Lawrence Livermore National Laboratory, 1997.
- Woo G., Kernel estimation method for seismic hazard area source modeling, *Bull. Seism. Soc. Am.* 86, No. 2, 353-362, 1996.
- Youngs, R. R. and K. J. Coppersmith, Implication of Fault Slip Rates and Earthquake Recurrence Models to Probabilistic Seismic Hazard Estimates, *Bull. Seism. Soc. Am.* 75, 939-964, 1985.

VO&VO

Napredne tehnologije

VO&VO d.o.o.

Ljubljanska c. 9

SI - 4240 RADOVLJICA

Tel.: ++386(0) 4 53 74 000

Fax: 04 53 74 009

e-mail: info@vo-vo.si

www.vo-vo.si



- Elementi za montažo predfabriciranih armiranobetonskih stebrov

- Mozniki za prevzem striga (predrtja) armiranobetonskih plošč

- Razne sidrne plošče in posamezna sidra za velike obtežbe

www.peikko.com



Finska ni samo Nokia - So tudi proizvodi Peikko.

Skoraj vse, kar se potrebuje v sodobnem modernem gradbeništvu na področju armiranega betona.

ODMEV

Kritika strokovnega članka mag. Karmen Ribič Rep in izr. prof. dr. Boris Kompare: NAČRTOVANJE ČISTILNE NAPRAVE GLEDE KAKOVOSTI ODVODNIKA

Franc Maleiner, univ. dipl. kom. inž., Sojerjeva 43, 1000 Ljubljana

Z zanimanjem sem prebral navedeni članek v aprilski številki Gradbenega vestnika. Končno sem v GV zasledil strokovno izredno zanimiva (za slovenske razmere revolucionarna) izvajanja, na tem, pri nas strokovno zelo zanemarnem področju. Avtorja sta z meritvami ne hote potrdila moje trditve o neustreznem ter slabem delovanju naših naprav in upravičila mojo že večdesetletno kritiko strokovno neustreznih izvajanj kanalizacijskih omrežij ter čistilnih naprav na Slovenskem. Z nekaterimi manjšimi odstopanji se skoraj v celoti strinjam s strokovnimi izvajanj tega članka. Dobro strokovno delo pa poleg strokovne pohvale zasluži tudi kritiko.

Domnevam, da sta se avtorja članka tako zelo prestrašila poraznih posledic rezultatov svojih meritev in analiz, da si – kakor navajata – "zaradi zaupnosti podatkov" (?!?!?) nista upala imenovati vodotoka (potoka "Y") kakor tudi ne naselja s slabo delujočim kanalizacijskim omrežjem, kaj šele navesti imena odgovornih za katastrofalno delujočo komunalno čistilno napravo (označeno z "X"), ki so bili predmeti raziskav. Predvsem izr. prof. dr. Kompare, ki se v navedbah o avtorjih predstavlja in imenu ljubljanske univerze, bi se moral zavedati izpovedne vrednosti in uporabnosti anonimnih strokovnih raziskav. To prikrivanje meče zelo slabo luč tudi na strokovno neodvisnost Univerze v Ljubljani.

Na kratko želim še dodatno poudariti naslednje v članku premalo pojasnjene vzroke, rezultate in posledice opisa dejanskega stanja teh naprav.

Kakor je razvidno iz preglednice 11, znaša povprečna biološka obremenitev (BPK₅) vodotoka pred čistilno napravo že dobro tretjino celotne obremenitve potoka "Y" za čistilno napravo. Torej uhaja zaradi slabo načrtovanega ali napačno izvedenega kanalizacijskega omrežja (v mešanem sistemu) že med sušnimi obdobji 34 % celotne onesnažitve mimo obstoječe čistilne naprave. Kakšen mora biti potok "Y" šele med padavinskimi nalivi, ko se v začetku razbremenilnega odтока zaradi nepravilno dimenzioniranih in konstruiranih razbremenilnih naprav običaj-

no pojavljajo in neposredno v potok odvedejo onesnažitveni sunki, ki presegajo tudi 50-kratne koncentracije sušnega odтока!

Pravtako niso upoštevane posledice tako imenovanega "hidravličnega stresa vodotoka". Posledice pogostega in prekomernega razbremenjevanja so občasna huda izpiranja struge potoka, kar vsakokrat odplakne ter hudo osiromaši floro in favno vodotoka, ki se nato v kratkih časovnih presledkih (še posebno pri slabih vodotokih) ne zmoreda v zadostni meri regenerirati. To lahko projektant prepreči z ustrezno izravnavo odtočnih krivulj. Večina slovenskih projektantov načrtovanja ter dimenzioniranja kanalizacijskih omrežij, še posebno v mešanem sistemu, sploh ne obvlada. Kakor to potrjuje preglednica 11, se tudi v navedenem primeru (zaradi nestrokovnega načrtovanja ter dimenzioniranja kanalizacijskih omrežij) večji del letne onesnažitve odvaja brez ustreznega čiščenja neposredno v potok "Y".

Iz preglednice 6 je razviden skoraj neverjetno nizek povprečni čistilni učinek čiščenja komunalne nizkoobremenjene biološke čistilne naprave z aerobno stabilizacijo blata. V strokovni praksi je doseganje tako nizkega učinka čiščenja (nekaj čez 50 %!!!) na takih bioloških čistilnih napravah že prava mojstrovina.

Naj nadaljujem s citatom avtorjev, ki ugotavljata, da je: "... ob padavinah ..., zaradi hidravlične preobremenitve ... kakovost izpusta čistilne naprave slabša kot v sušnih razmerah, dodatno pa pride še do razbremenjevanja surove odpadne vode neposredno v odvodnik!" Po domače povedano: Vsak naliv preplakne in "očisti" tako omrežje kakor tudi čistilno napravo!!!

Biološko čiščenje poteka na lebdelih kosmičih biološkega blata. Več je kosmov, boljši je učinek čiščenja. Take preplaknitve imajo zato tudi dolgoročne posledice, saj se morajo v biološki stopnji čistilne naprave (po vsaki hidravlični preobremenitvi) ponovno ustvariti in združiti kosmiči biološkega blata ter tako nadoknaditi v vodotok odplaknjeno blato. S to, nekajdnevno do nekajtedensko rastjo biološkega blata pa je neposredno povezan tudi

vsakokratni skoraj popolni izpad čiščenja, ki se nato prelevi v počasno ponovno vzpostavljanje že navedenih zelo skromnih učinkov čiščenja.

Iz tega primera je jasno razvidna ogromna škoda za naše okolje zaradi načina razpisovanja za izdelavo projektne dokumentacije. Nezadostno delujoče naprave so (ne glede na njihovo medsebojno odvisnost) ločeno načrtovali in dimenzionirali najcenejši ponudniki (ne glede na njihovo strokovno usposobljenost). Zaradi malenkostnih prihrankov pri ceni projektne dokumentacije, se razmetava z milijardnimi sredstvi za napačne investicije. Nemci si takega razmetavanja denarja ne morejo privoščiti, zato je pri njih javni razpis za izdelavo projektne dokumentacije strogo prepovedan!

Domnevam, da je bila gradnja komunalne čistilne naprave "X" oddana na podlagi javnega razpisa. Torej je moral ponudnik v ponudbi zagotavljati delovanje čistilne naprave znotraj mejnih vrednosti predpisanih parametrov. Vendar pa v praksi veljata javni tajni, da se neprimerne ponudnike ne izloča na podlagi strokovnih (npr.: napačna tehnologija), temveč izključno samo na podlagi formalnih pomanjkljivosti (npr.: manjkajoči žig ali vejica na enemu od neštetihih formularjev) in po razpisu (razen nizke investicijske cene) nikogar več ne zanima, ali je bila izbrana sodobna tehnologija čiščenja, kaj šele, da bi se kasneje preverilo, ali je izvedena vrsta čistilne naprave sploh zmožna kakovostno in z minimalnimi obratovalnimi stroški očistiti odpadne vode. Trenutno je torej malo verjetno, da bo moral v doglednem času ponudnik tudi finančno odgovorjati zaradi neizpolnitve razpisanih strokovnih zahtev in s tem pogodbenih obveznosti.

Ali res ne moremo pričakovati od nekaj tisoč zaposlenih na našem slepem in gluhem ministrstvu za okolje (ki se javno hvali, da je Sloveniji uspelo zagotoviti in porabiti celo nekaj preko 10 odstotkov celotnega zneska, ki nam ga je namenila Evropa), da bodo (podobno kot ostala evropska ministrstva) poskrbeli tudi za pravno težo in izpolnjevanje

številnih zakonov ter predpisov, dosegli dosledno kaznovanje kršenja te zakonodaje, preprečili načrtovanje in razmetavanje denarja za gradnjo nezadostno delujočih naprav in morebiti celo skrbeli za splošen dvig strokovnosti na tem področju?

Bujna generacija in poplava vseh mogočih zakonov ter predpisov ustvarja sicer vtis ogromnega obsega političnega dela in aktivnosti, vendar brez urejenega praktičnega izvajanja in ustrezne pravne teže (doslednega kaznovanja prestopkov), tako delovanje ni vredno niti potiskanega papirja. Pri strmem eksponentem

naraščanju števila zakonov in predpisov se v obratnem sorazmerju število kaznovanih prestopnikov vztrajno bliža ničli.

Kaj bo torej dosegla zahteva obeh avtorjev po dodatnih predpisih (zaostritvi emisijskih vrednosti vodotokov), če pa smo slepi, gluhi in popolnoma ravnodušni do tekočega katastrofalnega kršenja evropskih ter slovenskih predpisov in do preseganj že zdavnaj predpisanih emisijskih parametrov kanalizacijskega omrežja ter čistilnih naprav? Kdaj bomo nehali le politizirati in se vrnili k strokovnemu odločanju ter delovanju? Kdaj bo končno po-

litika prepustila stroki njeno mesto? Koliko časa si stroka lahko še privoščimo uvaženo "kuhanje mule" ali nadaljuje s hvaljenjem cesarjeve obleke? Koliko časa si lahko finančno še privoščimo strokovno nazadovanje in blefiranje? Koliko časa se bo zahtevalo izpolnjevanje strokovnih razpisnih pogojev samo od zunajcehovskih ponudnikov? Ali pa se bo strokovno neznanje in gospodarski kriminalizirano izgovorom o "zaupnosti podatkov" začelo prekrivati z "X" in "Y" celo pod plaščem Univerze v Ljubljani?

Psi lajajo, karavana pa gre dalje?

Odgovor na kritiko gospoda Franca Maleinerja, univ. dipl. kom. inž.

mag. Karmen Ribič Rep in izr. prof. dr. Boris Kompare

Uvodoma bi želela pozdraviti reakcijo gospoda Maleinerja na najin strokovni članek Načrtovanje čistilne naprave glede na kakovost odvodnika, ki je bil objavljen v aprilski številki revije Gradbeni vestnik (GV) in odločitev urednika GV, da skupaj z odzivom bralcev revije omogoči odgovor avtorjev članka. Reakcija bralcev dokazuje, da je naš GV vendarle »živ«, objavljeni prispevki pa uporabni tudi za slovenske strokovne bralce. Veseli naju ugotovitev, da GV ne služi samo avtorjem za zbiranje točk v njihovih bio- in biblio-grafijah!

Kritika članka, kot jo njen avtor poimenuje, pravzaprav sploh ni kritika, ampak pohvala – vsaj tako jo avtorja članka razumeva. Edini ugovor, ki ga ima gospod Maleiner na najino izvajanje, je skrivanje dejanskih imen čistilne naprave, kraja in potoka. Žal (ali pa na srečo) ima tu gospod Maleiner prav – tudi Slovenija je podpisnica Aarhuške konvencije, ki zapoveduje prost dostop do javno pomembnih podatkov. Seveda so tu vgrajena določena varnostna načela, katerih razlaga je prava umetnost celo za pretkane pravnike. Avtorja članka se zavedava, da je skrivanje nekaterih podatkov vsaj nevljudno, če ne tudi nekorektno s strokovnega vidika. Žal pa je objavljane podatkov, ki lahko pomenijo kršitev poslovnih interesov, mnogo resnejši prestopok. Tako sva se avtorja odločila za manjše zlo, saj strokovno izvajanje in zaključki zaradi tega »preimenovanja« v ničemer ne trpijo.

Razlaga tabel in delovanja čistilne naprave iz najinega članka, ki jo podaja gospod Malei-

ner, je dobrodošla. Podaja pogled (pozornega) bralca in poznavalca tematike. Vsekakor se z izvajanjem strinjava.

Preostanek kritike pa je dejansko kritika strokovne in politične klime v Sloveniji, s katero se v dobršni meri strinjava, vendar z omejitvijo, da je to pogled na situacijo izpred nekaj let. Po prenosu evropske zakonodaje (tako splošne (zahteve za poslovanje) kot strokovne (zahteve za zmanjšanje obremenjevanja okolja)) v slovenski pravni red se stanje počasi izboljšuje.

Z nekoliko preveč posplošeno kritiko gospoda Maleinerja v zadnjih odstavkih njegovega pisanja pa se ne strinjava. Vsa odgovornost namreč ni na zakonodajalcu in na organih pregona. Levji delež odgovornosti je na strani lastnika oziroma investitorja. Če je le-ta dober gospodar, bo naredil vse, da bo njegova investicija najbolje zavarovana, kakovostna, trajnostno naravnana in da bo prinašala največji dobiček. Skladno s tem principom bosta lastnik in investitor (npr. lokalna skupnost in država v primeru gradnje kanalizacije in čistilne naprave) poskrbela za dolgoročno okoljsko optimalno in s tem ne nujno najcenejšo investicijo ter obratovanje. Žal se je pri praktično vseh podeljenih koncesijah pokazalo, da ni vse zlato, kar ponujajo tujci in da znamo tudi sami tovrstne projekte zelo dobro izpeljati. Tak primer je čistilna naprava Celje (tokrat upava, da lahko navedeva pravo ime, ker je to pozitivna kritika!?!).

Za zavarovanje investicije in kakovosti izvedenega dela kakor tudi doseganje projektnih parametrov imamo v Sloveniji že vrsto let učinkovite mehanizme, ki jih je treba samo še (iz)koristiti. Novi Zakon o graditvi objektov (ZGO-1) in z njim uveden princip odgovornega revidiranja je vpeljal še dodatno kakovostno kontrolo. Na nas, strokovnjakov – revidentov in odgovornih revidentov (po terminologiji ZGO-1), je sedaj praktično vse breme odgovornosti. Tako stroka kot etika nam nalagata, da to odgovorno funkcijo tudi resno opravljamo.

Predvidevava, da je imel gospod Maleiner v mislih nekaj podobnega, ko je primerjal nemško in slovensko »situacijo« na tem področju. Gospodu Maleinerju, ki odlično pozna nemško in slovensko stroko na področju komunale in ki že vrsto let zanesenjaško prenaša svoje izkušnje iz Nemčije na slovenske kolege, se še enkrat prav lepo zahvaljujeva za njegovo dobrodošlo reakcijo. Upava, da bo pozitivno razburkala zaspane slovenske vode. Gospod Maleiner je končal svojo kritiko (prispevek) s pesimističnim izrekom, midva pa bi želela biti bolj optimistična. Zato bova dejala, da sva prepričana, da bo v doglednem času čreda sama izločila garjave ovce.

Maribor in Ljubljana, 12. 5. 2005

mag. Karmen Ribič Rep in izr. prof. dr. Boris Kompare

Mednarodni podiplomski študij gradbene informatike v Ljubljani in Mariboru

prof. dr. Žiga Turk <zturk@zturk.com>

Na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani in na Fakulteti za gradbeništvo v Mariboru je v študijskem letu 2004/2005 stekel nov zanimiv študij. V okviru projekta Evropske unije je sedem evropskih univerz, med njimi Univerzi v Ljubljani in Mariboru (SI), Univerza Salford (UK) Tehnična univerza Dresden (DE), Tehnična univerza Delft (NL) in Univerza Algarve (PT), razvilo mednarodni program podiplomskega študija gradbene informatike. Gradbena informatika je veda, ki se ukvarja z razvojem, načrtovanjem in uporabo informacijskih in komunikacijskih tehnologij v gradbeništvu, arhitekturi in deloma tudi na drugih področjih, ki se ukvarjajo z grajenim okoljem. Program partnerske univerze izvajajo skupaj – posamezne predmete namreč učijo učitelji iz teh univerz, ki so tudi vodilni na svojem področju, s pomočjo internetskih orodij za poučevanje na daljavo. Študenti predavanja spremljajo v živo od doma (potrebna je širokopasovna povezava) ali iz

ustrezno računalniško opremljene predavalnice na svoji matični instituciji. Vsi učitelji so dostopni tudi preko elektronske pošte, na osrednjem portalu je vsa literatura elektronsko dostopna. Študij traja štiri semestre, ovrednoten je s 120 ECTS točkami in se konča z magistrsko nalogo. Lahko se nadaljuje tudi v doktorski študij. Na Univerzi v Ljubljani ali Mariboru študenti dobijo naziv magistra oz. doktorja tehničnih znanosti s področja gradbene informatike.

Študij je primeren predvsem za diplomante arhitekture in gradbeništva, pa tudi geodezije, urbanizma, urejanja okolja, oblikovanja ipd., ki imajo nagnjenje do informacijskih in komunikacijskih tehnologij in bi radi poglobili svoje znanje na tem področju. Pričakujemo, da bo večina študentov prišla iz gradbene industrije, arhitekturnih birojev, softverskih hiš, informacijskih podjetij, ki so povezana z gradbeništvom, ter iz državne uprave, ki predstavlja največjega investitorja v gradbeno infrastrukturo. Diplomati pridobijo znanja, ki jim bodo omogočala prevzemanje odgovornejših nalog pri načrtovanju, razvoju, uvajanju in uporabi informacijskih sistemov in drugih računalniških rešitev v svojih okoljih in bodo s pridobljenim znanjem krepili informacijsko kulturo v svojem

okolju. Evropska dimenzija študija odpira tudi možnosti pridobivanja mednarodnih izkušenj in možnosti za zaposlitev v širšem prostoru EU. Med temami, ki jih obravnavamo, so inženirske zbirke podatkov in GIS sistemi, informacijsko modeliranje, vizualizacija, razvoj informacijskih sistemov in programsko inženirstvo, inženirska umetna inteligenca, računalniško posredovane komunikacije, mobilno računalništvo, računalniško integrirana graditev, virtualna podjetja in e-poslovanje. Kreditni sistem študijskega programa študentom dopušča razmeroma veliko svobode in kombiniranje s predmeti na drugih programih podiplomskih študijev arhitekture, gradbeništva, računalništva ipd. Zelo zanimiva je tako kombinacija tehničnih znanj tega programa z ekonomsko-upravljaljskimi znanji programov MBA. Velik del predavanj in študijske literature je v angleškem jeziku, kar diplomante usposobi za strokovno komunikacijo na mednarodnih trgih. Skladno z razpisom Univerz v Ljubljani in Mariboru za podiplomske študije pričakujemo, da bodo prijave študentov sprejemali v začetku septembra. Več informacij je na spletu na strani <http://kgi.fgg.uni-lj.si/pouk/gi/> ali Google: študij gradbene informatike.

NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Erik Bovcon, Uporaba metode vrednotenja stroškov življenjskega cikla (LCC) pri prenovi stavb, mentor izr. prof. dr. Roko Žarnić, so-mentor dr. Marjana Šijanec-Zavrl.

Anita Jan, Kolesarske povezave v širši okolici Kranja, mentor doc. dr. Alojzij Juvanc, so-mentor asist. dr. Peter Lipar.

Boris Kokol, Načrtovanje kolesarskih povezav v Pomurju, mentor doc. dr. Tomaž Maher, so-mentor asist. dr. Peter Lipar.

Samo Košič, Sistemi upravljanja in vzdrževanja cest, mentor prof. dr. Janez Žmavc.

Vojko Kovačič, Vodenje projektov z vidika vodje projekta, mentor doc. dr. Tomaž Maher, so-mentor asist. mag. Aleksander Srdić.

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Saša Galuf, Simulacija razlita nafte v tržaškem zalivu, mentor doc. dr. Dušan Žagar, so-mentor izr. prof. dr. Matjaž Četina.

Daniel Kozelj, Umerjanje hidravličnega modela cevovodnega omrežja z uporabo genetskih algoritmov, mentor prof. dr. Franc Steinman, so-mentor doc. dr. Primož Banovec.

Dušan Križaj, Hidravlični preračun magistralnega vodovoda Rižana – Kaldanija z območjem Malije, mentor izr. prof. dr. Boris Kompare, so-mentor Matej Uršič.

Christian Močnik, Nekateri elementi za tržno vrednotenje nepremičnin po metodi stroškov v Republiki Sloveniji, mentor doc. dr. Maruška Šubic-Kovač.

Tanja Prešeren, Hidravlično modeliranje obratovanja hidroenergetskega objekta, mentor prof. dr. Franc Steinman, so-mentor mag. Leon Gosar.

Simon Sitar, Merjenje drenažnih voda kot del tehničnega opazovanja pregrad, mentor prof. dr. Franc Steinman, so-mentor doc. dr. Primož Banovec.

Andrej Žerovnik, Bilanca rabe tal v prostorskih načrtih z aplikacijo na primeru Občine Ig, mentor prof. dr. Andrej Pogačnik.

MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Urška Petje, Analiza nevarnosti padajočega kamenja na cestah v alpskem prostoru, mentor izr. prof. dr. Bojan Majes.

**UNIVERZA V MARIBORU,
FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO – EKONOMSKO
POSLOVNA FAKULTETA**

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GOSPODARSKEGA
INŽENIRSTVA**

Egon Hriberšek, Projekt organizacije gradbišča in možnosti racionalizacije gradbeno obrtniških del na objektu "Dom za starejše, Vukovski dol", mentorja doc. dr. Andrej Štrukelj in red. prof. dr. Anton Hauc

Urška Vedenik, Optimizacija proizvodnje elementov vodnih toboganov v družbi Veplas d.d., mentorja doc. dr. Andrej Štrukelj in izr. prof. dr. Jožica Knez – Riedl, somentorja pred. Samo Lubej in doc. dr. Dejan Zupan

**UNIVERZA V MARIBORU,
FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO**

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Sašo Borovič, Umirjanje prometa na cesti G1-3 skozi Gornjo Radgono, mentor izr. prof. dr. Tomaž Tollazzi, somentor mag. Marko Renčelj

Edith Kolar, Sanacija in delna prenova objekta v Kamnici, mentor doc. dr. Andrej Štrukelj, somentor pred. Samo Lubej

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

KOLEDAR PRIREDITEV

7.8 - 10.8.2005

2005 ITE Annual Meeting and Exhibit

Melbourne, Victoria, Avstralija
www.ite.org/meetcon/index.html
ite_staff@ite.org

22.8 - 24.8.2005

Construction Materials (ConMat'05): Performance, Innovations and Structural Implications

Vancouver, Kanada
www.civil.ubc.ca/conmat05

5.9 - 9.9.2005

E-MRS (European Materials Research Society) 2005: Fall Meeting

Varšava, Poljska
www-emrs.c-strasbourg.fr

14.9 - 16.9.2005

IABSE Annual Meetings and IABSE Symposium Structures and Extreme Events

Lisboa, Portugalska
www.iabse.ethz.ch/index.php
iabs.lisbon2005@inec.pt

19.9 - 22.9.2005

6th International Symposium on Cable Dynamics

Charleston, ZDA
www.conf-aim.skynet.be/cable
info@aim.skynet.be

19.9 - 26.9.2005

The International Symposium of High CFRDs

Yichang, Kitajska
yssdchen@tom.com
yssdchen@msn.com

26.10 - 28.10.2005

EVACES - Experimental Vibration Analysis for Civil Engineering Structures

Bordeaux, Francija
bourgain@mail.enpc.fr

27.10 - 28.10.2005

The 2004 Forum on Hydropower; Supply, Security and Sustainability

Gatineau, Kanada
collug@videotron.ca

5.11 - 10.11.2005

12th World Congress on ITS

San Francisco, ZDA
www.itsworldcongress.org
ntpsales@ntpshow.com

22.11 - 25.11.2005

12th World Water Congress

New Delhi, Indija
www.cbip.org
cbip@cbip.prg

6.12 - 7.12.2005

Road Expo London

London, Anglija
www.road-expo.com
roadexpo@fav-house.com

12.12 - 15.12.2005

Gulf Traffic

Dubaj, Združeni Arabski Emirati
www.gulfttraffic.com
davyd.farrell@iirme.com

8.3 - 9.3.2006

Road Expo Ireland

Dublin, Irska
www.road-expo.com
roadexpo@fav-huse.com

12.3 - 15.3.2006

Roadex 2006

Abu Dhabi, Združeni Arabski Emirati
www.roadex-uae.ae
roadex@gec.ae

22.3 - 25.3.2006

Holz-Hadwerk 2004

Nürnberg, Nemčija
www.nuernbergmesse.de

4.7 - 7.7.2006

Infrastructure Facilities Asia 2006

Singapore, Singapur
www.infrastructure-asia.com
enquiry@hqinterfama.com

6.8 - 10.8.2006

WCTE 2006 World Conference on Timber

Portland, Oregon, ZDA
www.alexschreyer.de/eng/w_conf.htm
jamie.legoe@oregonstate.edu

Rubriko ureja • **Jan Kristjan Juteršek**, ki sprejema predloge za objavo na e-naslov: **msg@izs.si**