





## Izdajatelj:

**Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS)**, Leskoškova 9e, 1000 Ljubljana, telefon 01 52 40 200; faks 01 52 40 199 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**  
**prof. dr. Matjaž Mikoš**  
**Jakob Presečnik**  
 MSG IZS: **Gorazd Humar**  
**mag. Črtomir Remec**  
**doc. dr. Branko Zadnik**  
 FGG Ljubljana: **doc. dr. Marijan Žura**  
 FG Maribor: **Milan Kuhta**  
 ZAG: **prof. dr. Miha Tomaževič**

## Glavni in odgovorni urednik:

**prof. dr. Janez Duhovnik**

## Sodelavec pri MSG IZS:

**Jan Kristjan Juteršek**

## Lektor:

**Jan Grabnar**

## 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 22,95 EUR; za študente in upokojence 9,18 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 169,79 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80,00 EUR. V ceni je všteti DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:  
 SI560201 7001 5398955

# 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, september 2009, letnik 58, str. 217-240

## Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

1. Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
2. Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
3. Besedilo prispevkov mora biti napisano v slovenščini.
4. Besedilo mora biti zapisano z znaki velikosti 12 točk in z dvojnimi presledkom med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev ter besedilo.
6. Besedilo člankov mora obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; imena in priimke avtorjev; 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 ti označeni še z A, B, C itn.
7. Poglavlja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavlja se oštevilčijo brez končnih pik. Denimo: 1 UVOD; 2 GRADNJA AVTOCESTNEGA ODSEKA; 2.1 Avtocestni odsek ... 3 ...; 3.1 ... itd.
8. 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.
9. Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
10. Kot decimalno ločilo je treba uporabljati vejico.
11. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki oglatih oklepajev: (**priimek prvega avtorja, leto objave**). V istem letu objavljena dela istega avtorja morajo biti označena še z oznakami a, b, c itn.
12. V poglavju LITERATURA, ki se je ne oštevilčuje, so uporabljena in citirana dela opisana z naslednjimi podatki: priimek, ime prvega avtorja (lahko krajšano), priimki in imena drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
13. 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.
14. Pod črto na prvi strani – pri prispevkih, krajših od ene strani, pa na koncu prispevka – morajo biti navedeni podrobnejši podatki o avtorjih: znanstveni naziv, ime in priimek, strokovni naziv, podjetje ali zavod, navadni in elektronski naslov.
15. Prispevke je treba poslati glavnemu in odgovornemu uredniku prof. dr. Janezu Duhovniku na naslov: FGG, Jamova 2, 1000 LJUBLJANA, oziroma po e-pošti: 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 elektronski obliki v formatu MS WORD in v 8. točki določenih grafičnih formatih.

Uredništvo

# Vsebina • Contents

stran **218**

akad. prof. dr. Peter Fajfar

**AKADEMIK PROF. DR. MIHA TOMAŽEVIČ – NOVI REDNI ČLAN SAZU**

## Članki • Papers

stran **219**

akad. prof. dr. Miha Tomaževič, univ. dipl. inž. grad.

**STAVBE KULTURNE DEDIŠČINE IN POTRESNA ODPORNOST:  
KAJ SMO SE NAUČILI?**

HERITAGE MASONRY BUILDINGS AND SEISMIC RESISTANCE:  
WHAT DID WE LEARN?



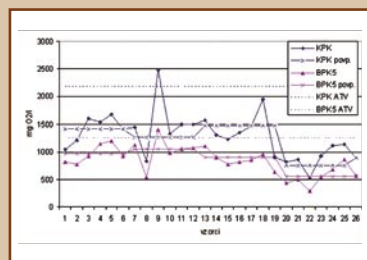
stran **229**

doc. dr. Darko Drev, univ. dipl. inž. kem. tehnol.

izr. prof. dr. Jože Panjan, univ. dipl. inž. grad.

**RAZISKAVA SKLADNOSTI REZULTATOV OBRATOVALNIH MONITORINGOV  
ODPADNIH VODA IZ INDUSTRIJE Z INŽENIRSKIMI NORMATIVI**

A SURVEY COMPLIANCE OF INDUSTRIAL WASTE WATER  
MONITORING RESULTS WITH ENGINEERING STANDARDS



## Odmevi

stran **236**

Franc Maleiner, univ. dipl. inž. kom.

**PRIPOMBE K ČLANKU E. SCHWARZBARTLA, A. RAKARJA IN  
J. PANJANA: DOLOČANJE PRIORITET OBNOVE KANALIZACIJSKEGA  
OMREŽJA PO METODI MINIMALNEGA TVEGANJA**

stran **238**

Danilo Magajne, univ. dipl. inž. grad.

**SIROV MOST**



## Novice iz društev

stran **239**

**VABILO NA 31. ZBOROVANJE DGKS**

stran **240**

**OBVESTILO DGKS**

## Razpis IZS

**NAGRADE ZA INOVATIVNOST**

## Koledar prireditev

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

Slika na naslovnici: Športna dvorana v Stožicah, foto: Žiga Filipič

## Akademik Miha TOMAŽEVIČ – novi redni član SAZU



Prof. Miha Tomaževič je bil na skupščini Slovenske akademije znanosti in umetnosti (SAZU) 21. maja 2009 izvoljen za rednega člana SAZU. Tako je postal en izmed osmih slovenskih akademikov s področja tehniških ved. Slovensko gradbeništvo je dobilo drugega predstavnika med aktivnimi rednimi člani SAZU oziroma tretjega v celotni zgodovini SAZU.

Akademik Tomaževič se je rodil 19. 9. 1942 v Ljubljani. Diplomiral je na gradbenem oddelku tedanje FAGG Univerze v Ljubljani leta 1966. Podiplomski študij je opravil na Inštitutu za potresno inženirstvo in inženirsko seizmologijo Univerze Kiril i Metodij v Skopju, kjer je magistriral leta 1977. V obdobju 1981–1982 je bil na podiplomskem izpopolnjevanju na Disaster Prevention Research Institute, Univerza v Kjotu, Japonska. Doktor tehniških znanosti je postal na Univerzi v Ljubljani leta 1985. Doktorsko disertacijo je opravil na Fakulteti za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo. Od leta 1967 dalje je zaposlen na Zavodu za gradbeništvo (prej Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij) v Ljubljani, katerega direktor je bil v letih 1996–2005. Pod njegovim vodstvom je novonastali javni raziskovalni zavod utrdil položaj doma in si pridobil mednarodni ugled. Zdaj je svetovalec direktorja in vodi odsek za

potresno inženirstvo. Leta 2001 je postal izredni član SAZU. Je tudi izredni član Inženirske akademije Slovenije.

Miha Tomaževič je en izmed najvidnejših slovenskih strokovnjakov na področju gradbeništva, ki ga odlikujejo izjemni raziskovalni dosežki in njihova uspešna vpeljava v prakso. Ožje področje njegovega znanstvenega dela je obnašanje zidanih in armiranobetonskih gradbenih konstrukcij pri potresni obtežbi. Njegove raziskave so v pretežni meri eksperimentalne, saj je zaradi lastnosti materialov konstrukcij, katerih obnašanje raziskuje, mogoče izredno preveriti številne projektne parametre le tako, da se med potresom ugotovljeno obnašanje konstrukcij ponazori v laboratoriju. Tomaževič je raziskovalne metode prilagodil razmeram in možnostim laboratorija v ZAG-u in pokazal, da je mogoče tudi z razmeroma skromno opremo doseči zanesljive rezultate. S tem je za eksperimentalno raziskovalno delo spodbudil številne raziskovalce v manj razvitih delih sveta. Dosežene rezultate zelo uspešno uporablja pri razvoju metod analize in projektiranja.

Na področju raziskav zidanih konstrukcij pri potresni obtežbi se je uvrstil v svetovni vrh, o čemer pričata med drugim vabila za pripravo preglednih poročil (state-of-the-art) na 10. evropski konferenci o potresnem inženirstvu leta 1994 na Dunaju in na 11. svetovni konferenci o potresnem inženirstvu leta 1996 v Acapulcu, številna vabila za predavanja na konferencah in univerzah, nagrada (Outstanding Paper Award) za članek, objavljen v zborniku 6. severnoameriške konference za zidane konstrukcije leta 1993 ter nagrada (Scalzi Research Award) za izreden prispevek na področju raziskovanja zidanih konstrukcij, ki mu jo je leta 2005 podelil The Masonry Society. O pomembnosti njegovih raziskav priča tudi vabilo založbe Imperial College Press/World Scientific za pripravo knjige z naslovom Earthquake Resistant Design of Masonry Buildings. V knjigi, ki je izšla leta 1999, je v zgoščeni, vendar lahko razumljivi obliki podal osnovne informacije o obnašanju zidanih stavb med močnimi potresi ter pred-

stavil in razložil potresno odporno projektiranje zidanih konstrukcij. Knjiga na uravnotežen način obravnava najnovejše standarde in predpise, uveljavljene metode projektiranja in rezultate lastnih raziskav. Knjiga je bila še več let po izidu med najbolj opaženimi in najbolj prodajanimi knjigami na področju potresnega inženirstva.

Bibliografija Mihe Tomaževiča obsega okrog 400 objav. Poudariti je treba, da Tomaževič deluje v majhni raziskovalni skupini, kjer je njegov prispevek prevladujoč. Pri zelo veliki večini objav je Miha Tomaževič edini ali prvi avtor.

Miha Tomaževič je leta 1986 postal izredni profesor, od leta 1991 dalje pa je redni profesor za potresno inženirstvo in zidane konstrukcije na FGG Univerze v Ljubljani. Je nosilec več predmetov na podiplomskem študiju na konstrukcijski smeri gradbenega oddelka FGG. Bil je gostujoči profesor na Univerzi v Trentu, Italija, 1988, na Universidad de Chile, Santiago, Čile, 1991, od leta 1999 redno gostuje na univerzi v Padovi, Italija, predaval je na podiplomski šoli za konservatorstvo Fakultete za arhitekturo Politehnike v Milanu. Gostoval je na Tehniški univerzi v Dresdnu, Nemčija, na Indian Institute of Technology v Roorkeeju in na Univerzi v Brescii, Italija. Imel je več kot 60 predavanj in seminarjev na različnih univerzah in raziskovalnih inštitutih v ZDA, Italiji, Nemčiji, Grčiji, na Japonskem, Kitajskem, v Čilu in Mehiki. Je član uredniških odborov revij European Earthquake Engineering in Bulletin of Earthquake Engineering.

Miha Tomaževič je celovita osebnost s pomembnimi dosežki na vseh področjih svojega delovanja. Obogatil je svetovno zakladnico znanja z novim temeljnim znanjem o obnašanju zidanih objektov pri potresni obtežbi. Obenem prinašajo njegova dela nove metode za potresno odporno projektiranje novih objektov in za utrjevanje obstoječih zidanih stavb in s tem prispevajo k zmanjšanju posledic potresov.

**akad. prof. dr. Peter Fajfar, univ. dipl. inž. grad.**

# STAVBE KULTURNE DEDIŠČINE IN POTRESNA ODPORNOST: KAJ SMO SE NAUČILI?

## HERITAGE MASONRY BUILDINGS AND SEISMIC RESISTANCE: WHAT DID WE LEARN?

akad. prof. dr. Miha Tomažević, univ. dipl. inž. grad.

Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva 12, 1000 Ljubljana  
e-pošta: [miha.tomazevic@zag.si](mailto:miha.tomazevic@zag.si)

Strokovni članek

UDK: 699.841:719

**Povzetek** | V zadnjih treh desetletjih so bili raziskani vzroki za neustrezno obnašanje zidanih stavb arhitekturne kulturne dediščine v mestih in na podeželju med potresi, na podlagi ugotovljenih pomanjkljivosti pa razviti ukrepi za izboljšanje potresne odpornosti. Poleg klasičnih so na razpolago tehnološke rešitve, ki uporabljajo najsodobnejše materiale, med njimi tudi ukrepi, ki so v skladu z zahtevami za ohranitev kulturne dediščine. Razvite so bile nove terenske in laboratorijske metode za ugotavljanje stanja konstrukcije in mehanskih lastnosti zidovja ter izdelani različni računski modeli za oceno potresne ranljivosti in vrednotenje potresne odpornosti. Izdelan je bil tudi evropski standard za oceno in prenovo stavb, ki predpisuje postopke in podaja vrednosti parametrov za preprojektiranje. V standardu so žal določene nedoslednosti in za stavbe arhitekturne kulturne dediščine nedosegljive zahteve, o katerih na podlagi dolgoletnih izkušenj, raziskav in analiz obnašanja teh stavb med potresi razpravljamo v prispevku. Čeprav bi morali na podlagi računskih analiz, dosledno izdelanih po zahtevah novega standarda, pričakovati porušitev oziroma vsaj hujše poškodbe, so potresi, ki so v zadnjem času že drugič v nekaj desetletjih prizadeli stara mestna in podeželska jedra, pokazali, da so že razmeroma enostavni ukrepi za izboljšanje potresne odpornosti uspešno preprečili prehude poškodbe in porušitve, če so le bili dosledno izvedeni.

**Summary** | In the last three decades, the causes of inadequate seismic behavior of heritage masonry buildings in urban and rural settlements have been investigated. On the basis of the observed mechanisms, technical measures for the improvement of seismic resistance have been developed. Besides traditional techniques, contemporary strengthening measures, based on the use of modern materials are available, including methods in accordance with the requirements of restoration and preservation of architectural cultural heritage. In-situ and laboratory non-destructive and semi destructive methods for structural assessment have been developed and mathematical models for structural evaluation proposed. European standard for structural assessment and retrofit of buildings has been recently implemented, where procedures are recommended and values of parameters needed in redesign are specified. However, the standard includes inconsistencies and unacceptable requirements regarding the architectural heritage buildings, which are discussed in this paper. If the requirements of the new standard are taken into consideration literally, inevitable heavy damage or collapse of the strengthened buildings should have been expected. However, as indicated by the recent strong earthquakes which for the second time in just a few decades affected historic towns and villages, relatively simple strengthening measures prevent excessive damage and collapse of such buildings, if adequately applied.

## 1 • UVOD

Nedavni potres v deželi Abruzzo v sosednji Italiji, ki je najbolj poškodoval ravno stari del mesta L'Aquila (slika 1), je ponovno pokazal, da so stare zidane hiše v zgodovinskih mestnih in podeželskih jedrih zelo ranljive na potres. O potresu in njegovih posledicah bodo pisali tisti, ki so prizadeto območje obiskali. Na tem mestu lahko na podlagi znanih podatkov samo ugotovimo, da je bil potres po moči le nekoliko močnejši od potresa leta 1998 v Posočju (magnituda  $M = 5,8$  v primerjavi z  $M = 5,6$  na Bovškem), žarišče je bilo plitvo, pa tudi trajal ni dolgo. Največji izmerjeni pospeški gibanja tal so bili v L'Aquili sicer večji (nekaj več kot  $0,6$  g v primerjavi z  $0,5$  g na Bovškem leta 2004 z močno navpično komponento v obeh primerih), vendar sta bila spektra odziva podobna. Čeprav sta potresa po fizikalnih parametrih primerljiva, so bile posledice prvega precej hujše od posledic drugega. Zakaj je bilo tako, tudi ne bomo analizirali. Po mnenju italijanskih kolegov, ki so območje obiskali, posledice zadnjega potresa niso bile nepričakovane. Kakovost kamnitega zidovja porušeni hiš je bila izredno slaba, med poskusi prenove pa so bile storjene tipične napake (porezane zidne vezi, oslabitev nosilnega zidovja, nestrokovna zamenjava lesenih stropov z masivnimi betonskimi ploščami brez sidranja v zidove in podobno).

O raziskavah, tehničnih ukrepih in drugih postopkih v zvezi s protipotresnim utrjevanjem starih zidanih hiš je bilo tekom let v Gradbenem vestniku objavljenih že lepo število prispevkov. Na tem mestu že napisanega ne bomo ponavljali. Da pa bi bilo podobnih posledic kot po aprilskem potresu v L'Aquili čim manj, bomo poskušali povzeti, kaj smo se naučili, odkar smo pred petintridesetimi leti morali prvič resneje odgovoriti na vprašanje, kako starim hišam, sezidanim iz kamna, izboljšati potresno odpornost.

Čeprav so navadne zidane hiše v mestih in na podeželju lahko stare tudi več sto let, kot posamezni objekti večinoma niso nič posebnega. Če bi stale na samem, bi med njimi le redko našli katero, ki bi jo ohranili kot kulturni spomenik. Kot skupina stavb v mestnih in podeželskih jedrih pa stare hiše postanejo arhitekturna kulturna dediščina največje vrednosti. Sodobnim mestom in podeželju dajejo prepoznavnost in dodano vrednost, saj predstavljajo jedro kulturnega, družabnega in turističnega dogajanja. Če ne bi imela starih

jeder, bi bila sodobna naselja pusta in brez življenja. Zaradi njihove zgodovinske vrednosti in pomembnosti v današnjem času jih želimo ohraniti tudi za prihodnost. Ker leži večina evropskih mest v Sredozemlju na območjih, ki so izpostavljena potresni nevarnosti, moramo med

prenovitvenimi posegi zmanjšati tudi potresno ranljivost stavb in se tako izogniti posledicam, ki smo jim priča po vsakem močnejšem potresu. To pa oteži prenovo mestne arhitekturne kulturne dediščine v primerjavi z območji, kjer potresne nevarnosti ni.

Zgodovinske hiše v naseljih, ki so sezidane iz lokalnega materiala, večinoma kamna, so se stoletja razvijale, dograjevale, nadgrajevale in prilagajale vsakokratnim potrebam časa.



Slika 1 • L'Aquila, april 2009: po potresu prizadete stavbe (foto P. Weiss)



Slika 2 • Hiša, ki jo je po majskem potresu leta 1976 v Benečiji utrdila ekipa ZRMK, je septembrski potres istega leta prestala brez poškodb (arhiv ZAG, foto E. Vugrinec)

Čeprav jih imamo za spomenike arhitekturne kulturne dediščine in jih želimo kot take ohraniti, pri tem ne smemo ustaviti njihovega razvoja. Če želimo, da ohranijo svojo vlogo in ostanejo najpomembnejši del urbanih struktur, zgodovinskim jedrom ne smemo preprečiti njihovega prilagajanja sodobnim bivalnim in varnostnim standardom. Ne smemo togo obstati pri načelih konservatorske in restavratorske stroke, pač pa moramo najti kompromis oziroma ta načela skrbno uskladiti s potrebami stanovalcev, tehničnimi možnostmi in stroški prenove. Da je tak kompromis nujen, bi nas moral naučil že primer Breginja leta 1976, ko se po majskem potresu nismo mogli zediniti, kako

ukrepati. Žal smo zelo krut odgovor dobili septembra istega leta: močno poškodovani Breginj, po mnenju marsikaterega strokovnjaka biser slovenske arhitekturne kulturne dediščine, je nov potres skoraj do konca porušil. Ne samo pri nas tudi v sosednji Italiji in nasploh v Evropi je bil furlanski potres tisti, ki je sprožil začetek raziskav za protipotresno utrditve stavb arhitekturne kulturne dediščine. Takrat je bil nekdanji Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij (ZRMK) v prednosti, saj se je s kamnitimi hišami prvič srečal nekaj let prej. Po potresu na Kozjanskem junija leta 1974 so Viktor Turnšek, Stane Terčelj, Jože Boštjančič, Smiljan Umek in Edo Vugrinec

predlagali povezovanje zidov z armaturnim jeklom in injektiranje kamnitega zidovja s cementnimi injekcijami. Enostavna in ne draga metoda, katere učinki so bili preverjeni z laboratorijskimi preiskavami ((Terčelj in sod., 1976), (Boštjančič in sod., 1976), (Vugrinec, 1977)), se je izkazala za izredno učinkovito tudi med septembrskim potresom v Furlaniji leta 1976 (slika 2). Od takrat pa vse do danes raziskovalci na Zavodu na tem področju uživajo mednarodni sloves: niso več v prednosti kot v pionirskih časih pred tridesetimi leti, vendar kljub vsemu držijo korak s kolegi iz držav, kjer so za raziskave na razpolago precej večja sredstva.

## 2 • POTRESNA RANLJIVOST ZIDANIH STAVB KULTURNE DEDIŠČINE IN UKREPI ZA IZBOLJŠANJE POTRESNE ODPORNOSTI

Zakaj so stare zidane stavbe v mestnih in podeželskih jedrih tako ranljive na potres? Večinoma zato, ker je konstrukcija grajena za prevzem težnostnih obtežb in z njimi povezanih navpičnih obremenitev. Osnovni nosilni elementi stare zidane stavbe – zidovi, oboki in leseni stropi – so med seboj povezani tako, da zagotavljajo prevzem navpičnih obremenitev, medtem ko graditelji niso mislili na ukrepe, ki bi izboljšali obnašanje stavbe med potresom. Tudi nosilni material – kamnito, opečno ali mešano zidovje, ki razmeroma dobro prenaša tlačne obremenitve – ni sposoben prevzeti nategov in strigov, ki jih povzročijo vodoravne sile, nastale zaradi nihanja stavbe med potresom. Nosilna konstrukcija takšne stavbe se med potresom poškoduje. Če so poškodbe prehude, izgubi sposobnost prenašanja navpičnih obremenitev in se poruši. V tem pogledu je še posebej kritično kamnito zidovje, ki se zaradi svoje strukture – po navadi je sestavljeno iz dveh med seboj praktično nepovezanih nosilnih slojev kamna večjih dimenzij, z vmesnim slojem zasutja z malto povezanega drobnejšega materiala z obilo votlavosti – med potresom razsloji in, če je potres dovolj dolg, celo razpade.

Povrh vsega so stare stavbe večkrat tudi slabo vzdrževane. Zamakanje zaradi slabih streh, dolgotrajna izpostavljenost zidovja atmosferskim vplivom zaradi odpadlega ometa oziroma vlaga, ki jo zidovje vsrka zaradi nevzdrževanega odvodnjavanja, vse to zelo hitro povzroči oslabitev ali celo delno razpadanje že sicer šibkega zidovja. Nevzdrževana, vplivom atmosfere in okolja iz-

postavljena stara stavba lahko že v nekaj letih izgubi precejšen del nosilnosti, kar dodatno zmanjšuje njeno potresno odpornost. Pomanjkljivosti se razkrijejo med potresi. Od zidane stavbe, ki je konstrukcija škaflastega tipa, se pričakuje, da bo tudi med potresom delovala celovito. Če zidovi niso povezani med seboj, odziva konstrukcije, pri katerem vsi elementi sodelujejo pri prevzemu vodoravnih sil, seveda ne moremo pričakovati. Zidovi se ob navpičnih stikih ločijo med seboj, začnejo

nihati vsak zase in zaradi sil, ki delujejo pravokotno na njihovo ravnjo, izgubijo stabilnost (sliki 3 in 4). Drug pomemben razlog za hude poškodbe med potresi je neustrezna zasnova. Od zidane stavbe pričakujemo, da bo imela nosilne zidove enakomerno porazdeljene v obeh pravokotnih smereh in po višini stavbe. Zgodovinske stavbe v glavnem ta pogoj izpolnjujejo, razen če med kasnejšimi adaptacijami in rekonstrukcijami niso bili odstranjeni deli nosilnega zidovja. V tem pogledu so še posebej kritične stavbe, pri katerih so bili odstranjeni večji deli zidovja v pritličju, obtežba zgornjega dela hiše pa prevzeta s prekladami in stebri (arkade, trgovine in gostinski lokali v pritličju). Hude poškodbe ali celo porušitve



Slika 3 • Posočje, 1998: navpične razpoke so nastale zaradi nihanja zidu pravokotno na ravnino



Slika 4 • Budva, 1979: porušitev zidu zaradi nihanja pravokotno na ravnino

med močnim potresom so v takšnih primerih skoraj neizogibne.

Seveda stari stavbi niti dobra povezanost zidov, ki zagotavlja celovito delovanje med potresom, niti dobra zasnova ne pomagata prevzeti nastalih potresnih sil, če zidovje ni dovolj močno, da bi te sile prevzelo. Ker je zaradi mehanskih lastnosti zidovja strižna odpornost navadno odločilna, v prešibkih zidovih nastanejo značilne poševne razpoke, kamnito zidovje slabše kakovosti pa se lahko tudi razsloji (sliki 5 in 6). Čeprav so stare hiše navadno brez posebnih temeljev, so poškodbe, ki jih lahko pripišemo temeljem,

redke, razen če so stavbe temeljene na fleh, ki med potresom izgubijo stabilnost (zdrs pobočja, likvefakcija).

Da bi starim stavbam izboljšali potresno odpornost, moramo opisane pomanjkljivosti odpraviti. Celovitost delovanja konstrukcije med potresom ustvarimo z medsebojno povezavo zidov in ukrepi, s katerimi utrdimo stropne konstrukcije. Da bi zagotovili porazdelitev potresnih sil po zidovih, morajo biti stropi dovolj togi, hkrati pa učinkovito sidrani in povezani z zidovi. Zasnovo po potrebi izboljšamo z zazidavanjem odprtih oziroma vgrajevanjem novih zidov, pri čemer uporab-

ljamo zidovje, ki je po mehanskih lastnostih podobno obstoječemu, staro in novo zidovje pa med seboj dobro povežemo.

Potresno odpornost zidov izboljšamo z različnimi tehnologijami, ki so prilagajene vrsti zidovja in zahtevani stopnji utrditve, nosilnost temeljev in temeljnih tal pa preverimo predvsem v primeru, ko z utrditvijo zidovja močno povečamo potresno odpornost konstrukcije. Po končani utrditvi stavbe bodo morali njeni temelji v primeru potresa prenašati precej večje obremenitve kot pred njo.



Slika 5 • Umbrija, 1997: tipične strižne razpoke v kamnitem zidovju



Slika 6 • Posočje, 1998: razslojevanje kamnitega zidovja

### 3 • PREPROJEKTIRANJE

Stavbe večinoma protipotresno utrjujemo šele potem, ko jih je potres že prizadel. Le redko jih utrjujemo preventivno, z namenom, da jih morebitni, vendar pričakovani potres ne bo prizadel. Tehnično gledano, med utrditvijo pred potresom ali po njem ni bistvene razlike. Glede na to, da je potres že pokazal, kje so kritična mesta, po potresu poškodovano stavbo morda utrdimo celo zanesljiveje, kot bi jo, kadar kritična mesta za nastanek poškodb predvidimo sami.

Kot že beseda pove, pomeni preprojektiranje (angl. redesign) ponovno projektiranje konstrukcije, ki je pred gradnjo že bila projektirana po tehničnih standardih takratnega časa, vendar jo želimo toliko

izboljšati, da bo ustrezala tudi današnjim zahtevam. Ukrepe za izboljšanje stanja predvidimo s projektom, katerega ključni del je tudi računsko preverjanje odpornosti konstrukcije. Pri preprojektiranju to storimo dvakrat: pred utrditvijo konstrukcije in po njej. Stare stavbe kulturne dediščine pa sploh niso bile projektirane. Sezidane so bile na podlagi tradicije in izkušenj, brez kakršnega koli računskega dokaza o stabilnosti in potresni odpornosti. Seveda je postopek enak postopku pri stavbah, ki so bile projektirane že kot nove, le da moramo zaradi tega, ker projekta obstoječega stanja ni, vse podatke za obstoječe stanje konstrukcije pridobiti na novo, medtem ko pri enkrat

že projektirani konstrukciji samo preverimo točnost podatkov v projektu.

Preprojektiranje oziroma projektiranje utrditvenih ukrepov je sklop postopkov, s katerimi:

- najprej ugotovimo stanje in ocenimo potresno odpornost obstoječe konstrukcije. Temeljiteje bomo raziskali stanje konstrukcije, zanesljivejši bo rezultat analize potresne odpornosti in lažja bo odločitev za morebitne utrditvene ukrepe;
- izberemo ustrezne utrditvene ukrepe, katerih učinkovitost po potrebi preverimo;
- konstrukcijo preprojektiramo, računsko analizo pa ponovimo z upoštevanjem sprememb zaradi utrditvenih ukrepov;
- izvedemo in spremljamo izvedbo utrditvenih ukrepov. Če se pokaže, prilagodimo na začetku predvidene ukrepe dejanskemu stanju.





Slika 7 • Ugotavljanje homogenosti kamnitega zidovja z radarjem (arhiv ZAG, foto V. Bosiljkov)

### 3.1 Ocena stanja konstrukcije in določanje mehanskih lastnosti materialov

Da bi zanesljivo ocenili potresno odpornost, moramo kar največ podatkov o konstrukciji, ki jih potrebujemo za analizo, ugotoviti ne samo z vizualnim pregledom, pač pa tudi s pregledom morebitno razpoložljive tehnične dokumentacije oziroma standardov in tehničnih predpisov, ki so veljali v času njene gradnje, ter z opazovanji in meritvami na terenu. V večini primerov ne bo šlo brez terenskih preiskav za ugotavljanje stanja zidovja ter terenskih in laboratorijskih preiskav materialov na vzorcih, ki jih odvzamemo s konstrukcije. Z medsebojno primerjavo podatkov, ki jih dobimo na različne načine, omejimo negotovosti. Včasih pa moramo pred odločitvijo o posegih konstrukcijo tudi opazovati v daljšem časovnem obdobju.

Da bi lahko ocenili potresno odpornost obstoječe zidane konstrukcije, moramo razen njenega stanja poznati predvsem:

- geometrijo konstrukcijskega sistema in tistih nekonstrukcijskih elementov, ki lahko vplivajo na odziv konstrukcije na potres (na primer predelnih sten in zidanih polnil);
- način stikanja med stropnimi konstrukcijami in elementi, ki prevzemajo potresno obtežbo, ter način povezovanja elementov (zidne vezi, sidra);
- mehanske lastnosti sestavnih materialov in zidovja v celoti.

Med nedavno uveljavljenimi standardi za projektiranje konstrukcij – evrokodi, standard SIST EN 1998-3 (Evrokod 8-3, 2005) glede na obseg podatkov o konstrukciji, s katerimi razpolagamo, ko konstrukcijo ocenjujemo, loči tri ravni (nivoje) poznavanja konstrukcije (angl. knowledge level – KL), ki so podlaga za določitev nekaterih projektnih parametrov:

- raven KL1: omejeno poznavanje,
- raven KL2: normalno poznavanje,
- raven KL3: popolno poznavanje konstrukcije.

Pri ugotavljanju stanja konstrukcije so nam danes poleg klasičnih ročnih načinov odpiranja zidov s kladivom in sekačem ali strojnim vrtnjem v pomoč številne sodobne nedestruktivne metode, s katerimi lahko ugotavljamo strukturo in homogenost sestave materialov in elementov konstrukcije, vlažnost v zidovju, vsebnost škodljivih snovi, korozijske potenciale, porazdelitev in vsebnost armature in vse drugo, kar potrebujemo pri projektiranju ((Suprenant in Schuller, 1994), (Onsiteformasonry, 2006)).

Radarska tomografija je metoda, osnovana na meritvah prehoda in odboja kratkih elektromagnetnih impulzov, ki jih seva visokofrekvenčna (1,5- do 1,8-gigaherčna) antena. Impulzi se na površinah materialov z različnimi dielektričnimi lastnostmi odbijajo, s čimer lahko odkrijemo nehomogenosti, kot so npr. votline v zidovju ali kovine v drugih materialih (slika 7). Radarska tomografija je zelo primerna metoda tudi za ugotavljanje uspešnosti injektiranja kamnitega zidovja: s primerjavo stanja pred injektiranjem

in po njem lahko sklepamo na uspešnost zalitja votlin.

Mikroseizmična tomografija temelji na prehodu akustičnih valov v frekvenčnem območju med 4 in 20.000 Hz skozi material. Serija senzorjev registrira val, medtem ko se širi po materialu, z analizo hitrosti širjenja pa ugotavljamo nehomogenosti v materialu (slika 8).

Pri metodi z odmevom na udarec (angl. impact echo) povzročimo akustični val s točkovnim mehanskim udarcem po materialu (posebno kladivo). Val se širi po materialu, večkratni odboji nizkofrekvenčnih valov med zunanjo površino in notranjimi deli, nezveznostmi in napakami v materialu pa se uporabijo za določanje resonančnih frekvenc in oceno celovitosti materiala (slika 9).

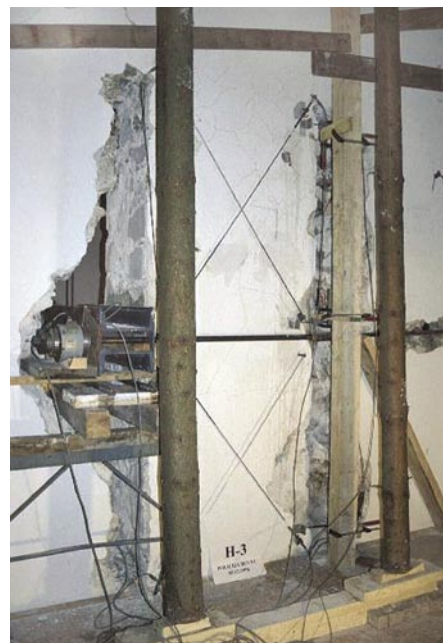
Z omenjenimi metodami pri zidanih konstrukcijah ugotavljamo le strukturo in homogenost zidovja, za ugotavljanje mehanskih lastnosti pa moramo uporabiti destruktivne ali poldestruktivne metode. Da lahko na podlagi rezultatov laboratorijskih preiskav vzorcev kamna, opeke in malte, ki smo jih odvzeli med pregledom konstrukcije, ugotovimo tudi mehanske lastnosti zidovja, je mogoče le v primeru, če že imamo na razpolago rezultate preiskav nosilnosti zidovja, sezidanega na podoben način in z materiali enakih mehanskih lastnosti, kot jih imajo materiali, ki smo jih odvzeli za preiskavo. Če podatkov nimamo, se preiskavam lastnosti zidovja ne moremo izogniti, še posebej, če gre za večjo skupino stavb (stara mestna jedra), ki jih nameravamo utrditi. Preiskave navadno



Slika 8 • Ugotavljanje homogenosti kamnitega zidovja z mikroseizmično tomografijo (arhiv ZAG, foto V. Bosiljkov)



Slika 9 • Ugotavljanje homogenosti kamnitega zidovja z odmevom na udarec (arhiv ZAG, foto V. Bosiljkov)



Slika 10 • Preiskava potresne odpornosti kamnitega zidu na terenu

izvedemo na sami stavbi (slika 10), saj je odvzem ustrezno velikega kosa zidu in prenos v laboratorij po navadi zahtevnejši kot sama preiskava na stavbi.

Če želimo ugotoviti lokalno tlačno napetostno stanje v zidu, uporabimo t. i. ploščate bate (angl. flat jack), dve med seboj po robovih zvarjeni tanki jekleni pločevini poljubne oblike, ki ju prilagodimo obliki izreza v naležne rege med zidaki in na katerih sta na dveh mestih privarjeni šobi za vtiskanje olja (sliki

11 in 12). Če je izrez napravljen z izpraskanjem malte, uporabimo bate pravokotne oblike, če pa malto izrežemo s krožno žago, je del bata, ki ga vložimo v zid, krožne oblike. Širina bata navadno odgovarja širini sloja zidu, ki ga preiskujemo, medtem ko dolžina ni predpisana. Pri običajni preiskavi v zid na primerni medsebojni razdalji (ki je približno enaka dolžini bata) izrežemo tanka utora, v katera namestimo napravi. V enaki medsebojni razdalji na ustreznih

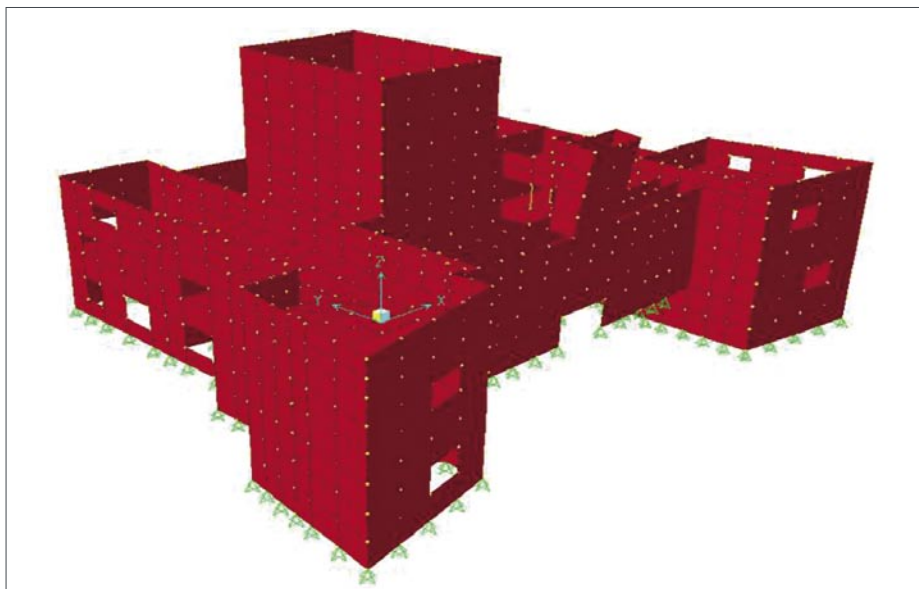
mestih pod zgornjim in nad spodnjim rezom pritrdimo baze za tri do štiri dilatometre ter izmerimo razdaljo pred rezanjem utorov v rege in po tem. V utoru vstavimo bata in vanju s hidravlično črpalko vtiskamo olje. Med večanjem tlaka spremljamo spremembo razdalje med bazami dilatometrov. Lahko sklepamo, da je v trenutku, ko dosežemo razdaljo, izmerjeno pred rezanjem utorov, tlak olja v batu enak tlačnim napetostim



Slika 11 • Meritve tlačnih napetosti v zidu s ploščatimi bati (arhiv ZAG, foto V. Bosiljkov)



Slika 12 • Ploščati bat po končani preiskavi



Slika 13 • Oblika nihanja monumentalne stavbe, izračunana z metodo končnih elementov

v zidu. Če s preiskavo nadaljujemo do nastanka navpičnih razpok v vmesnem zidovju, lahko ocenimo tudi tlačno trdnost zidovja. Ploščati bati se pri ponovljenih preiskavah deformirajo in zmehčajo (slika 12), zato jih je treba večkrat kalibrirati.

### 3.2 Računski modeli in analiza potresne odpornosti

Računski model, s katerim analiziramo konstrukcijo, mora odražati njeno dejansko

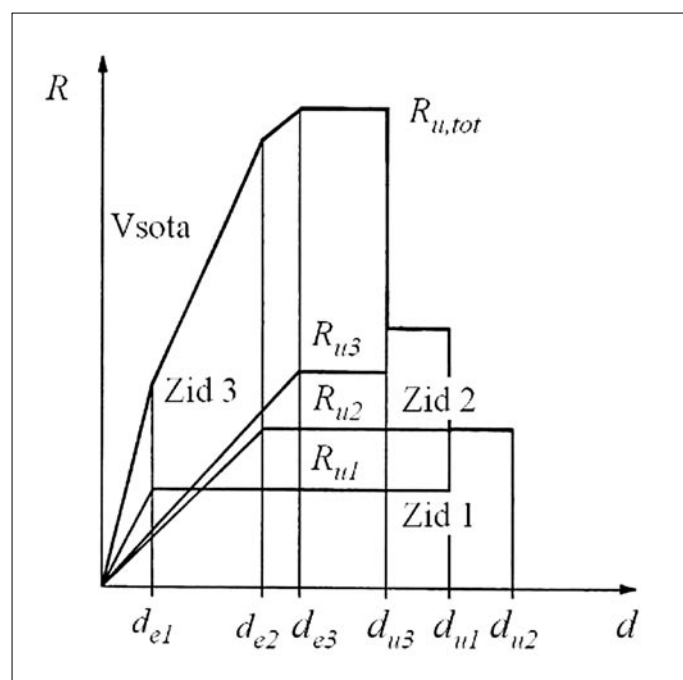
obnašanje med delovanjem potresne obtežbe. Za običajne stavbe pravilne zasnove uporabimo modele, ki jih tudi sicer uporabljamo za preverjanje potresne odpornosti zidanih konstrukcij, sicer pa modele prilagodimo namenu analize in dejanskemu obnašanju.

Pri monumentalnih stavbah, ki imajo komplicirano zasnovo konstrukcije, lahko uporabimo modele s končnimi elementi (slika 13). Glede na zasnovo in sestavo konstrukcije (zidovi, stebri, loki, oboki itd.) lahko izberemo

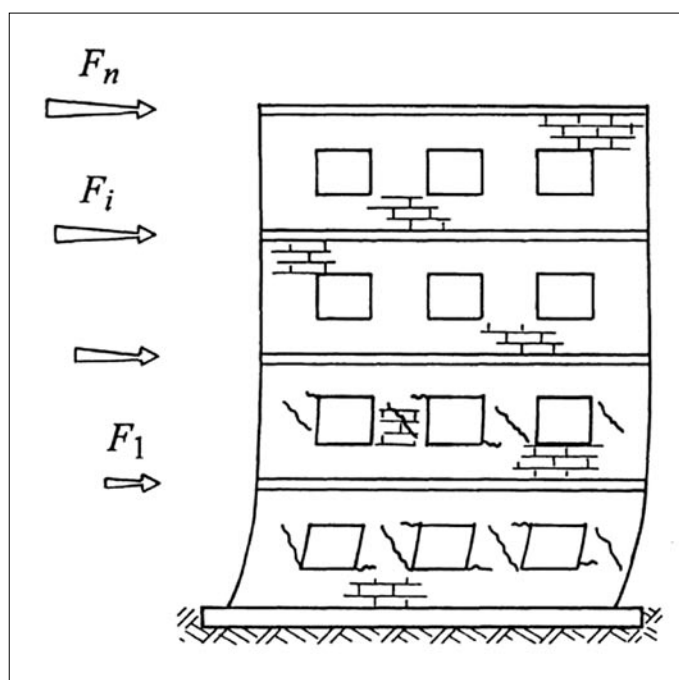
bolj ali manj zapletene prostorske, ravninske ali linijske končne elemente, ki jih med sabo ustrezno povežemo v model, ki mora odražati dejansko obnašanje konstrukcije med potresom. Programske opreme, ki nam omogoča bolj ali manj »natančno« analizo, je dovolj. Če stare zidane konstrukcije analiziramo z metodami končnih elementov, se moramo zavedati, da nam elastični modeli s končnimi elementi navadno le nakažejo kritična mesta, kjer bodo nastale koncentracije napetosti in poškodbe konstrukcije, z njimi pa ne dobimo realne slike o dejanski potresni odpornosti konstrukcije. Nelinearni modeli so zahtevni in jih uporabljamo le izjemoma.

Pri starih zidanih hišah, ki izpolnjujejo pogoj celovitosti delovanja konstrukcije med potresom, kar pomeni, da smo med prenavo poskrbeli za učinkovito povezanost zidov in stropov, in ki imajo pravilno zasnovo v florisu in po višini, dobimo dobre rezultate z modelom etažnega mehanizma. V tem primeru prevladuje strižni mehanizem obnašanja zidov (slika 5), zato je tudi strižna nosilnost zidov odločilna.

To računski postopek močno poenostavi, saj v računu naredimo le zanemarljivo napako, če upogibne vplive zanemarimo. Ker prevladujejo vplivi striga, je tudi togost posameznih zidov premo sorazmerna površini vodoravnega prereza. Nanjo vpliva predvsem višina zidu in je le manj odvisna od vpetostnih pogojev. Ta model je bil podlaga za računsko metodo, izdelano po potresih v Furlaniji in Posočju leta



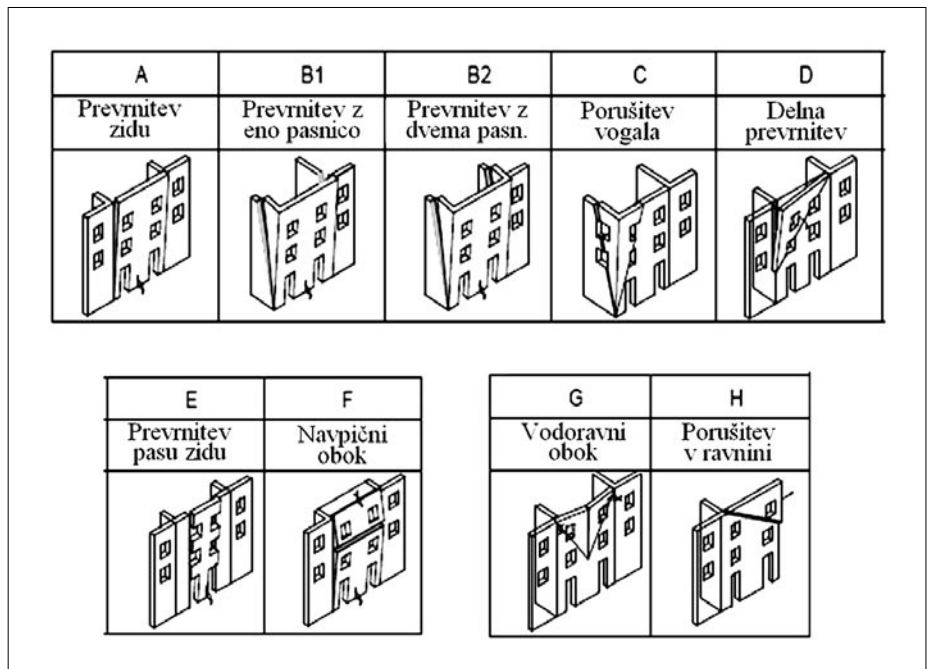
Slika 14 • Konstrukcija ovojnice odpornosti etaže



Slika 15 • Shematični prikaz etažnega strižnega mehanizma

1976 (Tomažević, 1978), namenjeno predvsem preverjanju potresne odpornosti enostavnih hiš iz nearmiranega zidovja. Metoda, ena prvih danes imenovanih »push-over« metod, ki temelji na izračunu ovojnice odpornosti kritične etaže (slika 14), je bila v Italiji med popotresno obnovo predpisana kot obvezna za preverjanje potresne odpornosti hiš (Raccomandazioni, 1977). Čeprav je vključevala tudi preverjanje upogibne odpornosti zidov, je bil v osnovni različici upoštevan etažni strižni mehanizem (slika 15) oziroma predpostavka, da so zidovi simetrično vpeti zgoraj in spodaj v prekladno konstrukcijo. V današnji različici metode je v originalu upoštevani mehanizem le ena od možnosti.

Če želimo analizirati potresno odpornost zgodovinskih hiš v obstoječem stanju, kjer zidovi niso povezani, potresne odpornosti ne moremo zadovoljivo oceniti z etažnim strižnim mehanizmom. V primeru, ko zidovje med seboj ni ustrezno povezano, je upogib pravokotno na ravnino največkrat kritični mehanizem, zaradi katerega pride do ločevanja zidov in lokalnih porušitev, s tem pa tudi do občutnega zmanjšanja potresne odpornosti stavbe kot celote. Nekatere značilne oblike mehanizmov porušitev zaradi upogiba pravokotno na ravnino so prikazane na sliki 16. V takih primerih potresno odpornost konstrukcije ocenimo tako, da na podlagi trdnostnih lastnosti zidovja izračunamo velikost pospeškov, ki povzročijo analizirani lokalni mehanizem porušitve ((Giuffrè, 1989),



Slika 16 • Delni mehanizmi porušitve, ki jih upoštevamo v analizi potresne odpornosti stavb v obstoječem stanju (D'Ayala in Speranza, 2002)

(D'Ayala in Speranza, 2002)). Preizkusimo več možnosti, kot kritično, ki določa potresno odpornost, pa izberemo tisto, kjer je indeks ekvivalentne strižne odpornosti, ki ga izrazimo z deležem pospeška prostega pada (razmerjem med pospeškom, ki povzroči mehanizem, in pospeškom prostega pada), najmanjši.

Tovrstni modeli se največ uporabljajo za oceno potresne ranljivosti zgodovinskih mestnih jader, kjer ocenjujemo odpornost stavb v obstoječem stanju, in ne za oceno potresne odpornosti med preprojektiranjem, ko smo s tehničnimi ukrepi že preprečili nastanek lokalnih porušnih mehanizmov.

#### 4 • RAVEN UTRDITVE: ZAHTEVE STANDARDA IN MOŽNOSTI

Da bi izbrali ustrezen poseg v obstoječo konstrukcijo, moramo pri prenovi zgodovinskih stavb poznati tudi raven potresne odpornosti, do katere moramo utrditi konstrukcijo stavbe. Standard SIST EN 1998-3, ki določa zahteve, ki jih moramo upoštevati pri prenovi in utrjevanju obstoječih stavb, je odločen: obstoječim stavbam je treba med prenovno zagotoviti enako stopnjo potresne varnosti kot pri novi gradnji. Žal za stavbe kulturne dediščine postavlja zahteve, ki jih brez grobega kršenja osnovnih načel varstva arhitekturne kulturne dediščine največkrat ni možno izpolniti.

Dosledno izpolnjevanje zahtev standarda bo predstavljalo še posebej velike težave pri obnovi monumentalnih stavb, ki jih že sicer obravnavamo ločeno, od primera do primera posebej. Pri njih moramo zaradi številnih arhitekturnih posebnosti in umetniške vred-

nosti (način in materiali gradnje, poslikave sten ipd.) še veliko bolj kot pri stanovanjskih stavbah v mestnih in podeželskih starih jedrih spoštovati omejitve, ki jih za posege v konstrukcijo postavlja konzervatorska in restavratska stroka in ki so zapisani v številnih dokumentih, ki obravnavajo načela varstva arhitekturne kulturne dediščine.

Tako kot pri konstrukcijah, ki jih projektiramo na novo, pri preverjanju potresne odpornosti utrjenih obstoječih stavb upoštevamo dve zahtevi:

- zahtevo za preprečitev porušitve in
- zahtevo za omejitev poškodb.

##### 4.1 Projektna potresna obtežba

Pri projektiranju novih oziroma preprojektiranju obstoječih konstrukcij govorimo o preverjanju končnega mejnega stanja in mejnega stanja

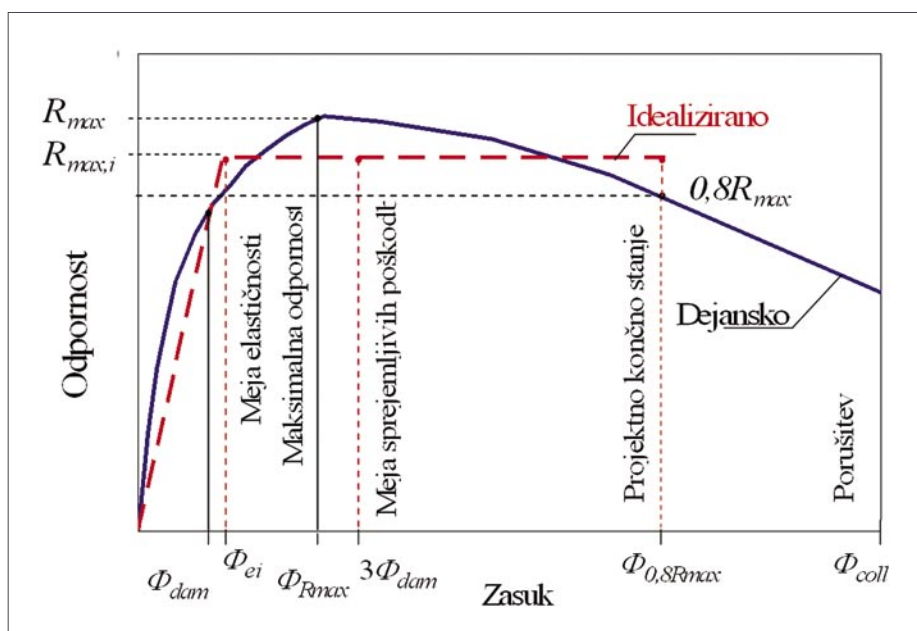
uporabnosti. V skladu z načeli SIST EN 1998-1 (Evrokod 8-1, 2005) velja, da mora konstrukcija vzdržati potres s povratno dobo 475 let in 10 % verjetnostjo prekoračitve v 50 letih (ti. projektni potres), ne da bi se lokalno ali v celoti porušila. Med najmočnejšim pričakovanim potresom mora ostati celovita, po potresu pa obdržati sposobnost prenašanja obtežbe, na katero je bila projektirana (zahteva za preprečitev porušitve). Konstrukcija mora biti projektirana tudi tako, da bo vzdržala šibkejši potres z večjo verjetnostjo nastanka, tj. potres s povratno dobo 95 let in 10 % verjetnostjo prekoračitve v 10 letih, ne da bi se poškodovala oziroma da bi bila njena uporabnost omejena v tolikšni meri, da bi bila škoda nesorazmerna ceni konstrukcije. Tudi pri projektnem potresu morajo poškodbe ostati v mejah, da jih lahko popravimo (zahteva za omejitev poškodb).

Raziskave so pokazale, da pri zidanih konstrukcijah preverjanje mejnega stanja uporabnosti lahko opustimo, saj bo konstrukcija

avtomatično izpolnila zahteve, če jo bomo preverili na končno mejno stanje, pri tem pa omejili razpoložljivo kapaciteto deformacij (duktilnost). Analiza večjega števila rezultatov eksperimentalnih preiskav zidov in modelov zidanih stavb je pokazala, da obstaja zanesljiva korelacija med stopnjo poškodb in deformacijo zidovja pri mejnih stanjih, ki jih moramo upoštevati pri preverjanju potresne odpornosti (Tomažević, 2007). Pri tem se lahko navežemo na uveljavljeno klasifikacijo poškodb, ki jo uporablja evropska makroseizmična lestvica EMS-98 (European, 1998). Iz definicije same izhaja, da poškodbe 1.–2. (neznatne do lažje poškodbe) oziroma 5. stopnje (porušitev) določajo mejno stanje nastanka poškodb oziroma porušitev konstrukcije. Če poskušamo na podlagi eksperimentalnih rezultatov obnašanja zidov in modelov zidanih konstrukcij raziskati, pri katerih deformacijah (etažnih pomikih oziroma zasukih) nastanejo poškodbe 3. in 4. stopnje, lahko ugotovimo, da poškodbe 3. stopnje (zmerne poškodbe) nastanejo, ko doseže konstrukcija največjo odpornost ali pa kmalu za tem. Lahko tudi ugotovimo, da sta velikostna reda deformacij, pri katerih zidane konstrukcije dosežejo mejno stanje nastanka poškodb in največjo odpornost, razmeroma blizu skupaj.

Odpornost med potresno odpornostjo kritične etaže,  $R$ , in etažnim zasukom, ki predstavlja razmerje med relativnim etažnim pomikom,  $d$ , in etažno višino,  $h$ :  $\Phi = d/h$  (običajno ga izrazimo kar v % etažne višine), je shematično prikazana na sliki 17.

Evrokod 8 projektno končno mejno stanje definira s točko, pri kateri odpornost konstrukcije pade na 80 % največje vrednosti. Izkaže se, da poškodbe 3. stopnje, ki pri zidanih konstrukcijah predstavljajo še sprejemljivo mejo (hude poškodbe), navadno nastanejo že pred tem. Analiza eksperimentalnih rezultatov je pokazala, da takšne poškodbe navadno nastanejo pri etažnem pomiku (zasuku), ki je približno enak 3-kratni vrednosti etažnega pomika (zasuka) pri nastanku prvih poškodb. Zato pri zidanih konstrukcijah kot merilo za definicijo projektnega končnega mejnega stanja uporabimo vrednost etažne deformacije, pri kateri nastanejo v zidovju poškodbe 3. stopnje. Etažni pomik (zasuk) pri projektnem končnem mejnem stanju je torej bodisi pomik (zasuk), kjer odpornost pade na 80 % največje vrednosti, bodisi pomik (zasuk) v velikosti 3-kratnega pomika (zasuka) na meji nastanka poškodb, kar je manj:



Slika 17 • Odvisnost etažne odpornosti od zasuka z vrisanimi mejnimi stanji

$$\Phi_{du} = \min \{ \Phi_{0,8R_{max}}; 3\Phi_{dam} \}, \quad (1)$$

kjer je:

- $\Phi_{du}$  – etažni zasuk pri projektnem končnem mejnem stanju,
- $\Phi_{0,8R_{max}}$  – etažni zasuk, pri katerem potresna odpornost pade na 80 % največje vrednosti,
- $\Phi_{dam}$  – etažni zasuk na meji nastanka poškodb.

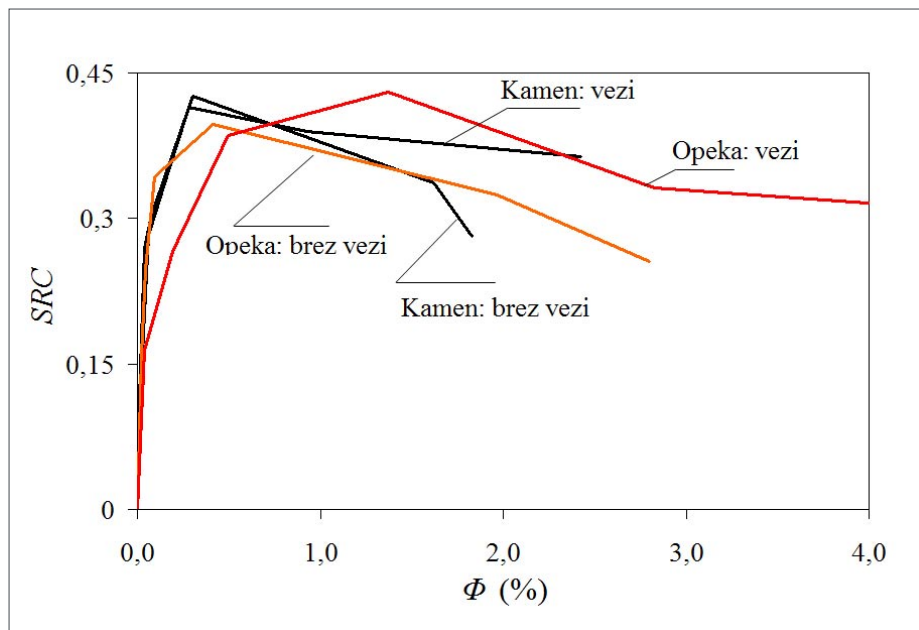
Raziskave so pokazale, da je velikostni red etažnih zasukov pri odločilnih mejnih stanjih, ne glede na vrsto zidovja in sistem gradnje, zelo podoben. Povprečne vrednosti izmerjenih zasukov in standardni odkloni pri posameznih mejnih stanjih so navedeni v preglednici 1. Med preiskavo modelov starih kamnitih in opečnih stavb s povezanimi in z nepovezanimi zidovi izmerjene odvisnosti med koeficientom potresne odpornosti pritličja,  $SRC = R/W$  (razmerjem med izmerjeno prečno silo v pritličju,  $R$ , in teži stavbe,  $W$ ) in etažnim zasukom,

$\Phi = d/h$ , prikazuje slika 18 (Tomažević in sod., 1993). Podobne odvisnosti so, ravno tako s preiskavami modelov na potresni mizi, ugotovili tudi drugi raziskovalci (Benedetti, 1996).

Če na podlagi tako definiranih mejnih stanj in omejitev razpoložljive sposobnosti deformacij oziroma duktilnosti zidane konstrukcije izvednotimo parametre, ki jih rabimo za določanje projektno potresne obtežbe (faktor obnašanja,  $q$ ), bo zidana konstrukcija v primeru, da ustreza kriterijem odpornosti, avtomatično izpolnila pogoje pri mejnem stanju uporabnosti. To velja tudi za zidane stavbe arhitekturne kulturne dediščine. Eksperimentalne raziskave obnašanja modelov starih kamnitih in opečnih zidanih stavb na potresni mizi so pokazale, da je sposobnost prevzemanja deformacij stavb s povezanimi zidovi sicer razmeroma velika (glej sliko 18), vendar pri projektnem končnem mejnem stanju, kjer odpornost pade na 80 % maksimalne, povezana s prehudimi poškodbami. Zato sposobnost deformacij pri

Mejno stanje	Stopnja poškodb	Etažni zasuk $\Phi = d/h$ (v %)	Standardni odklon $\sigma_{\Phi}$ (v %)
Meja poškodb	2. stopnja	0,3	0,15
Največja odpornost	3. stopnja	0,61	0,41
Projektno končno mejno stanje	3.–4. stopnja	1,0–1,2	–
Porušitev	5. stopnja	3,29	2,09

Preglednica 1 • Povprečne vrednosti etažnega zasuka pri mejnih stanjih (Tomažević, 2007)



Slika 18 • Med preiskavo modelov starih stavb na potresni mizi izmerjene odvisnosti etažne odpornosti od etažnega zasuka (po (Tomažević in sod., 1993))

preverjanju potresne odpornosti izkoristimo le do trikratne vrednosti deformacije pri meji nastanka prvih poškodb.

Projektna potresna odpornost zgodovinskih stavb večje etažnosti (3–4 etaže), kjer upoštevamo v praksi splošno uveljavljeno redukcijo elastičnih sil za tovrstne konstrukcije (faktor  $q = 1,5$ ), težko doseže projektne potresne sile, ki jih za preverjanje potresne odpornosti zidanih konstrukcij na območjih s povečano seizmičnostjo predpisuje SIST

EN 1998-1. Zato je predstandard SIST ENV 1998-1-4 (Evrokod 8-1-4, 2000) dopuščal, da se projektna potresna obtežba izjemoma lahko zmanjša za največ  $1/3$ , če predvideni stroški obnove celotnega gradbenega fonda na posameznem območju presežejo sprejemljive okvire oziroma če bi upoštevanje projektne obtežbe potresnih sil zahtevalo za načela varstva kulturne dediščine nesprejemljive tehnične ukrepe. Evrokod 8-3 ne govori več o možnosti zmanjšanja projektne potresne

obtežbe v opravičljivih primerih, priporoča pa ocenjevanje potresne odpornosti konstrukcije glede na sposobnost prevzemanja deformacij (glede na sprejemljivo raven poškodovanosti). Na podlagi eksperimentalnih analiz in analize poškodb po potresu poškodovanih, vendar predhodno s povezovanjem zidov utrjenih hiš lahko ugotovimo, da je njihova sposobnost prevzemanja deformacij razmeroma velika (glej sliko 18) in dopušča upoštevanje faktorja obnašanja  $q$  na zgornji meji območja, ki ga za zidane konstrukcije iz nearmiranega zidovja priporoča SIST EN 1998-1 ( $q = 1,5-2,5$ ). Da to brez zadržkov lahko storimo, kažejo analize potresne odpornosti po potresih poškodovanih kamnitih hiš, ki smo jih na Zavodu izdelali v preteklosti npr. ((Tomažević in sod., 1979), (Tomažević in sod., 1980), (Lutman in sod., 2000)).

Zato pri stavbah kulturne dediščine, kjer za preverjanje potresne odpornosti pri določanju projektne potresne obtežbe uporabljamo metodo s  $q$  faktorjem, zmanjšanje projektne potresne obtežbe argumentiramo z nekoliko povečano vrednostjo faktorja  $q$ , vendar ne čez v Evrokodu 8-1 priporočeno zgornjo mejo za zidane konstrukcije z nearmiranim zidovjem. Povečanje nikakor ne gre na račun varnosti stavb proti porušitvi, pač pa le na račun nekoliko povečanega obsega poškodb pri projektnejem potresu, ki še vedno ne presega sprejemljive meje. Da je res tako, so pokazale analize nelinearnega odziva več kamnitih zidanih stavb na registracijo potresa v Posočju leta 2004 (Tomažević in sod., 2005). Primerjava med projektnimi potresnimi silami, ki jih zahteva standard ( $BSC_d$ ), in oceno, do kolikšne mere bi se sile z upoštevanjem sposobnosti prevzemanja deformacij lahko zmanjšale ( $BSC_{d,R}$ ), je prikazana v preglednici 2. Projektne potresne sile so izražene z razmerjem med projektno potresno prečno silo v pritličju,  $BS_d$ , in težbo stavbe,  $W$ , ti. projektnim koeficientom prečne sile v pritličju ( $BSC_d = BS_d/W$ ).

Projektni pospešek tal $a_g$	0,05	0,10	0,20	0,25
Faktor obnašanja $q$	1,5	1,5	1,5	1,5
$BSC_d$	0,08	0,17	0,33	0,42
Faktor obnašanja $q_r$	1,5	1,5	1,8	2,0
$BSC_{d,R}$	0,08	0,17	0,28	0,31

Preglednica 2 • Predlog za povečanje vrednosti faktorja obnašanja pri preverjanju potresne odpornosti objektov kulturne dediščine na različnih območjih seizmičnosti

(Se nadaljuje v oktobrski številki)

# RAZISKAVA SKLADNOSTI REZULTATOV OBRATOVALNIH MONITORINGOV ODPADNIH VODA IZ INDUSTRIJE Z INŽENIRSKIMI NORMATIVI

## A SURVEY COMPLIANCE OF INDUSTRIAL WASTE WATER MONITORING RESULTS WITH ENGINEERING STANDARDS

**doc. dr. Darko Drev, univ. dipl. inž. kem. tehnol.**  
Inštitut za vode RS, Hajdrihova 28 c, 1000 Ljubljana  
**izred. prof. dr. Jože Panjan, univ. dipl. inž. grad.**  
UL FGG Ljubljana, Jamova 2, Ljubljana

**Znanstveni članek**  
UDK: 504.064:628.3

**Povzetek** | Obratovalni monitoringi odpadnih voda prikažejo realno sliko onesnaževanja v času izvajanja meritev, če zajamejo vse emisije snovi in toplote v vode iz industrijskega obrata, ki ga kontroliramo. Pri tem moramo upoštevati, da lahko prikaže monitoring realno stanje le za čas izvajanja meritev. To pomeni, da ni nujno, da smo v času izvajanja meritev zajeli vse emisije snovi in toplote v vode. Še večja napaka pa lahko nastane, če le nekaj naključno izbranih meritev upoštevamo pri izračunu letnega onesnaževanja. Vsaka občasna meritev bi morala biti izbrana skrbno glede na tehnološki postopek. Vse občasne meritve morajo biti reprezentativne tako, da čim boljše zajamejo realno letno stanje. Do reprezentativnih vzorcev lahko pridemo na podlagi zelo dobrega poznavanja tehnoloških procesov v obratu in iz tega izvirajočih emisij ali pa na podlagi predhodnih obsežnih meritev in statistične obdelave podatkov. V raziskavi smo primerjali rezultate letnih monitoringov in emisij snovi in toplote na podlagi uporabljenih tehnologij. Pri nekaterih industrijskih objektih smo ugotovili velika neskladja, pri drugih pa dobro ujemanje rezultatov.

**Summary** | Monitoring of the industrial facility's waste water outflows produces realistic and comprehensive results only when all material and heat emissions are measured. The fact that monitoring can show the real state only during the measurement time should also be considered because it is possible that during measurements not all material and heat emissions were taken into account. It is even worse if only some random chosen measurements are considered in the calculation of annual pollution. So every periodic measurement should be chosen with great care regarding technological process. In addition, in order to avoid making false conclusions, the interpretation of the results must take into account sampling inconsistencies that the applied monitoring methodology produced. Furthermore, the exact technological processes active in the industrial facility at the time of the measurement must be accounted for as well. This requires the person in charge of the monitoring to either possess strong technological expertise or, alternatively, it requires an extensive series of measurements coupled with advanced statistical analysis of the results. In this paper, we analyze a series of cases of industrial facility waste water and heat emissions monitoring, where the underlying technological processes varied. We have found out that failure to account for all of the intricacies of the measurement process or the underlying variations in technological processes can in some cases lead to extremely misinterpreted results.

## 1 • UVOD

Vsi večji industrijski onesnaževalci odpadnih voda so zavezanci za izvajanje obratovalnih monitoringov. Način in obseg obratovalnih monitoringov je opredeljen z več deset podzakonskimi akti Zakona o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 32/93, 41/04, 20/06, 39/06, 70/08). Glavna podzakonska akta, ki definirata zahteve glede obratovalnih monitoringov, sta Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda ter o pogojih za njegovo izvajanje (MOP, 2007a) in Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (MOP, 2005a). Poleg teh osnovnih uredb pa je še več deset specifičnih uredb, ki obravnavajo različne vrste industrije. Kriteriji v teh uredbah so praviloma nekoliko milejši kot v (MOP, 2005a). Na primer za živilsko industrijo je treba upoštevati Uredbo o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadne vode iz obratov za proizvodnjo živil živalskega izvora in predelovalnih obratov živalskih stranskih proizvodov (MOP, 2007b).

Obratovalni monitoringi so namenjeni kontroli emisije snovi in toplote v vode. Izvajajo jih akreditirani laboratoriji, ki izpolnjujejo predpisane kriterije. Za izvajanje obratovalnih monitoringov je glavna zahteva, da se uporabljajo ustrezne metode za odvzem vzorcev, terenskih meritev ter laboratorijskih preiskav. Zagotovljena mora biti tudi ustrezna izobrazba izvajalcev obratovalnega monitoringa. Poskrbljeno mora torej biti, da imamo »natančno puško in dobrega strelca«. Če strelec meri v pravo tarčo, pa ni tako pomembno. Zato obstaja velika možnost, da kljub zelo kvalitetnim posameznim meritvam ne dobimo realnega letnega povprečja. To pomeni, da lahko letna poročila o izvajanju obratovalnih monitoringov bistveno odstopajo od realnega stanja. Vzroka za odstopanje od realnega stanja sta naslednja:

- na odvzemnem mestu ne zajamemo celotnega onesnaževanja,
- občasne meritve ne prikazujejo realnega letnega povprečja.

Povsem realne rezultate dobimo s kontinuiranimi meritvami na kanalu, ki zajame vse odpadne vode v industrijskem obratu. Do dobrega približka realnemu stanju lahko pridemo tudi z velikim številom občasni meritev. Če pa želimo le z nekaj občasni meritvami zajeti čim realnejše stanje preko celega leta,

parameter	enote	klavnica	predelava mesa
KPK	mg O <sub>2</sub> /l	2000–8000	1000–4000
BPK <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	1000–4000	500–2000
N <sub>cel</sub>	mg N/l	150–500	50–120
P <sub>cel</sub>	mg P/l	15–50	10–35
masti in olja	mg/l	500–2500	200–800
AOX	mg/l	0,02–0,1	0,02–0,1

Preglednica 1 • Pričakovane obremenitve odpadnih voda iz klavnic in predelave mesa ((ATV, 2000), (UBA, 1999))

	ATV		BAT	
	prašiči	govedo	prašiči	govedo
količina vode	0,1–0,25 m <sup>3</sup> /žival	0,4–0,7 m <sup>3</sup> /žival	1,6–6 m <sup>3</sup> /t živali	1,62–9 m <sup>3</sup> /t živali
KPK	1400–2200 mg O <sub>2</sub> /l	1860–3480 mg O <sub>2</sub> /l	3,22–10 kg O <sub>2</sub> /t živali	4–40 kg O <sub>2</sub> /t živali
BPK <sub>5</sub>	240–750 mg O <sub>2</sub> /l	1500–3250 mg O <sub>2</sub> /l	2,14–10 kg O <sub>2</sub> /t živali	1,8–28 kg O <sub>2</sub> /t živali

Preglednica 2 • Specifične količine in obremenitve odpadnih voda iz klavnic in predelave mesa (ATV, 2000), (BAT = Best Available Technology)

	ATV		BAT	
	prašiči	govedo	prašiči	govedo
količina vode	0,1–0,25 m <sup>3</sup> /žival	0,4–0,7 m <sup>3</sup> /žival	1,6–6 m <sup>3</sup> /t živali	0,8 m <sup>3</sup> /žival
KPK	1400–2200 mg O <sub>2</sub> /l	1860–3480 mg O <sub>2</sub> /l	322–1000 mg O <sub>2</sub> /l	2000–20.000 mg O <sub>2</sub> /l
BPK <sub>5</sub>	240–750 mg O <sub>2</sub> /l	1500–3250 mg O <sub>2</sub> /l	214–1000 mg O <sub>2</sub> /l	900–14.000 mg O <sub>2</sub> /l

Preglednica 3 • Preračunana vrednosti iz preglednice 2. Pri preračunu smo upoštevali povprečno težo goveda – 500 kg, in povprečno težo prašiča – 100 kg (MOP, 1996).

morajo biti te meritve skrbno izbrane. Skrben izbor lahko bazira na:

- statističnem izboru reprezentativnih vzorcev na podlagi predhodnih obsežnih preiskav ali
- na podlagi zelo dobrega poznavanja tehnoloških procesov v obratu.

Predpisi, na podlagi katerih se izvajajo obratovalni monitoringi, ne upoštevajo tega, temveč enostavno določijo število in vrsto vzorcev glede na količino odpadne vode. S takšnim pristopom lahko bistveno zgrešimo namen obratovalnega monitoringa. Če na primer v obratu za galvanizacijo, ki ima letno

	enota	vrednost
KPK	mg O <sub>2</sub> /l	25–125
BPK <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	10–40
neraztopljen snovi	mg/l	5–60
celokupni dušik	mg/l	15–40
celokupni fosfor	mg/l	2–5
usedljive snovi	mg/l	2,6–15

Preglednica 4 • Minimalna emisija snovi v odpadne vode po BAT iz klavnic in predelav mesa (EC, 2006)



domača žival žive teže	GVZ/žival	povprečna teža (kg)
krave oziroma telice, 500 kg	1,0	500
goveji pitanci in voli	1,0	500
biki	1,4	700
teleta, pitanci	0,4	200
mlado govedo, 1–2 leti	0,7	350
teleta	0,15	75
konji	1,2	600
žrebeta	0,5	250
ovce in koze	0,1	50
plemenske svinje	0,34	170
plemenski merjasci	0,34	170
prašičji pitanci	0,13	65
tekači	0,032	15,5
pujski	0,007	3,5
perutnina	0,005	2,5

Preglednica 5 • Teža posamezne vrste domače živali ter število GVZ na posamezno žival

vrsta obremenitve	vsebnost	sveže mleko	nadaljnja predelava	
			povprečje	obseg
hladilne vode	m <sup>3</sup> /1000 l mleka			2,0–4,0
odpadne vode	m <sup>3</sup> /1000 l mleka	1,0	2	0,5–5,0
BPK <sub>5</sub>	m <sup>3</sup> /1000 l mleka	0,1–2,5	2,5	0,3–5,0
BPK <sub>5</sub>	mg/l	100–2500	1250	1–50.000
BPK <sub>5</sub> /KPK			0,69	0,35–0,9

Preglednica 6 • Obremenitve, ki nastanejo v fazi predelave mleka (GTZ, 1984)

parameter	enota	vrednost
količina odpadne vode	m <sup>3</sup> /1000 kg mleka	0,8–2
BPK <sub>5</sub> – obremenitev	kg BPK <sub>5</sub> /1000 kg	0,8–2,0
BPK <sub>5</sub> – koncentracija	mg O <sub>2</sub> /l	500–2000
BPK <sub>5</sub> /KPK	–	1,3–2,2
TKN – Kjeldahl	mg N/l	30–50
N – NO <sub>3</sub>	mg N/l	20–130
BPK <sub>5</sub> /TKN	–	12–20
BPK <sub>5</sub> /cel. dušik	–	3–14
P – celokupni	mg P/l	10–100
lipofilne snovi	mg/l	20–250
usedljive snovi	ml/l	1–2

Preglednica 7 • Podatki o obremenjevanju odpadne vode iz mlekarn (ATV, 2000)

5000 m<sup>3</sup> odpadne vode, odvezamo le en vzorec letno, bomo zadostili predpisom. Ker pa v tem obratu izvajajo dva tehnološka postopka (kromiranje in nikljanje), lahko z enim vzorcem zajamemo le eno tehnologijo. Podobna tedenska in letna nihanja količine in obremenitve odpadnih voda so lahko tudi v živilskopredelovalni industriji.

V tem članku smo se omejili le na odpadne vode iz klavnic in mlekarn, kar pa ne pomeni, da ugotovitve ne veljajo za vse industrijske onesnaževalce.

Če pogledamo tehnološki postopek običajne klavnice in predelave mesa, lahko ugotovimo velika dnevna, tedenska in letna nihanja onesnaževanja voda. Na primer v času klavnja, ki traja običajno le nekaj dni v tednu, nastajajo veliko večje količine zelo obremenjenih odplak kot v času predelave (preglednice 1 do 5).

Pri obravnavanih klavnicah so zagotovljeni le najosnovnejši postopki mehanskega čiščenja odpadnih voda (sedimentacijsko-flotacijske naprave), saj odtekaajo odpadne vode po predhodnem čiščenju v javne kanalizacijske sisteme, ki se zaključujejo s komunalnimi čistilnimi napravami. Podobno velja tudi za odpadne vode iz obravnavanih mlekarn.

Pri predelavi mleka nastanejo velike količine zelo obremenjenih odpadnih voda. Razlog za to je osnovna surovina – mleko, ki povzroča veliko obremenitev voda. Z uporabo modernih tehnologij za predelavo mleka se bistveno zmanjša količina in obremenjenost odpadnih voda. Obremenjevanje voda zaradi predelave mleka je različno glede na tehnološko fazo in vrsto tehnologije (preglednici 6 in 7).

V mlekarni nastanejo velike količine obremenjenih odpadnih voda zaradi čiščenja polnilnih linij. Če poteka postopek polnitve nepretrgano več dni, ni potrebe po pranju in dezinfekciji polnilne linije. Pranje in dezinfekcija polnilne linije sta namreč potrebna po vsaki prekinitvi in ponovnem zagonu polnilne linije. Pogoste prekinitve in ponovni zagoni imajo velik vpliv na količino in obremenjenost odpadnih voda v vseh proizvodnih procesih. Zato je dobra organizacija proizvodnje ena izmed temeljev za čim manjše onesnaževanje okolja. Nič nam ne pomaga, če imamo najboljšo razpoložljivo tehnologijo, če ne znamo organizirati in voditi proizvodnje.

Iz navedenih podatkov je razvidno, da lahko nastanejo v proizvodnih obratih zelo različne količine in obremenitve odpadnih voda. To je odvisno od konkretnega tehnološkega postopka v določenem obratu in načinu obratovanja.

## 2 • METODE

Pri raziskavi smo zajeli vse večje industrijske onesnaževalce v Sloveniji, ki so zavezanci za izvajanje obratovalnih monitoringov odpadnih voda.

Pregledali smo njihovo onesnaževanje v obdobju 2000–2007 z vidika letnih poročil obratovalnih monitoringov odpadnih voda, njihovih tehnologij in obsega letnih proizvodenj.

Najobsežnejši del raziskave je obsegal zbiranje podatkov o tehnoloških postopkih z

vidika normativnih vrednosti onesnaževanja okolja (ATV, VDI in BAT).

V članku smo se omejili le na klavnice in mlekarne. Vendar pa je tudi na tem področju nekaj deset obratov, ki se ukvarjajo s to dejavnostjo in so zavezanci za izvajanje obratovalnega monitoringa.

Za potrditev svoje teze smo izbrali tri klavnice in mlekarne, ki so dovolj velike, da je možna primerjava z normativi ATV, VDI in BAT. Pri

majhnih, slabo opremljenih obratih je stanje še bistveno slabše. Pri polovici od obravnavanih industrijskih objektov smo sodelovali pri neposrednem izvajanju obratovalnih monitoringov in pri pisanju letnih poročil.

Vsi preskusi v okviru obratovalnih monitoringov so se izvajali po akreditiranih metodah, ki so predpisane v pravilniku. Uporabljeni podatki so sestavni deli letnih poročil o izvajanju obratovalnih monitoringov.

Pri podajanju rezultatov raziskav smo se omejili na leto 2005, s tem da smo za mlekarne št. 1 prikazali tudi mesečne emisije KPK in BPK<sub>5</sub> za obdobje 2005–2009.

## 3 • PREISKAVE

Pri vseh treh obravnavanih klavnica poteka klanje in predelava mesa. Klanje poteka nekaj delovnih dni v tednu, ostale dni pa se vrši predelava mesa. V sobotah in nedeljah potekajo v glavnem le nekateri postopki predelave. Vse tri obravnavane klavnice imajo čistilne naprave za predhodno čiščenje odpadnih voda na bazi sedimentacijsko-flotacijskega postopka. Ena izmed obravnavanih klavnic pa ima še biološko stopnjo čiščenja. Pri ostalih klavnica se vrši dokončno čiščenje odpadnih voda na komunalnih čistilnih napravah. Podatki so prikazani v preglednicah 8 do 11.

Pri klavnici 1 so prisotna nekatera neskladja med rezultati obratovalnega monitoringa in izračunanimi vrednostmi na podlagi normativov ATV. Letna količina odpadne vode, ki je navedena v obratovalnem monitoringu, in izračunana vrednost na podlagi normativov ATV se ujemata. Pri vrednostih KPK in BPK<sub>5</sub> pa prihaja do znatnega odstopanja pri odplaki iz klavnice, medtem ko je pri predelavi mesa zelo dobra skladnost. Pri obeh odplakah je veliko odstopanje pri količini težkohlapnih lipofilnih snovi in AOX. To je v glavnem posledica mehanske flotacijsko-sedimentacijske čistilne naprave, ki odstrani precejšnji delež teh snovi. Vrednosti ATV v preglednici flotacijsko-sedimentacijskega postopka ne upošteva. Če pa bi vzeli vrednosti ATV po flotacijsko-sedimentacijskem postopku, bi dobili vse vrednosti bistveno nižje. Pri nobeni od klavnic namreč ne deluje popolni flotacijsko-sedimentacijski postopek, saj se ne dodajajo flokulanti.

	povprečje	min	max	letne količine	izračun ATV
				<b>10.200 m<sup>3</sup>/leto</b>	<b>10.331 – 18.080 m<sup>3</sup>/leto</b>
nerazt. sn. (mg/l)	457	310	630	/	
used. sn. (ml/l)	3,85	3,5	4,5	4663 kg	
KPK (mg O <sub>2</sub> /l)	1419,6	1120	1600	14.480 kg	20.400 kg/leto
BPK <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	832,0	530	1100	8487 kg	10.200 kg/leto
AOX (mg/l)	0,0918	0,083	0,99	1 kg	204 kg/leto
amonijev dušik (mg N/l)	8,0	6,4	9,1	81 kg	
težkohlapne lip.s. (mg/l)	120,6	88,5	164,8	1230 kg	5100 kg/leto

Preglednica 8 • Emisije v vode iz klavnice 1 v letu 2005 (zakol 17.185 govedi, 2.203 telet, 25.179 svinj, 150 konj in 63 žrebet) v primerjavi z normativi ATV

	povprečje	min	max	letne količine	ATV
količina odpadne vode				12.744 m <sup>3</sup>	
nerazt. sn. (mg/l)	437	190	700	5565 kg	
used. sn. (ml/l)	4,27	2,5	6,0	/	
KPK (mg O <sub>2</sub> /l)	2033	1150	2650	25.913 kg	25.488 kg/leto
BPK <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	877	450	1500	11.172 kg	12.744 kg/leto
AOX (mg/l)	0,62	0,26	0,90	8 kg	254 kg/leto
amonijev dušik (mg N/l)	4,2	3,8	5,0	54 kg	
težkohlapne lip. s. (mg/l)	20,5	7,1	43,5	262 kg	2549 kg/leto

Preglednica 9 • Emisije v vode iz predelave v klavnici 1 v letu 2005 v primerjavi z normativi ATV

	povprečje	min	max	letne količine	ATV
<b>količina odpadne vode</b>				<b>30.921 m<sup>3</sup>/leto</b>	<b>10.000–25.000 m<sup>3</sup>/leto</b>
nerazf. sn. (mg/l)	671,3	470	780	20.758 kg	
used. sn. (ml/l)	3,67	2,0	6,5	/	
KPK (mg O <sub>2</sub> /l)	1973	1600	2350	61.017 kg	61.842
BPK5 (mg O <sub>2</sub> /l)	1023	720	1450	31.642 kg	30.921
AOX (mg/l)	0,37	0,27	0,50	12 kg	618
celotni fosfor (mg P/l)	17,37	12,4	20,0	537 kg	
amonijev dušik (mg N/l)	18,70	17,1	19,5	578 kg	
težkohlapne lip. s. (mg/l)	87,7	39,0	170	2705 kg	15.460

Preglednica 10 • Emisije v vode iz klavnice 2 v letu 2005 (zakol 100.000 prašičev l) v primerjavi z normativi ATV

	povprečna	min	max	kg/leto	ATV
<b>količina odpadne vode</b>				<b>61.921 m<sup>3</sup></b>	<b>15.000–37.500 m<sup>3</sup></b>
nerazf. sn. (mg/l)	10	10	10	310	
used. sn. (ml/l)	0,1	0,1	0,1	/	
KPK (mg O <sub>2</sub> /l)	30	22	46	1370	3000
BPK5 (mg O <sub>2</sub> /l)	4,0	3	7	196	15.000
AOX (mg/l)	0,29	0,02	0,89	18	300
celotni fosfor (mg P/l)	2,0	2,0	6,02	124	
celotni vezani dušik (mg N/l)	9,3	5,0	17,0	573	
amonijev dušik (mg N/l)	2,0	1,0	4,0	85	
težkohlapne lip. s. (mg/l)	5,0	3,0	20,0	155	7500

Preglednica 11 • Emisije v vode iz klavnice 3 v letu 2005 (zakol 150.000 prašičev) v primerjavi z normativi ATV

parameter	enota	ATV	ATV (83.851.555 l)	letno poročilo 2005
<b>količina odp. vode</b>	<b>m<sup>3</sup>/1000 l mleka</b>	<b>0,8–2</b>	<b>67.081–167.702 m<sup>3</sup></b>	<b>281.200 m<sup>3</sup></b>
BPK <sub>5</sub>	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	0,5–2	42.926–167.702 m <sup>3</sup>	266.609 kg
KPK	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	0,65–4,4	54.503–368.944 kg	393.026 kg
KPK/BPK <sub>5</sub>		1,3–2,2		1,47
TKN – Kjeldahl	g N/m <sup>3</sup>	30–50	2516–4193 kg	11.605 kg
N – NO <sub>3</sub>	g N/ m <sup>3</sup>	20–13	1677–10.901 kg	
P – celokupni	g P/m <sup>3</sup>	10–100	839–8395 kg	3458 kg
lipofilne snovi	g/m <sup>3</sup>	20–250	1677–20.963 kg	36.437 kg
usedljive snovi	ml/l	1–2	83.852–167.703 l	500.536 l
vrednost pH		9–10,5		6,9

Preglednica 12 • Emisije v vode iz mlekarne 1 v letu 2005 (predelava mleka 83.851.555 l) v primerjavi z normativi ATV

Pri klavnici 2 lahko ugotovimo dobro skladnost pridobljenih rezultatov na podlagi obratovalnega monitoringa in izračunanimi vrednostmi na podlagi normativov ATV. Odstopata samo vsebnost težkohlapnih lipofilnih snovi in AOX, ki se v veliki meri odstranita na mehanski flotacijsko-sedimentacijski čistilni napravi.

Rezultati obratovalnega monitoringa odpadne vode v klavnici 3 so neustrezni, saj v celoti odstopajo od tehnoloških normativov. Pri zakolu 150.000 prašičev ne bi smela nastati tako velika količina odpadne vode. Nizke vrednosti KPK in BPK5 so verjetno posledica mehanskega in biološkega čiščenja ali pa neustreznega monitoringa. V obratovalnem monitoringu piše, da ima klavnica mehansko in biološko stopnjo čiščenja. Tako nizke izmerjene vrednosti so nenavadne tudi za biološke čistilne naprave, posebno še, ker je voda relativno slabo razgradljiva. Razmerje KPK/BPK<sub>5</sub> je neugodno. Pri obratovalnem monitoringu so od štirih meritev izmerili trikrat prekoračeno vsebnost AOX ter enkrat prekoračeno vrednost strupenosti za vodne bolhe.

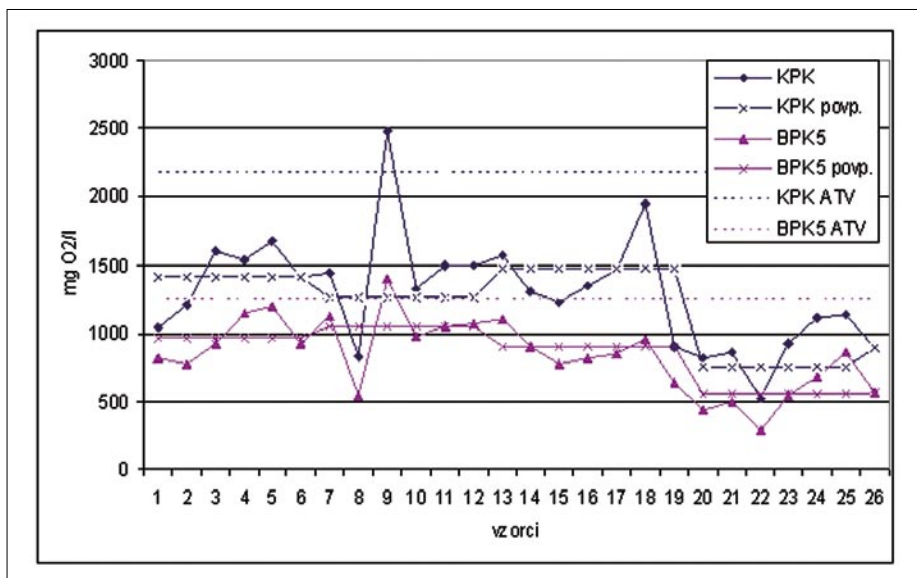
Nobena od treh obravnavanih mlekarne ni imela leta 2005 ustrezne stopnje predhodnega čiščenja. V mlekarne 1 so ustrezno stopnjo predhodnega čiščenja postavili lansko leto, v mlekarne 2 jo nameravajo postaviti letos, v mlekarne tri pa jo šele načrtujejo (preglednica 12).

Rezultati obratovalnega monitoringa v mlekarne 1 so za leto 2005 skladni z izračunanimi vrednostmi na podlagi normativov ATV. Nekoliko prekoračene so le težkohlapne lipofilne snovi in vrednost pH.

Povišane vrednosti težkohlapnih lipofilnih snovi pri obratovalnem monitoringu za leto 2005 so posledica neustreznega predhodnega čiščenja. V letu 2008 so postavili ustrezno čistilno napravo za predhodno čiščenje, ki je bistveno znižala vsebnost težkohlapnih lipofilnih snovi in tudi KPK in BPK<sub>5</sub>. To je razvidno s slike 1. Zadnji vrednosti za KPK in BPK<sub>5</sub> na sliki sta iz preiskave februarja 2009.

Pri mlekarne 2 je dosežena popolna skladnost izmerjenih vrednosti iz letnega poročila o obratovalnem monitoringu odpadne vode in izračunanih vrednostmi na podlagi normativov ATV (preglednica 13).

Pri mlekarne 3 je relativno slaba skladnost letnega poročila o obratovalnem monitoringu odpadne vode s preračunanimi vrednostmi na podlagi normativov ATV (preglednica 14). V letnem poročilu je za 20–30 % večja količina odpadne vode, kot bi jo pričakovali na podlagi normativov ATV. Za približno takšna deleža sta tudi večja KPK in BPK<sub>5</sub>. Še nekoliko večja



od pričakovane pa je količina težkohlapnih lipofilnih snovi (masti in olja). Vzrok za to je odsotnost ustrezne stopnje predhodnega čiščenja. Čeprav smo ugotovili pri mlekarni 3 določeno neskladje med letnim poročilom in normativi ATV, smo mnenja, da predstavlja letni monitoring realno stanje. Takšni rezultati so pričakovani glede na stanje tehnologije in načina vodenje proizvodnje. Normativi ATV in BAT namreč veljajo za relativno moderno tehnologijo in ustrezno vodenje proizvodnje.

Slika 1 • Prikaz izmerjenih KPK in BPK<sub>5</sub> za posamezne meritve, letna poprečja ter izračunanega povprečja KPK in BPK<sub>5</sub> iz normativa ATV za obdobje 2005–2009

parameter	enota	ATV	ATV 61.300.000 l mleka	letno poročilo 2005
količina odpadne vode	m <sup>3</sup> /1000 l mleka	0,8–2	49.040–122.600 m <sup>3</sup>	77.102 m <sup>3</sup>
BPK <sub>5</sub>	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	0,5–2	30.650–122.600 m <sup>3</sup>	56.729 kg
KPK	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	0,65–4,4	39.845–269.720 kg	96.915 kg
KPK / BPK <sub>5</sub>		1,3–2,2		1,7
TKN – Kjeldahl	g N/ m <sup>3</sup>	30–50	1839–3065 kg	3095 kg
N – NO <sub>3</sub>	g N/m <sup>3</sup>	20–130	1226–7969 kg	
P – celokupni	g P/m <sup>3</sup>	10–100	613–6130 kg	1008 kg
lipofilne snovi	g/m <sup>3</sup>	20–250	1226–15.325 kg	12.182 kg
usedljive snovi	ml/l	1–2	61.300–122.600 l	901.600 l
vrednost pH		9–10,5		6

Preglednica 13 • Emisije v vode iz mlekarnar 2 v letu 2005 (predelava mleka 61.300.000 l) v primerjavi z normativi ATV

parameter	enota	ATV	ATV 152.976.903 l mleka	letno poročilo 2005
količina odpadne vode	m <sup>3</sup> /1000 l mleka	0,8–2	122.382–305.954 m <sup>3</sup>	398.936 m <sup>3</sup>
BPK <sub>5</sub>	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	0,5–2	76.488–305.954 kg	463.295 kg
KPK	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	0,65–4,4	99.435–673.099 kg	1.349.967 kg
KPK/BPK <sub>5</sub>		1,3–2,2		2,9
TKN – Kjeldahl	g N/ m <sup>3</sup>	30–50	4589–7649 kg	32.559 kg
N – NO <sub>3</sub>	g N/m <sup>3</sup>	20–130	3059–19.887 kg	120 kg
P – celokupni	g P/m <sup>3</sup>	10–100	1529–15.297 kg	6895 kg
lipofilne snovi	g/m <sup>3</sup>	20–250	3059–38.244 kg	107.555 kg
usedljive snovi	ml/l	1–2	152.977–305.954 l	366.540 l
vrednost pH		9–10,5		9,2

Preglednica 14 • Emisije v vode iz mlekarnar 3 v letu 2005 (predelava mleka 152.976.903 l) v primerjavi z normativi ATV

## 4 • REZULTATI IN DISKUSIJA

Pri klavnicah smo ugotovili precejšnja neskladja med letnimi količinami in obremenitvami odpadnih voda, ki smo jo dobili iz normativov ATV in letnih poročil obratovalnih monitoringov. Največje neskladje smo ugotovili pri klavnici 3. Rezultati takšnega monitoringa so povsem neuporabni. Pri klavnicah 1 in 2 pa so rezultati v mejah pričakovanj glede na obstoječi način izvajanja obratovalnih monitoringov. To ne pomeni, da smo lahko z rezultati povsem zadovoljni. Pomeni pa, da smo »streljali« v pravo tarčo.

Rezultati obratovalnih monitoringov pri vseh treh mlekarnah so bistveno skladnejši z normativi ATV. Razlog za to je večje število izvedenih meritev ter delno tudi dvojna kontrola obremenjevanja odpadnih voda. Pri vseh mlekarnah predstavljajo stroški za čiščenje odpadne vode velike finančne postavke za upravljavce čistilnih naprav. Zato so zainteresirani za čim večje vrednosti KPK in BPK<sub>5</sub>. Upravljalci KČN tudi sami merijo obremenitve iz mlekarn na dotoku odpadnih voda v javno kanalizacijo ali pa na pritoku kanalov z odpadnimi vodami iz mlekarn na čistilne naprave. Obravnane vode iz mlekarn so zato med najbolj kontroliranimi industrijskimi odplakami. Zato ni čudno, da obstaja relativno dobra skladnost med rezultati monitoringov in izračunanimi vrednostmi na podlagi normativov ATV. Nekoliko večje vrednosti obratovalnega monitoringa pri

mlekarni 3 od normativov ATV so pričakovane. V tej mlekarni je najbolj zastarela tehnologija od vseh treh mlekarn. Normativi ATV in BAT veljajo za relativno moderne tehnologije. V verodostojnost obratovalnega monitoringa lahko podvomimo takrat, ko dobimo na zastareli tehnologiji bistveno ugodnejše rezultate, kot jih dopuščajo normativi ATV in BAT.

Rezultati raziskave kažejo na to, da ne moremo pri tehnoloških odpadnih vodah iz industrije v celoti zaupati rezultatom obratovalnih monitoringov. Kadar je izvedeno večje število meritev in po možnosti še dvojna kontrola, dobimo relativno dobro skladnost med rezultati monitoringov in izračunanimi vrednostmi na podlagi inženirskih normativov (ATV, VDI, BAT). Rezultati obratovalnih monitoringov pa se lahko bistveno razlikujejo od realnega stanja in so zato povsem neuporabni. V takšnih primerih je bolje upoštevati izračunane vrednosti na podlagi normativov.

Projektanti običajno bolj verjamemo inženirskim normativom kot pa obratovalnim monitoringom. Izhajamo iz tehnoloških postopkov ter vrste in obsega proizvodnje. Pri projektiranju komunalnih čistilnih naprav upoštevamo primarno inženirski normativ (1 PE = 60 BPK<sub>5</sub>/dan), šele nato monitoringe o količini in obremenjenosti odpadne vode v kanalizaciji.

Obratovalne monitoringe odpadnih voda, ki se izvajajo na podlagi obstoječih predpisov,

je treba obravnavati kot precej natančne, ampak zelo nezanesljive podatke. Država skrbi za akreditacijo izvajalcev monitoringov zato, da imamo »natančne puške in dobre strelce«. Ni pa zanesljivo, da »streljajo« v prave tarče. Zato je prav, da obratovalne monitoringe primerjamo tudi z izračunanimi vrednostmi na podlagi inženirskih normativov (ATV, VDI, BAT).

Pri raziskavi smo ugotovili velika neskladja med rezultati monitoringov in izračunanimi podatki na podlagi proizvodnje pri vsaj 30 % zavezanecov za izvajanje obratovalnega monitoringa odpadnih voda. Na primer za eno izmed velikih kemičnih tovarn smo ugotovili, da je vrednost enega izmed problematičnih parametrov za 400 % nižja od pričakovane vrednosti po BAT. Podoben primer je tudi obravnavana klavnica 3, pri kateri je monitoring povsem zgrešen.

Nerealni rezultati monitoringa so posledica interesa onesnaževalcev, da prikažejo čim manjše obremenitve, ter preslabo definiranega načina izvedbe. Popolnoma pravilno je, da lahko izvajajo monitoringe samo akreditirani laboratoriji. Na ta način je zagotovljena ustrezna natančnost meritev. Zagotoviti je treba tudi reprezentativnost vzorcev glede na dnevno, tedensko in letno onesnaževanje. To pa je možno na podlagi poznavanja tehnoloških postopkov in poteka proizvodnje. Vsako letno poročilo bi moralo vsebovati kot prilogo podroben opis tehnologije z dnevnikom proizvodnje. Za referenčnost vzorcev bi morali biti zadalženi tehnologi, za pravilnost in natančnost izvedenih meritev pa analitiki.

## 5 • LITERATURA

ATV, Handbuch, Industrieabwasser Lebensmittelindustrie, 4. Auflage, Ernst & Sohn, 2000.

Balannec, B., Gesan-Guizion, G., Chaufer, B., Rabiller-Baudry, M., Daufin, G., Treatment of dair process waters by membrane operations for water reuse and milk constituents concentration, Elsevier Science, 2002.

BMLF, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Gesetzliche Begrenzung für Abwasseremissionen aus der Schlachtung und Fleischverarbeitung, BGBl. II. Nr.12/1999, BMLF IV/2A/HEFLER, 1999.

EC, European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries, avgust 2006.

Gray, N. F., Water Technology, Arnold, 1999.

GTZ, Deutsche Gesellschaft für technische Zusammenarbeit GmbH, Abwasser-technologie, Springer-Verlag, 1984.

Luckert, K., Handbuch der mechanischen Fest – Flüssig – Trennung, Vulkan-Verlag GmbH, 2005.

MOP, Ministrstvo za okolje in prostor, Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda ter o pogojih za njegovo izvajanje, Uradni list RS, št. 74, 2007a.

MOP, Ministrstvo za okolje in prostor, Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo, Uradni list RS, št. 47, 2005a.

MOP, Ministrstvo za okolje in prostor, Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo, Uradni list RS, št. 47, 2005b.

MOP, Ministrstvo za okolje in prostor, Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadne vode iz obratov za proizvodnjo živil živalskega izvora in predelovalnih obratov živalskih stranskih proizvodov, Uradni list RS, št. 45, 2007b.

MOP, Ministrstvo za okolje in prostor, Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla, Uradni list RS, št. 68, 1996.

UBA, Umwelt Bundes Amt für Mensch und Umwelt, Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung, BVT Merkblatt zu Tierschlachthanlagen/Anlagen zur Verarbeitung von tierischen Nebenprodukten (VTN), mit asgewählten Kapiteln in deutsche Übersetzung, 2003.

# PRIPOMBE K ČLANKU E. SCHWARZBARTLA, A. RAKARJA IN J. PANJANA: DOLOČANJE PRIORITET OBNOVE KANALIZACIJSKEGA OMREŽJA PO METODI MINIMALNEGA TVEGANJA

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

Navedeni namen tega znanstvenega članka v majski številki Gradbenega vestnika je predstavitev metode določanja prioritete obnove kanalizacijskega omrežja po metodi minimalnega tveganja. Vendar se mi kot praktiku že ob samem naslovu članka porajajo naslednja vprašanja: »Minimalno tveganje česa? Posledic pomanjkanja strokovnega znanja in izkušenj? Preprečevanja nestrokovnih odločitev ter nesmiselnih investicij? Minimalnega tveganja ob nepriznavanju strokovne in politične odgovornosti? Torej naj bi po predlogu avtorjev članka v prihodnosti (namesto izkušenih strokovnjakov) odločala posebna metoda statistične računalniške obdelave podatkov o prioritetah obnove, narekovala obseg ter način obnove kakor tudi '... z ustrežno programsko opremo ...' omogočala '... ne dovolj specializiranim kadrom ...' minimalno tveganje glede strokovne ter politične (ne)odgovornosti obnove kanalizacijskih omrežij?«

Osnovna naloga kanalizacijskih omrežij je nedvomno zbiranje ter odvajanje odpadnih voda iz zazidalnih in za zazidavo predvidenih področij. Pri stalnem hitrem širjenju zazidalnih področij smo gradbeniki, ki se ukvarjamo z načrtovanjem ter obratovanjem kanalizacijskih omrežij, redno postavljeni pred dejstvo, da se morajo obstoječa kanalizacijska omrežja (ne glede na njihovo hidravlično zmogljivost) obsežno širiti (praviloma v najneugodnejših smereh). Torej moramo redno, naknadno in za vsako ceno reševati posledice komunalno-političnih odločitev. Poleg tega se tudi dejanski odtoki s teh površin glede na utrjenost površin ter intenziteto padavin količinsko stalno višajo. Torej povzročajo in diktirajo delno obnovo omrežja naslednji glavni vzroki:

- večinoma nezadostna hidravlična zmogljivost določenih odsekov obstoječega omrežja za dodatne količinske obremenitve s prekomerno utrjenih obstoječih ali novo priključenih področij,
- neustrezna izvedba stikanja ter posledična nevodotesnost stikov cevi in objektov iz starejših obdobj gradnje omrežij,
- obnova mehansko-kemičnih poškodb neustreznih in nepravilno vgrajenih kanalov (na primer v slabo nosilnih barjanskih tleh) ter
- končno v skupnem obsegu še daleč najmanj potrebna obnova omrežja zaradi staranja oziroma pretekle življenjske dobe kanalov (nekoliko provokativno: v Celju je še pred 50 leti obratoval glavni opečni zbiralnik iz rimskih časov!).

V članku so se nadalje (kot bistveni sestavni del kanalizacijskega omrežja) povsem zanemarili tudi hišni priključki. Po nemških statističnih podatkih je v povprečju skupna dolžina (privatnih) hišnih priključkov enaka od 2- do 4-kratni skupni dolžini pripadajočega javnega kanalizacijskega omrežja. Po istih podatkih deluje nepravilno vsaj vsak drugi hišni priključek. Torej so ti (v članku neupoštevani) večinoma privatni hišni priključki daleč največji onesnaževalci okolja ter hudi proizvajalci tujih voda. Pri določanju prioritete obnove omrežij morajo zatorej hišni priključki nedvomno zasedati prva mesta.

Stroški redko potrebne, izključne »starostne« obnove javnih omrežij so torej le nebstveni deli celotnih investicij in obratovalnih stroškov. Temu nasprotno zahtevajo širitve zazidalnih področij, zviševanje hidravličnih zmogljivosti ter sanacije mehanskih poškodb kanaliza-

cijskih omrežij, znatno višji delež skupnih (investicijskih ter obratovalnih) sredstev. Pretežni del sanacij kanalskih omrežij predstavljajo praviloma namreč točkovna popravila (tesnjenje spojk, nanos površinske zaščite cevi itd.) in le redko zamenjave starostno dotrajanih kanalov.

Prvenstveno zahtevajo gradnje ter obratovanja javnih omrežij ustrezno strokovno izdelane skupne koncepte in ustrezne projektne dokumentacije, saj so kanalizacijska omrežja »živahne« in strokovno zelo zahtevne naprave, ki se morajo stalno tekoče prilagajati spreminjajočim se, hitro naraščajočim (praviloma hidravličnim) zahtevam. Nadomeščanje strokovnosti s predlagano programsko opremo na osnovi »gole« statistične obdelave podatkov bo še nadalje pospešilo hitro propadanje slovenske stroke.

Moje strokovno znanje ter bogate izkušnje, ki sem si jih nabral tekom mojega 40-letnega uspešnega strokovnega delovanja v Nemčiji, skušam že desetletja prenesti na slovenska tla. Zaman opozarjam MOP, MOL, IZS, slovensko visoko šolstvo ter strokovne kolege na vedno večji strokovni zaostanek za strokovno tujino, na hud propad slovenske stroke predvsem v zadnjih letih, na hude (ne)strokovne pomanjkljivosti, napake in posledično neopravičljivo, nepotrebno ter ekološko škodljivo razmetavanje (na primer desetini milijonov evrov pri izgradnjah ljubljanskega, celjskega in drugih slovenskih kanalizacijskih omrežij). Moji strokovni argumenti so očitno tako trdni in »prepričljivi«, da še do danes nisem prejel nobenega utemeljenega strokovnega ugovora z Ministrstva za okolje RS ali MOL-a, v Dnevniku in Delu si očitno

ne upajo objaviti mojega odprtega pisma županu Jankoviču, IZS kot vedno (v večernem strahu pred politično zamero) previdno miži, ne sliši in molči, šolstvo zapira okna in vrata pred »pritlehnostjo« prakse in le redki izmed mojih strokovnih kolegov – na podlagi lastnih negativnih izkušenj – zaupno pritrjujejo mojim strokovnim navedbam.

Ljubljansko kanalizacijsko omrežje se namreč že od nekaj gradi popolnoma stihijsko, brez izdelanega osnovnega strokovnega celostnega koncepta. Zaradi pomanjkanja lastnega strokovnega znanja in izkušenj se je končno začetkom devetdesetih let poverila izdelava (izredno drage) **študije** »Ljubljana Sewerage System Master Plan« danskemu podjetju DHI, ki jo je izdelalo in predložilo v davnih letih 1993–1996. Od tedaj se šteje vsak dvom o strokovni pravilnosti te danske študije kot neopravičljivo bogokletstvo, saj ogroža rušitev nestabilnih temeljev in s tem upravičenosti celotne, izredno labilne strokovno-politične nadgradnje. Bogokletnika se mora izločiti, prekine se strokovno sodelovanje, načelno se mu odreče vsaka strokovnost, zato o tako ožigosanih »nestrokovnih« dvomih ni treba niti razmišljati, kaj šele nanje strokovno argumentirano odgovarjati.

V gradbeni stroki so bile običajno take študije le predhodniki oziroma osnove idejnih konceptnih rešitev ter ustreznih nadaljnjih projektnih dokumentacij. Nasprotno pa se trenutno v Ljubljani (pod pretvezo zaščite Ljubljance) torej (slepo in nestrokovno) investira desetine milijonov evrov za gradnjo treh (nepotrebnih ter celo ekološko škodljivih) zadrževalnih bazenov (uporabne prostornine okoli 30.000 m<sup>3</sup>) izključno le na podlagi (ene same, strokovno zelo sporne in nepreverjene) **študije**, v kateri sta upoštevana in »zamrznjena« preko vsaj 16 let stara strokovno znanje in tedanje stanje tehnike!!

Strokovno zelo sporna osnovna zamisel danske študije temelji namreč na izrabi določene (prekomerne) **zadrževalne zmoglosti skupne prostornine ljubljanskega kanalizacijskega omrežja** na podlagi medsebojno uravnoteženega, **zadostno velikega pretoka čistilne naprave**. Vendar pa se je že med gradnjo ljubljanske čistilne naprave »spregledal« ta

osnovni pogoj delovanja danskega sistema in so tako že tedaj gradbeno onemogočili **v študiji izrecno zahtevano dvakrat večjo pretočno zmogljivost** ljubljanske čistilne naprave!!

Ne glede na (ne samo moje) dvome o strokovni pravilnosti te študije (ki jih ne navajam zaradi omejene dolžine teh pripomb) bi se torej pričakovalo, da bodo zagovorniki danske študije omogočili in zagotovili vsaj izpolnjevanje v študiji zahtevanih osnovnih parametrov, brez katerih (tudi po mnenju Dancev!) pravilna funkcija tega predlaganega »... koncepta optimizacije delovanja kanalizacijskega sistema ...« sploh ni možna.

Zaradi te **napačne, znatno premajhne (polovične) hidravlične zmoglosti pretoka ljubljanske čistilne naprave** se bo (navkljub tem novim 3 dodatnim, nepotrebnim, dragim za drževalnim bazenom in novim povezovalnim kanalom) v zaključni del Ljubljance še nadalje prelivala skoraj enaka količina (zato pa bolj nagnitih) odpadnih voda. V deževnih obdobjih se bo namreč celotno omrežje praznilo v znatno daljših časovnih obdobjih, pri čemer se bodo v omrežju pospešeno usedale in gnile organske snovi odpadnih voda ter razvijal metan, H<sub>2</sub>S itd. Poleg tega se bo vsled polnjenja teh novih bazenov omrežje pogosto zajezilo tudi za dodatnih nekaj višinskih metrov, kar bo (kot to kažejo ustrezne hidravlične dinamične simulacije omrežja) povzročalo pogoste preplavitve kletnih prostorov v vzvodnih stanovanjskih območjih.

Stihijsko razpisovanje kanalizacijskih naprav izključno le na podlagi strokovno nepreverjene študije (torej brez ustrezne predhodne gradbene in izvedbene projektne dokumentacije) je po mojem mnenju neodgovorno hazardiranje z ogromnimi javnimi sredstvi na račun davkoplačevalcev ter uporabnikov. Sredstva za različne sklade EU vplačujemo vsi, tudi Slovenija. Zatorej bo čas, da se zavemo, da smo slovenski davkoplačevalci soudeleženi pri tem nespametnem in nepotrebnem prekomernem razmetavanju teh sredstev, dodeljenih iz evropskih skladov, in tako vplivamo na zvišani porast davkov.

Z izjemo Ljubljane ne poznam evropskega mesta, ki bi si smelo na tem strokovnem

področju privoščiti tako drago hazardiranje (s svojimi in evropskimi desetlinami milijoni evrov), na podlagi tako pomanjkljivega strokovnega znanja, strokovnih izkušenj in manjkajoče ustrezne projektne dokumentacije!

Nimam namena in ne želim omalovaževati znanstvenega dela avtorjev tega članka. Želim pa opozoriti na pomanjkljivosti ter posledice tega predlaganega načina določanja prioritete, predvsem pa na globoko vrzel med znanostjo in prakso. Slovensko stroko, ki bi morala izpolniti to vrzel, je namreč politika (ob pomoči slepe, gluhe in molčeče IZS) v zadnjih dveh desetletjih uspešno odstranila, onesposobila ali uničila. Davek zasedanja strokovnih mest z vsevednimi, strokovno nesposobnimi, neizkušenimi in neodgovornimi politikami, ki ga že plačujemo (v največji meri ravno v gradbeništvu) v obliki obupno (pre)dragih in nezadostno delujočih klinik, avtocest, tunelov, čistilnih naprav, zadrževalnih bazenov itd. ter ga bomo v bodoče še dodatno finančno nadgradili v obliki ogromnih dajatev za posledično nezadostno ali nepravilno obratovanje in vzdrževanje teh naprav, je gromozanski in bo vedno hitreje ter neobvladljivo naraščal.

Mimogrede naj ob tem omenim še razpise MOP-a za izdelavo strokovnih recenzij za zahtevne projekte. V pozivih k oddaji ponudb se brez sramu izrecno (»mastno tiskano«) določa, da je **edino** merilo, ki se uporablja pri ocenjevanju in izbiri najugodnejše ponudbe za tako zelo zahtevno strokovno delo, **najnižja ponudbena cena razpisanih del**. Menim, da dejstvo, da se o strokovnem znanju ter izkušnjah v pozivih ne izgublja niti besedice (kaj šele, da bi bili strokovno znanje in izkušnje celo sestavni deli tega merila), ne potrebuje komentarja, saj jasno in zelo zgovorno določa stopnjo razvrednotenja strokovnega znanja ter izkušenj, kakor tudi definira sedanjí ugled, položaj in stanje slovenske stroke.

V mojem (neredko ustrahovanem) strokovnem okolju je najpogosteje uporabljeni izgovor: »Pametni odneha!« Na to redno odgovarjam z besedami gospe Marie von Ebner-Eschenbach: »Kakšna žalostna resnica, ki je temelj prevlade neumnosti!«

# SIROV MOST

**Danilo Magajne, univ. dipl. inž. grad.**

Ne vem natančno, kdaj smo zgradili most čez Idrijco v vasi Reka do te žalostne faze, v kateri se nahaja sedaj.

Vem pa, da so krajanji celo leto prosili občino Idrija, naj petim domačijam na levem bregu omogoči ponovno povezavo s svetom. Ta je bila nekega mrzlega zimskega dne prekinjena, ko se je s krhkim lomom odtrgalo jekleno sidro krajne jeklene vrvi poda visečega mostu in je domačin s traktorjem padel v ledeno mrzlo Idrijco, iz katere sta ga rešila sinova.

Obnove so se lotili domačini sami, brez pomoči občine. Mene so prosili za pomoč. In pomagal sem jim.

Ne vem, kje so dobili denar za beton (danes bi bil vreden ca. 8000 evrov).

Na železnici so dobili odpadne tirnice, na zapuščenem gradbišču čistilne naprave so »ukradli« močno zarjavelo rebrasto armaturo, vse drugo – izkop temeljev, podporni oder, opaž – je bilo plod prostovoljnega dela vaščanov pod mojim vodstvom.

Najprej smo popravili sidra vrvi, da smo jih uporabili za osnovo visečega podpornega odra. Nato smo zgradili vmesna opornika s pilonoma, preko katerih smo speljali in napeli obstoječe, ca. 40 let stare spiralne vrvi. Iz jeklenih tirnic (spodnja in zgornja pasova), jeklenih armaturnih palic (tegnjene diago-

nale) in hrastovih tramičev (tlačene vertikale) smo izvedli dva robna nosilca, da bi pri betoniranju voziščne plošče oz. spodnjega pasu škatlastega profila imeli zadostno togost visečega odra. Sledila je izvedba obešenega opaža, polaganje prečne armature in betoniranje plošče, pri čemer smo kot vzdolžno armaturo obbetonirali debelejšo obstoječo vrvi poda visečega mostu. Čez nekaj dni smo zabetonirali oz. obbetonirali še robna nosilca kot stojini in zgornja pasova škatlastega ali koritastega profila nove razpanske konstrukcije. Da bi porabili manj betona, smo nažagali 20 cm dolge koščke smrekovih hlodov in jih namestili v opaž med diagonale in vertikale robnih nosilcev.

Da, nekateri imajo srečo, da projektirajo ali vodijo gradnjo mostov, pri katerih finančna sredstva niso problem. Prej obratno: projekti naj bodo taki, da bo izvajalec pri vsakem mostu veliko zaslužil.

Jaz te sreče nimam. Za denar, ki je na voljo, projektiram in izvedem dovolj varne in uporabne mostove.

Pri tem se včasih zgodi, da je estetski vidik vse prej kot nekaj, na kar bi bil lahko ponosen. Seveda se potem vedno kaže samo na takšne primere. Nekoč se bom potrudil in predstavil tudi estetsko uspešne mojstrovine.

Most na Reki sem poskušal velikokrat dokončati. Odgovorni na občini Idrija in kasneje na manjši občini Cerkno pa vseskozi trdijo, da je treba most porušiti. Ker je v planu sanacije po naravnih nesrečah, ga bodo najbrž za pol milijona evrov nadomestili z novim. Nihče mi noče verjeti, da ga je možno za štirikrat manj denarja temeljito obnoviti: obstoječo konstrukcijo se da uporabiti kot podporni oder in kot del konstrukcije.

Sirove luknje je možno koristno uporabiti za povezavo nove stojine (zunaj) z obstoječo. Koristni profil se nato z novo, širšo voziščno ploščo nad obstoječima robnima nosilcema dopolni v pravi škatlasti profil. Potem je treba samo še odstraniti oba pilona in levobrežni vmesni opornik.

Vmesi opornik pri levem bregu se je zaradi plitvega temeljenja namreč pri veliki povodnji leta 1990 pogreznil za 17 cm in obvisel na konstrukciji kot balast. Kljub prepovedi prometa se most odtlej še vedno uporablja za prevoz s kamioni teže do 100 kN!! Odgovorni na občinah namreč čakajo na enormno visoka sredstva od države in sami ne ukrenejo nič. Kako je možno, da se most ne poruši? Stare vrvi in tirnice pač nekaj nosijo. Tak most bo 7 metrov nad 5 metrov globoko Idrijco zelo težko porušiti!



Leto, v katerem naše društvo praznuje že trideseto obletnico delovanja, je v znamenju svetovne finančne in gospodarske krize, ki skupaj z zaključkom daljšega investicijskega ciklusa v avtocestni program postavlja domače gradbeništvo pred izjemne preizkušnje. Takšni prelomni trenutki pa so tudi pravi čas za razmislek in pogovor kako naprej. Najboljši način za obstoj stroke in konkurenčno širitev v regijo je spremljanje raziskav, razvoja in trendov v stroki, za kar bo dovolj priložnosti na letošnjem 31. zborovanju gradbenih konstruktorjev Slovenije, ki bo potekalo v Kulturnem centru Rogaška Slatina. Tematika zborovanja tudi letos obsega celotno področje dejavnosti gradbenih konstruktorjev. Poleg prispevkov s področja snovanja, graditve, rekonstrukcij, vzdrževanja ter vodenja in nadzora izvedbe vseh vrst gradbenih konstrukcij, bodo predstavljeni tudi prispevki s področja razvojno raziskovalne dejavnosti. Tudi letos bodo zborovanje popestrili vabljeni tuji eminentni predavatelji, ki bodo svoje izkušnje delili z domačimi strokovnjaki.

## Prijava

Svojo udeležbo na zborovanju prijavite s tem, da nam pošljete izpolnjeno prijavo, ki jo odrežete od tega vabila in nakažete potrebno kotizacijo. Kotizacijo nakažite na tekoči račun Slovenskega društva gradbenih konstruktorjev **02085-0015319187** s pripisom za 31. zborovanje gradbenih konstruktorjev. Prijavi priložite potrdilo o plačani kotizaciji.

## Kotizacija

Kotizacija za udeležbo na zborovanju, v kateri so zajeti stroški organizacije in publikacije zborovanja, kakor tudi stroški družabnega srečanja in za razliko od prejšnjih let še DDV, znaša **220 EUR** na osebo. Za upokoјence in študente znaša kotizacija **110 EUR**. Kotizacija je prenosljiva na drugo osebo, ne bomo pa je vračali.

## Promocija dejavnosti

Na podlagi dogovora z organizatorjem bo na zborovanju mogoča tudi promocija vaših izdelkov in storitev.

## Dodatne informacije

Aktualni podatki povezani z organizacijo in potekom zborovanja bodo objavljeni na spletni strani društva **www.sdgk.si**.

Za morebitne dodatne informacije pa lahko pokličete tudi Jožeta Lopatiča po telefonu na št.: **01 476 8600** ali pošljete elektronsko pošto na naslov **info@sdgk.si**.

Slovensko  
društvo  
gradbenih  
konstruktorjev

# Vabilo na 31. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije

Rogaška Slatina  
8.–9. oktober 2009

## Prijava za 31. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije 8.in 9.oktobra 2009

Ime in priimek: \_\_\_\_\_

Davčna številka: \_\_\_\_\_

Podjetje oz. ustanova: \_\_\_\_\_

Podpis: \_\_\_\_\_

Naslov: \_\_\_\_\_

Kotizacija je bila nakazana na transakcijski račun Slovenskega društva gradbenih konstruktorjev, Jamova 2, Ljubljana, št. 02085-0015319187.

Telefon: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

Potrdilo o plačani kotizaciji je priloženo.

## 31. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije

V Rogaški Slatini bo 8. in 9. oktobra 2009 že enaintrideseto zborovanje gradbenih konstruktorjev, ki ga organizira Slovensko društvo gradbenih konstruktorjev ([www.sdgc.si](http://www.sdgc.si)). Društvo deluje od leta 1979, ko je bilo organizirano prvo zborovanje na gradbeni fakulteti v Ljubljani. To pomeni, da društvo, katerega osnovni namen je napredek znanosti in prakse na področju gradbenih konstrukcij, letos praznuje tudi okroglih trideset let delovanja.

Letošnje leto je v znamenju svetovne finančne in gospodarske krize, ki skupaj z zaključkom daljšega investicijskega ciklusa v avtocestni program postavlja domače gradbeništvo pred izjemne preizkušnje. Takšni prelomni trenutki pa so tudi pravi čas za razmislek in pogovor, kako naprej. Najboljši način za obstoj stroke in konkurenčno širitev v regijo je spremljanje raziskav, razvoja in trendov v stroki.

Tematika zborovanja tudi letos obsega celotno področje dejavnosti gradbenih konstruktorjev. Prikazani bodo prispevki in problematika s področja snovanja in graditve objektov kakor tudi nadziranje, zagotavljanje kvalitete, vzdrževanje in rekonstrukcije. Prikazani bodo nekateri zahtevnejši premostitveni objekti s slovenskih avtocest ter prvonagrajena rešitev na mednarodnem natečaju za most preko Donave v Novem Sadu, ki je plod slovenskega znanja in izkušenj. Manjkali ne bodo niti pri-



**Zakrivljen pešmost na poševnih zategah v kraju Sassnitz (Andreas Keil, SBP Schleich, Bergermann und Partner)**

spevki s področja raziskav in razvoja, kar je prioriteta tudi na nivoju Evropske unije.

Zelo zanimivi bosta tudi letošnji vabljeni predavanja. Prvi gost, Andreas Keil, prihaja iz nemškega Stuttgarta ter je direktor in projektant v znanem biroju SBP (Schleich, Bergermann & Partner). Je specialist za lahke kon-

strukcije, kot so pešmostovi, strehe z velikimi razponi in membranske konstrukcije. Naslov njegovega predavanja je »The design of footbridges – spatial play of forces«, v katerem bo predstavil principe in kriterije za projektiranje pešmostov z najnovejšimi izvedenimi primeri pešmostov v svetu.

Drugo vabljeno predavanje bo imel naš znani publicist s področja gradbeništva, inženir Gorazd Humar, z naslovom »Civil Engineering Heritage in Europe«. Gorazd Humar iz družbe Primorje, d. d., Ajdovščina, ki je eden od avtorjev nove knjige z istoimenskim naslovom (izdalo jo je Evropsko združenje pooblaščenih inženirjev – ECCE), bo predstavil evropsko dediščino na področju gradbenih konstrukcij ter slovenski prispevek k tej tematiki.

Še enkrat vabljeni na 31. zborovanje gradbenih konstruktorjev v Rogaški Slatini. Povebite tudi svoje spremljevalke/-ce, vsi skupaj bomo po strokovnem delu lahko zaplesali na družabnem srečanju v znameniti Kristalni dvorani v Rogaški Slatini. Detajlni strokovni program je objavljen na internetni strani [www.sdgc.si](http://www.sdgc.si).

**SDGK, Slovensko društvo gradbenih konstruktorjev Za organizacijski odbor:  
dr. Jože Lopatič in Viktor Markelj**



**Solkanski most v knjigi »Civil Engineering Heritage in Europe«, ki jo bo predstavil inženir Gorazd Humar**



## objavlja RAZPIS za podelitev NAGRADE ZA INOVATIVNOST na področju GRADITVE OBJEKTOV

Letošnje leto je Evropska komisija proglasila za leto ustvarjalnosti in inovativnosti. Glavni cilj je dvig zavedanja o pomenu te tematike za osebni, družbeni in gospodarski napredek, razširjanje dobrih praks, raziskave in razvoj.

Tem prizadevanjem se pridružuje tudi Inženirska zbornica Slovenije, ki bo letos drugič podelila nagrade IZS za inovativnost na področju graditve objektov.

Nagrade bodo podeljene na slavnostni prireditvi Inženirske zbornice Slovenije 3. decembra 2009 v Narodni galeriji v Ljubljani.

Vljudno Vas vabimo, da vložite Vaše cenjene predloge na naslov:

**Inženirska zbornica Slovenije,  
odbor za nagrade IZS,  
Jarška cesta 10b, 1000 Ljubljana,  
s pripisom »za razpis«,  
do 20. oktobra 2009.**

Pogoji razpisa so objavljeni na spletni strani zbornice [www.izs.si](http://www.izs.si).

# inovativnost 2009

# KOLEDAR PRIREDITEV

**2.10.2009**

**Fachtag Brückenbau  
Stahlbrücken im Wandel der Zeit -  
Bauen im Bestand**

Bonn, Nemčija  
[ftp://ftp2.stahl-online.de/bms/download/veranstaltungen/  
Flyer\\_Brueckenbau\\_Bonn.pdf](ftp://ftp2.stahl-online.de/bms/download/veranstaltungen/Flyer_Brueckenbau_Bonn.pdf)

**8.-9.10.2009**

**SDGK 2009  
Zborovanje gradbenih konstrukterjev Slovenije**

Rogaška Slatina, Slovenija  
[www.sdgk.si](http://www.sdgk.si)

**5.-9.10.2009**

**17th International Conference for Soil  
Mechanics and Geotechnical Engineering**

Alexandria, Egipt  
[www.2009icmge-egypt.org](http://www.2009icmge-egypt.org)

**14.-16.10.2009**

**EVACES'09  
Experimental Vibration Analysis for Civil Engineering Structures**

Wroclaw, Poljska  
[www.evaces09.pwr.wroc.pl/index.html](http://www.evaces09.pwr.wroc.pl/index.html)

**15.-16.10.2009**

**Stahl im Wasserbau 2009**

Braunschweig, Nemčija  
<http://www.igb.tu-bs.de/siw2009.pdf>

**15.-16.10.2009**

**27. Österreichischer Stahlbautag**

Dunaj, Avstrija  
<http://www.stahlbauverband.at/>

**5.-6.11.2009**

**10th Technical Seminar**

Antalya, Turčija  
[www.fcma.org.tr/teknikseminer/index.html](http://www.fcma.org.tr/teknikseminer/index.html)

**10.12.2009**

**CIMbéton - Technical visit on Soil Treatment and/or in  
Situ Pavement Recycling with Hydraulic Road Binders**

Caen, Francija  
[www.infociments.fr](http://www.infociments.fr)

**11.-12.11.2009**

**Road Expo Scotland**

Edinburgh, Škotska  
<http://www.road-expo.com/re2008s/landing.html>

**6.-9.4.2010**

**CCCT 2010**

**The 8th International Conference on  
Computing, Communications and Control Technologies**

Orlando, Florida, ZDA  
[www.iis2010.org/imccic/website/default.asp?vc=3](http://www.iis2010.org/imccic/website/default.asp?vc=3)

**22.-23.4.2010**

**Betontag 2010**

Dunaj, Avstrija  
<http://www.betontag.info/>

**3.-5.5.2010**

**IABSE Conference  
International Structural Codes**

Dubrovnik, Hrvaška  
[www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents](http://www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents)

**23.-27.5.2010**

**5th International Symposium on Computational Wind  
Engineering (CWE 2010)**

Chapel Hill, Severna Karolina, ZDA  
[www.cwe2010.org](http://www.cwe2010.org)

**29.5.-2.6.2010**

**The Third International fib Congress and Exhibition  
"Think Globally, Build Locally"**

Washington D.C., ZDA  
[www.fib2010washington.com](http://www.fib2010washington.com)

**20.-23.6.2010**

**8th fib International PhD Symposium in Civil Engineering**

Kopenhagen, Danska  
<http://conferences.dtu.dk/conferenceDisplay.py?confId=21>

**21.-23.7.2010**

**ICSA 2010**

**International Conference on Structures and Architecture**

Guimares, Portugalska  
[www.arquitectura.uminho.pt](http://www.arquitectura.uminho.pt)

**22.-24.9.2010**

**34th IABSE Annual Meetings and**

**IABSE Symposium**

Benetke, Italija  
[www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents](http://www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents)

**10.-15.7.2011**

**13th International Conference on**

**Wind Engineering**

Amsterdam, Nizozemska  
[www.icwe13.org](http://www.icwe13.org)

**20.-23.9.2011**

**IABSE Annual Meetings and**

**IABSE Symposium**

London, Anglija  
[www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents](http://www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents)

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