



Zveza društev
gradbenih inženirjev in tehnikov
Slovenije
GRADBENI VESTNIK

60



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, november 2011, letnik 60, str. 285-308

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 knjigo RS, 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:

Eva Okorn

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 vstrel DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:
SI56 0201 7001 5398 955

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. Članki (razen angleških povzetkov) in prispevki morajo biti napisani v slovenščini.
4. Besedilo mora biti zapisano z znaki velikosti 12 točk in z dvojnimi presledki med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev z nazivi in naslovi ter besedilo.
6. Članki morajo obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); znanstveni naziv, imena in priimke avtorjev, navadni in elektronski naslov; oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; 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 (risbe in fotografije s primerno ločljivostjo) in preglednice morajo biti razporejene in omenjene po vrstnem redu v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino.
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 so uporabljena in citirana dela razvrščena po abecednem redu priimkov prvih avtorjev in opisana z naslednjimi podatki: priimek, začetnica imena prvega avtorja, priimki in začetnice imen 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. Prispevke je treba poslati v elektronski obliki v formatu MS WORD glavnemu in odgovornemu uredniku na e-naslov: janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si. V sporočilu mora avtor napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren.

Uredništvo

Vsebina • Contents

Jubilej

stran **286**

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

40 LET INŠTITUTA ZA KONSTRUKCIJE, POTRESNO INŽENIRSTVO IN RAČUNALNIŠTVO (IKPIR)

Nagrajeni gradbeniki

stran **288**

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

NAGRADI IKPIR-a ZA ODLIČNA DIPLOMSKA DELA V ŠOLSLEM LETU 2010/2011

Članki • Papers

stran **289**

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

prof. dr. Matej Fischinger, univ. dipl. inž. grad.

NEDAVNI MOČNI POTRESI IN NAUKI ZA SLOVENIJO

RECENT STRONG EARTHQUAKES AND LESSONS FOR SLOVENIA



stran **300**

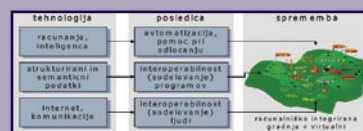
dr. Robert Klinc, univ. dipl. inž. grad.

doc. dr. Matevž Dolenc, univ. dipl. inž. gradb.

prof. dr. Žiga Turk, univ. dipl. inž. grad.

NOVI TRENDI NA PODROČJU SODELOVALNEGA INŽENIRSTVA

NEW TRENDS IN COLLABORATIVE ENGINEERING



Koledar prireditev

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

Slika na naslovnici: Preizkušanje modela stavbe na šolski potresni mizi pri predmetu Uvod v gradbeništvo na UL FGG, foto Zlatko Vidrih

40 LET INŠTITUTA ZA KONSTRUKCIJE, POTRESNO INŽENIRSTVO IN RAČUNALNIŠTVO (IKPIR)

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

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo, Ljubljana, Jamova 2

Uvod

Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo (IKPIR) praznuje 40. obletnico svojega obstoja. Na področjih svojega delovanja je z razvojnim, raziskovalnim in pedagoškim delom bistveno vplival na razvoj gradbene stroke doma in na nekaterih področjih pomembno prispeval tudi k razvoju v svetu. Opravil je pionirsko delo pri uvajanju računalniške analize konstrukcij in gradbene informatike v širšem pomenu besede v Sloveniji ter se uvrstil v svetovni vrh na področju potresnega inženirstva. IKPIR sodi med pomembnejša evropska raziskovalna središča gradbene informatike. Številni mladi raziskovalci, ki so se usposabljali pri IKPIR-u, so se uveljavili na raznolikih področjih. V tem prispevku je podan zelo kratek povzetek delovanja in dosežkov IKPIR-a ter obeh kateder, ki ga sestavljata. Detajlnejši podatki so zbrani v objavah, navedenih na koncu prispevka.

Osnovni podatki

IKPIR je bil ustanovljen 27. oktobra 1971 z imenom Računski center FAGG kot interni inštitut Fakultete za potrebe pedagoškega, znanstvenoraziskovalnega in strokovnega dela. Jeseni leta 1980 se je preimenoval v Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo, kar je odsevalo novo vsebino in obseg dejavnosti inštituta na treh poglavitnih področjih. Razvil se je v najmočnejšo pedagoško-raziskovalno enoto na fakulteti, tako po številu sodelavcev kot tudi po številu opravljenih raziskovalnih projektov in objavljenih del. Predstojnik IKPIR-a od ustanovitve do leta 2001 (razen v obdobju 1985–1990) je bil J. Reflak. V obdobju 1985–1990 in od leta 2001 dalje je bil in je predstojnik P. Fajfar. 18. aprila 2001 sta se okviru IKPIR-a oblikovali dve katedri, Katedra za konstrukcije in

potresno inženirstvo ter Katedra za gradbeno informatiko, ki ju vodita P. Fajfar in Ž. Turk.

Pedagoška dejavnost

Učitelji IKPIR-a so imeli na dodiplomskem in podiplomskem študiju gradbeništva predavanja, vaje in seminarje s področij statike in dinamike konstrukcij, potresnega inženirstva, opisne geometrije, računalništva in gradbene informatike, delno pa tudi s področja armiranobetonskih konstrukcij. V obdobju 1971–2011 (do konca avgusta) so bili mentorji 37 doktorandom, 35 magistrantom, 296 diplomantom univerzitetnega študija in 32 diplomantom višješolskega študija. Bili so somentorji pri devetih doktoratih, šestih magisterijih in 134 diplomah. Sedem diplomantov je dobilo Prešernove nagrade za študente Univerze v Ljubljani, 14 diplomantov pa Prešernove nagrade FGG. Trije doktorandi so dobili nagrado Trima. IKPIR od leta 1992 dalje vsako leto ob tednu Univerze v Ljubljani podeljuje nagrado za najboljše diplomske naloge, izdelane pod mentorstvom učiteljev IKPIR-a.

Učitelji IKPIR-a so bili mentorji 41 mladim raziskovalcem, ki so, z dvema izjemama, uspešno zaključili usposabljanje z magisterijem in/ali doktoratom ter se uveljavili ne le v raziskovalnih organizacijah, ampak tudi na razvojnih in vodstvenih mestih v praksi in v državni upravi. Leta 2011 so mentorji desetim mladim raziskovalcem, ki se usposabljujejo za doktorat. Na neformalno usposabljanje so prišli raziskovalci iz Hrvaške, Irana, Italije, Kitajske, Mehike, Romunije, Srbije, ZDA in nekdanje Sovjetske zveze.

Učitelji IKPIR-a so sodelovali tudi pri dodiplomskem in podiplomskem študiju na tujih univerzah (ÉNS v Cachanu, Pariz, ITU v Istanbulu, KTH v Stockholmu, Mc Master v Hamiltonu, Kanada, Univerza Pecy, Univerze v Beogradu, Novem Sadu, Zagrebu in na Reki, Univer-

sity College Cork na Irskem) ter sooblikovali mednarodni študijski program gradbene in informatike.

Raziskovalna dejavnost

Dejavnost na področju **konstrukcij** je v prvem obdobju obsegala raziskave metod za analizo konstrukcij, razvoj računalniških programov in njihovo uvajanje v prakso. Sodelavci IKPIR-a so razvili splošne programe za račun linijskih konstrukcij, plošč in konstrukcij stavb ter posebne programe za račun montažnih betonskih konstrukcij. Programsko opremo so uporabljali številni projektanti gradbenih konstrukcij v Sloveniji pa tudi drugje po nekdanji Jugoslaviji, z njo pa je bila izračunana večina pomembnejših stavb v Sloveniji. Najbolj znana programa sta OKVIR in EAVEK. V začetku osemdesetih let je razvoj računalniške grafike omogočil uporabo računalnikov tudi pri drugih delih procesa projektiranja. V IKPIR-u so bili raziskani postopki računalniškega projektiranja armature in razviti programi za risanje armaturnih načrtov. Konec osemdesetih let so se pričele raziskave na področju **nelinearne numerične mehanike konstrukcij**, ki zajemajo med drugim geometrijsko in materialno nelinearne metode končnih elementov za konstrukcije, nelinearne materialne modele za duktilne in krhke materiale, kompozitne konstrukcije, optimizacijo oblike, nelinearno dinamiko in oceno napak pri računskih analizah.

Raziskave na področju **potresnega inženirstva** so bile v začetku omejene na elastično analizo konstrukcij stavb. Kot rezultat tega dela je nastal program EAVEK, ki je bil dolga leta nepogrešljivo orodje pri projektiranju konstrukcij. Kasneje se je področje raziskav razširilo na nelinearno analizo in projektiranje konstrukcij armiranobetonskih stavb in mostov. Sodelavci IKPIR-a so doma odločilno vplivali

na dvig projektantske prakse in regulative na področju potresnega inženirstva, obenem pa so se dejavno vključili v svetovne tokove razvoja potresnega inženirstva. Metoda N2, razvita v IKPIR-u, se uporablja po svetu in je bila vključena v evropski standard za potresno-odporno gradnjo Evrokod 8. Glavna področja raziskav obsegajo nelinearno potresno analizo in potresno-odporno projektiranje konstrukcij (predvsem armiranobetonskih stavb in mostov), potresni odziv montažnih armiranobetonskih objektov, verjetnostne metode v potresnem inženirstvu, potresno izolacijo in določanje projektnih potresnih parametrov. Poleg analitičnih in numeričnih raziskav sodelavci IKPIR-a opravljajo tudi eksperimentalne raziskave v tujih in domačih laboratorijih.

Področje **gradbene informatike** je najprej obsegalo računalniško risanje (P-Paket) in numerično intenzivne aplikacije, kasneje pa raziskave vloge informacijskih in komunikacijskih tehnologij za računalniško integrirano gradnjo ter računalniško podporo čez celotno življenjsko dobo gradbenega objekta. Že v času velikih centralnih računalnikov so bile na IKPIR-u izdelane zelo kakovostne programske knjižnice za risanje, za izdelavo uporabniških vmesnikov in za hranjenje podatkov. Posledica hitrega razvoja informacijske tehnologije je bila uvajanje jezikov C in C++, objektnih zbirk podatkov in prijaznih uporabniških vmesnikov za programe za osebne računalnike. Raziskovalci IKPIR-a so med prvimi v svetu začeli uvajati objektni in kasneje modelni pristop, ki je danes poznan s komercialno kratico BIM (building information model ali informacijski model zgradb). V letu 1993 so kot eden prvih univerzitetnih gradbenih oddelkov (in druga ustanova v Sloveniji) začeli objavljati na internetu, kjer so oblikovali nekaj dobro obiskanih in citiranih servisov. Novejše raziskave zajemajo vsebinske sklope Modeliranje produktov in procesov, Virtualne organizacije in računalniško integrirana graditev, Inženirske informacijske storitve in informacijsko poizvedovanje ter Deljenje znanja.

Sodelavci IKPIR-a so organizirali več mednarodnih znanstvenih srečanj: konferenci s področja gradbene informatike leta 1996 na Bledu in leta 2002 v Portorožu, delavnica s področja numerične mehanike leta 2004 na Bledu v okviru programa Nato skupaj z École Normale Supérieure de Cachan iz Pariza in delavnica s področja potresnega inženirstva leta 2011 v Ljubljani. Mednarodnih delavnic, ki jih je IKPIR organiziral na Bledu skupaj z Univerzo v Stanfordu v letih 1992, 1997 in 2004 ter skupaj s Kalifornijsko univerzo v Ber-

keleyju leta 2011, so se na povabilo udeležili najvidnejši strokovnjaki s področja potresnega inženirstva. Te delavnice veljajo kot model uspešnih delavnic in so, vsaka v svojem času, pomembno prispevale k določitvi smeri nadaljnjega razvoja potresnega inženirstva. Zborniki vseh srečanj so bili izdani pri uglednih mednarodnih založbah.

Raziskovalci IKPIR-a so bili in so vključeni v številne domače ter bilateralne in multilateralne mednarodne projekte. Med drugim izvajajo programa Potresno inženirstvo in E-gradbeništvo, ki ju financira ARRS. Posebno uspešen je bil IKPIR pri pridobivanju evropskih projektov, saj je bil partner pri projektu 4. okvirnega programa (OP) ToCEE, pri osmih projektih 5. OP (SAFERR, SPEAR, VAST-IMAGE, PRECAST, ECOLEADER, ISTforCE, ICCI in ProdAEC), dveh projektih 6. OP (LESSLOSS in I3CON), dveh projektih 7. OP (SAFECAST in SERIES) ter pri projektih iz programa eVsebine (Connet, I-Seec, Connie, reUSE). IKPIR je bil tudi koordinator pri projektih SciX (5.OP) in IntelliGRID (6.OP) ter tehnični koordinator pri projektih CONNIE (eVsebine) in DataMining-Grid (6.OP). Med številnimi bilateralni projekti so še zlasti pomembni tisti, ki so se izvajali z najuglednejšimi univerzami po svetu (univerzi v Berkeleyju in Stanfordu ter tokijska univerza).

Sodelavci IKPIR-a objavljajo rezultate svojih raziskav v mednarodni in domači literaturi (podrobnosti so razvidne iz COBISS-a). IKPIR je predvsem v začetni fazi svojega delovanja izdal tudi več kot 60 publikacij in zbornikov seminarjev. Pripravil je dve posebni številki Gradbenega vestnika, in sicer (še kot Računski center FAGG) leta 1977 (letnik 26, št. 6–7) s sedmimi članki in leta 2006 (letnik 55, št. 11) s tremi prispevki. Sodelavci IKPIR-a prevzemajo tudi recenzentske in uredniške vloge v domačih in mednarodnih revijah. Opravljajo uredniške posle v Gradbenem vestniku, Journal of Information Technology in Construction in v Earthquake Engineering and Structural Dynamics. Prvo revijo s področja gradbeništva v prostem dostopu (Journal of Information Technology in Construction) so začeli izdajati prav v IKPIR-u.

Razvojno delo

Sodelavci IKPIR-a so hkrati s temeljnimi in aplikativnimi raziskavami opravljali tudi razvojne raziskave, rezultate pa so v obliki predpisov, seminarjev, razvojnih projektov ter prek mladih raziskovalcev in študentov uspešno prenašali v prakso in s tem bistveno pripomogli k uvajanju uporabe sodobnih metod za analizo in projekti-

ranje gradbenih konstrukcij ter k uveljavljanju informacijske tehnologije v gradbeniški praksi. IKPIR je organiziral več kot 30 seminarjev, ki se jih je udeležilo več kot 2500 udeležencev. Med njimi je bila serija seminarjev Računalnik v gradbenem inženirstvu.

Sodelavci IKPIR-a so bili vključeni v številne zahtevne razvojne projekte. Izdelali so več sto študij, razvojnih nalog, strokovnih projektov in revizij za naročnike iz gospodarstva in državne uprave. Skrbeli so za razvoj predpisov s področja gradbeništva. Posebno dejavni so bili pri uvajanju novih evropskih standardov za konstrukcije Evrokod v Sloveniji. Obsežno delo je bilo opravljeno pri analizi vzrokov porušitev objektov in ocenjevanju škode po potresih v Sloveniji in v Črni gori. IKPIR je skrbel za pripravo lastnih programov za projektiranje konstrukcij ter za njihovo uvajanje v študijski proces in v projektantsko prakso. Razvoj informacijske tehnologije je zahteval, da v novejšem času sodobno programsko opremo za široko uporabo pripravljajo specializirana podjetja. IKPIR se je zato povezal z ameriškim podjetjem Computers&Structures Inc. (CSI), ki izhaja iz Univerze v Berkeleyju. Ta povezava je omogočila, da IKPIR od leta 2003 uvaja sodobne računalniške programe te družbe v prakso in skrbi za pomoč uporabnikom.

Druge dejavnosti

Sedanji in že upokojeni sodelavci IKPIR-a so (bili) vključeni v številne aktivnosti, povezane s stroko. Ves čas so imeli ali imajo pomembne zadolžitve v organih F(A)GG in Univerze v Ljubljani (E. Prelog je bil rektor univerze, P. Fajfar in J. Duhovnik pa dekana fakultete), ARRS in njenih predhodnic, IZS, ZDGITS, SIST, SAZU pa tudi v mednarodnih organizacijah.

Literatura

Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani, urednik M. Fischinger, (Publikacija, izdana ob 25-letnici IKPIR-a), IKPIR, 1996.

Reflak, J., 30 let Inštituta za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani, Gradbeni vestnik, letnik 50, 255–259, november 2001.

Reflak, J., 35 let Inštituta za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo, Gradbeni vestnik, letnik 55, 270–275, november 2006.

Majes, B. (urednik), Jubilejni zbornik ob devetdesetletnici Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, UL FGG, 2009.

NAGRADI IKPIR-a ZA ODLIČNA DIPLOMSKA DELA V ŠOLSLEM LETU 2010/2011

IKPIR od leta 1992 dalje vsako leto ob tednu Univerze v Ljubljani podeljuje nagrado za najboljše diplomske naloge (izjemoma za magistrske ali doktorske naloge), izdelane pod mentorstvom učiteljev IKPIR-a. Nagrado lahko dobijo študenti, ki imajo poleg odlične diplomske naloge tudi izjemne rezultate celotnega študija. Do letošnjega leta je bilo podeljenih 22 nagrad. V šolskem letu 2010/2011 dobila nagrado IKPIR-a Nuša Lazar in Blaž Zoubek.

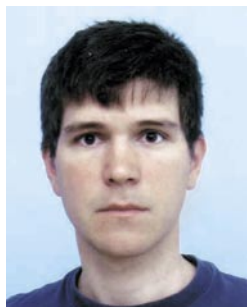


Nuša Lazar je bila odlična študentka, ki je zaključila univerzitetni študij gradbeništva konstrukcijske smeri z zelo visoko povprečno oceno izpitov in vaj 9,17. Pod vodstvom mentorja izr. prof.

dr. Matjaža Dolška je izdelala odlično ocenjeno diplomsko nalogo z naslovom Projektiranje stavb na sprejemljivo potresno tveganje – primer osemetažne armiranobetonske stavbe. V diplomski nalogi je razvila postopek za potresnovarno projektiranje stavb, pri čemer je varnost definirana s sprejemljivim potresnim tveganjem. Ta način projektiranja presega zahteve predpisov, saj temelji na verjetnostnih analizah, ki v predpisih (še) niso eksplicitno vključene. Izbrala je iterativen postopek projektiranja, pri čemer je za določitev parametrov potresnega odziva uporabila poenostavljene nelinearne metode. Izhodišče je osnovna konstrukcija, ki se lahko določi na podlagi standardov za potresno odporno projektiranje konstrukcij in na podlagi izkušenj projektanta. Za to konstrukcijo nato projektant oceni potresno tveganje in ga primerja s sprejemljivim tveganjem. Če se izkaže, da tveganje

presega okvire sprejemljivega tveganja, je treba sprejeti ukrepe za zmanjšanje tveganja in postopek ponoviti. Za opis potresnega tveganja je Nuša Lazar izbrala verjetnost prekoračitve mejnega stanja blizu porušitve konstrukcije, ki jo je določila z uporabo postopka, razvitega v centru PEER v Kaliforniji. Velikost tveganja, ki smo jo pripravljene sprejeti, je za zdaj še precej nedoločena. Nuša Lazar je v okviru diplomske naloge preučila tudi nekatere obstoječe modele za določitev sprejemljivega tveganja. Predlagani postopek za potresnovarno projektiranje konstrukcij je Nuša Lazar demonstrirala na primeru osemetažne stavbe, ki je bila načrtovana po standardu Evrokod 8.

Nuša Lazar je opravila časovno in vsebinsko izredno obsežno delo, ki prispeva k novi kakovosti načrtovanja na potresnih območjih. Za uspešno izdelavo naloge je morala pridobiti teoretična znanja in izkušnje pri modeliranju konstrukcij in uporabi specifično programsko opremo. Pri izdelavi naloge je pokazala samostojnost in veliko mero ustvarjalnosti. Rezultate je natančno in korektno analizirala ter pripravila ustrezne zaključke, kar je skrbno dokumentirala v poročilu, ki izraža dobro jezikovno kulturo.



Blaž Zoubek, rojen julija 1988, je septembra 2011 diplomiral z nalogo Projektiranje in nelinearni odziv AB-montažne stavbe pri potresnem vplivu, manj kot štiri leta po tem, ko se

je vpisal na Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Blaž Zoubek

zasluži nagrado IKPIR-a v jubilejnem letu 40. obletnice obstoja inštituta z dveh vidikov – zaradi nadpovprečne kakovosti diplomskega dela in še zlasti v splošnem okviru izjemno uspešnega dodiplomskega študija, ki ga je zaključil s tem delom.

Diplomsko delo, ki ga je Blaž Zoubek opravil pod vodstvom mentorice izr. prof. dr. Tatjane Isakovič in somentorja prof. dr. Mateja Fischingerja, je bilo vpeto v zahtevne raziskave evropskega projekta 7. okvirnega programa na področju večetažnih armiranobetonskih montažnih stavb. Opiralo se je na rezultate psevdodinamične preiskave velike trietažne stavbe v naravnem merilu. Sestavljeno je iz dveh delov. V prvem delu je obravnavano projektiranje te stavbe v dveh izvedbah – s členastimi oziroma togimi povezavami gred in stebrov. Projektiranje ne bi smelo biti izvzeto v diplomah konstrukcijske smeri na gradbeni fakulteti. V primeru montažnih stavb pa so postopki projektiranja zaradi nepopolnih standardov še zahtevnejši. Tu je Blaž Zoubek posebej obravnaval probleme strižnih obremenitev in postopka načrtovanja strižne nosilnosti pri večetažnih konzolnih stebrih. Drugi del naloge je bolj raziskovalen in obravnava modeliranje neelastičnega odziva, torej temo, ki presega nivo običajne diplomske naloge. Blaž Zoubek je v zelo kratkem času usvojil razmeroma zapletena orodja in modele za neelastično analizo obravnavanih armiranobetonskih elementov, uspešno modeliral odziv in rezultate kritično ocenil. Tako je v diplomski pokazal sposobnost za projektantsko in raziskovalno delo. Z diplomskim delom je Blaž Zoubek zaključil uspešen dodiplomski študij, ki ga je opravil z zelo visoko povprečno oceno v izjemno kratkem času.

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

NEDAVNI MOČNI POTRESI IN NAUKI ZA SLOVENIJO

RECENT STRONG EARTHQUAKES AND LESSONS FOR SLOVENIA

akad. prof. dr. Peter Fajfar, univ. dipl. inž. grad.
prof. dr. Matej Fischinger, univ. dipl. inž. grad.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo,
Ljubljana, Jamova 2

Pregledni članek

UDK: 624.042.7(497.4)

Povzetek | V članku so prikazani osnovni podatki o potresih, ki so se zgodili leta 2009 v L'Aquila, leta 2010 v Čilu in na Haitiju, v letih 2010 in 2011 v Christchurchu in leta 2012 na Japonskem. Opisani so posledice potresov in nauki, ki so pomembni za Slovenijo. Med njimi je najpomembnejše obnašanje armiranobetonskih sten v Čilu, ki je potrdilo, da je treba omejiti velikost tlačnih napetosti v stenah.

Summary | The basic information on earthquakes, which occurred in 2009 in L'Aquila, in 2010 in Chile and Haiti, in 2010 and 2011 in Christchurch, and in 2012 in Japan is summarized. The effects of earthquakes and the lessons that are important for Slovenia are described. Among them the most important is the behaviour of reinforced concrete walls in Chile, which has confirmed that it is necessary to limit the size of the compressive stress in walls.

1 • UVOD

Proučevanje potresov in njihovih posledic omogoča napredek na področju potresnega inženirstva. V zadnjem času se po potresih večinoma opažajo posledice, ki potrjujejo spoznanja, do katerih sta znanost in stroka potresnega inženirstva prišla predvsem v zadnjih trideset letih. Še vedno pa lahko opazimo nepričakovana obnašanja posameznih tipov objektov, ki jih je treba proučiti z znanstvenimi metodami in upoštevati pri nadaljnjem razvoju stroke.

Pred kratkim sta se zgodila dva močna potresa, ki sta še posebno pomembna tudi za Slovenijo. Prvi je potres leta 2009 v L'Aquila v Italiji, ki je pomemben zaradi podobnih značilnosti samega potresa, ki jih lahko pričakujemo tudi pri nas, in zaradi podobnega fonda stavb, kot ga imamo v Sloveniji. Drugi je potres v Čilu leta 2010, ki je pomemben za Slovenijo predvsem zaradi armiranobetonskih stenastih stavb, ki so v Čilu zelo podobne tistim, ki jih gradimo pri nas.

V tem prispevku je podan kratek pregled podatkov o obeh potresih in njihovih posledicah, ki sva si jih avtorja tega prispevka ogledala kmalu po potresih na terenu. Posebno so poudarjene in analizirane tiste posledice, ki so pomembne za Slovenijo. Za primerjavo je podanih tudi nekaj podatkov o potresu na Haitiju leta 2010, ki je zahteval več kot 316.000 človeških žrtev, o seriji potresov v Christchurchu na Novi Zelandiji in o potresu na Japonskem leta 2011, ki je povzročil velik cunami in katastrofalno jedrsko nesrečo. Zaradi večje pomembnosti za Slovenijo in zaradi razpoložljivosti na terenu pridobljenih podatkov je v članku potresoma v L'Aquila in v Čilu posvečena bistveno večja pozornost kot drugim trem potresom.

2 • L'AQUILA

2.1 Osnovni podatki o potresu

Mesto L'Aquila, ki je imelo v času potresa

okrog 67.000 prebivalcev, in okolico (pokrajina Abruzzo v centralni Italiji) je 6. aprila 2009

pred jutrom prizadel močan potres z magnitudo $M_w = 6,3$. Potres, ki je zahteval okrog 300 žrtev, od tega 134 v armiranobetonskih stavbah, se je zgodil pod samim mestom. Pretrgala se je poševna ploskev, ki leži pod mestom L'Aquila v globini šest kilometrov. Ma-

terialna škoda je bila ogromna. Po nekaterih ocenah znaša od 16 do 25 milijard evrov. Med potresom je izgubilo domove okrog 65.000 ljudi, od katerih jih je približno polovica našla zatočišče v šotorih, druga polovica pa je bila nameščena v hotelih ob obali Jadranskega morja. Intenziteta v centru L'Aquile je bila ocenjena na 8,5 po MCS-lestvici. Zgodovinsko jedro L'Aquile, kjer je živel okrog 30.000 prebivalcev, je praktično uničeno, prebivalci so bili izseljeni in se še dolgo ne bodo mogli vrniti na svoje domove. Ta del mesta je bil popolnoma izprazen, dostop je mogoč samo s posebnim dovoljenjem in v spremstvu gasilcev, ki opravljajo naloge civilne zaščite. Hude posledice so bile tudi v nekaterih manjših krajih in vaseh v okolici. V vasi Onna s 700 prebivalci je bilo 40 žrtev. Tu je bil pretrg le tri kilometre pod površino in ocenjena intenziteta je znašala 9,5 po MCS-lestvici. Glavnemu potresnemu sunku je sledila vrsta popotresov. Najmočnejši med njimi (7. aprila 2009) je imel magnitudo $M_w = 5,6$.

Med potresom in popotresi so bile dobljene številne registracije gibanja tal. Osnovni podatki o registracijah, dobljenih v epicentralnem območju, ki imajo pospeške, večje od 0,1 g, so zbrani v preglednici 1. Na žalost v zgodovinskem jedru L'Aquile ni bila dobljena nobena registracija. Vse postaje so bile neposredno nad ploskvijo pretrga. Največji registrirani pospešek tal je znašal okrog 0,65 g, največja hitrost tal pa okrog 43 cm/s. Po veljavnih italijanskih predpisih znaša projektni pospešek tal za območje L'Aquile za kategorijo tal A (skala) 0,261 g. Primerjava pospeškov tal in spektralnih pospeškov kaže, da so bile potresne obremenitve v epicentralnem področju na območju kratkih in srednje dolgih nihajnih časov precej večje, kot so predvidene v novih predpisih. Pri tem je pomembno, da so bile projektne potresne sile po starejših predpisih, ki so bili

uporabljeni pri projektiranju obstoječih konstrukcij na območju L'Aquile, precej manjše od tistih po zdaj veljavnih predpisih. Na srečo je bil potres razmeroma kratek, drugače bi bile posledice še večje.

Po potresu so v L'Aquili izjemno hitro (v osmih mesecih) zgradili okrog 4500 novih stanovanj za brezdomce. Pri gradnji stavb so uporabili potresno izolacijo. Zgradili so tipske, potresno izolirane ploščadi, na katere so namestili montažne objekte. Kljub hitri izgradnji dela potrebnih stanovanj se zdi, da popotresna obnova ni najbolj uspešna. Dopisnik ljubljanskega Dnevnika iz Rima je julija 2010 (Mrevlje, 2010) poročal o protestih prebivalcev potresnega območja in med drugim napisal: »Prebivalci v potresu porušene L'Aquile ugotavljajo, da za obnovo ni ne denarja, ne načrtov, ne volje... Skoraj 40.000 prebivalcev še vedno živi v izredno negotovih razmerah... Osemsto let staro mestno središče L'Aquile je še vedno nedostopno, za njegovo obnovo ni niti načrta niti obljubljenega denarja.«

Po potresu se je zgodil tudi edinstven primer v zgodovini, da je javni tožilec v L'Aquili vložil obtožnice proti šestim strokovnjakom in enemu uradniku zaradi suma uboja v povezavi s potresom. V regiji Abruzzo se je v začetku leta 2009 namreč zgodilo več manjših potresov, med njimi je bil najmočnejši 30. marca, ki je imel magnitudo okrog 4. Šest seizmologov in gradbenikov, ki so imeli pomembne zadolžitve v različnih institucijah, se je 31. marca sestalo na srečanju, ki ga je sklicala agencija za civilno zaščito. Namen sestanka je bil ugotavljanje nevarnosti močnega potresa. Na sestanku je bilo med drugim ugotovljeno, da ni razloga za sklepanje, da bi niz majhnih potresov lahko predstavljal uvod v večji potres, in da je verjetnost za močan potres v območju majhna, vendar pa te možnosti ni mogoče izključiti. Na novinarski

konferenci, ki je sledila sestanku, je državni uradnik nerodno tolmačil sklepe sestanka, češ da strokovnjaki pravijo, da nevarnosti močnega potresa ni, saj gre za običajno sproščanje energije. Skupina prebivalcev je kasneje sporočila, da je več stanovalcev zaradi pogostih manjših potresov razmišljalo, da bi zapustilo svoje domove, vendar so si zaradi mnenja strokovnjakov premislili. Zato so vložili uradno prošnjo, v kateri so tožilce prosili, da primer raziščejo.

Primer je izzval proteste strokovnjakov po vsem svetu, ki se ukvarjajo s potresi, saj potresov za zdaj še ni mogoče napovedati z ustrezno zanesljivostjo. Nismo pa zasledili, da bi ugotavljali odgovornost projektantov objektov, ki so se med potresom porušili.

2.2 Obnašanje gradbenih objektov

Po statističnih podatkih je bilo leta 2001 od vseh stavb v območju L'Aquile 24 % armiranobetonskih in 68 % zidanih stavb, medtem ko za 8 % stavb material ni bil določen. 55 % stavb je bilo zgrajenih po letu 1945. Samo 5 % stavb je imelo več kot tri etaže (Ricci et al., 2011). Od 72.000 objektov, ki so jih pregledali do konca avgusta 2009, jih je imelo več kot 50.000 poškodovano konstrukcijo ali polnila. Med njimi jih je imelo okrog 28.000 poškodbe stopnje 2 ali več na petstopenjski lestvici (od 0 za nepoškodovane do 5 za porušene objekte). Okrog 17.000 jih je imelo poškodbe stopnje 3 ali več. Malo več kot polovica vseh pregledanih objektov je bila uporabnih. Med zidanimi objekti je bil delež hudo poškodovanih objektov približno 2,5-krat večji kot med armiranobetonskimi objekti (Dolce et al., 2009).

Jakost potresa, merjena s pospeški, je bila tako visoka, da se je velik del konstrukcij poškodoval. Po drugi strani je bilo število popolnih porušitev inženirsko grajenih konstrukcij razmeroma majhno, čeprav je bila duktilnost velikega dela konstrukcij (nearmirane zidane in stare armiranobetonske konstrukcije) majhna. To lahko pripišemo kratkemu trajanju potresa. Analiza akcelorogramov je pokazala, da je trajanje močnega dela potresa (to je časa, v katerem je prešlo v konstrukcije 90 % celotne energije) znašalo tri sekunde do deset sekund.

Zidane stavbe, ki predstavljajo večino stavb v L'Aquili, so bile zidane v različnih časovnih obdobjih. Kvaliteta materialov in gradnje je zelo različna. Številne stavbe so bile adaptirane na različne načine. Detaljne analize njihovega obnašanja je mogoče najti v publikacijah, navedenih v spisku literature.

| Postaja | Oznaka | Vrsta tal (EC8) | PGA (cm/s ²) | PGV (cm/s) |
|------------------------|--------|-----------------|--------------------------|------------|
| V. Aterno-Centro Valle | AQV | B | 646 | 42,8 |
| V. Aterno-Colle Grilli | AQG | A | 507 | 35,5 |
| V. Aterno-Fiume Aterno | AQA | B | 436 | 32,0 |
| L'Aquila Parcheeggio | AQK | B | 347 | 36,2 |
| L'Aquila Castello | AQU | B | 310 | 35,0 |
| Gran Sasso | GSA | A | 149 | 9,8 |

Preglednica 1 • Maksimalni pospeški (PGA) in hitrosti tal (PGV) v epicentralnem območju (Čelebi et al., 2010)

Najpomembnejša ugotovitev, ki jo je bilo mogoče dobiti pri ogledu posledic potresa, je potrditev znanega dejstva, da pri starih zidanih objektih k potresni odpornosti pomembno prispeva povezava zidov z železnimi ali jeklenimi vezmi. Na fasadah se je videlo, da imajo železne ali jeklene vezi številne stavbe v starem mestnem jedru L'Aquile. Stavbe so bile sicer poškodovane, ni pa bilo izpadanja zidov zunaj njihove ravnine in posledično rušenja objekta (slika 1).

Obstoječe armiranobetonske stavbe so bile projektirane po predpisih, ki so bili veljavni v različnih obdobjih in so predvidevali bistveno nižje potresne obremenitve, kot so predpisane v veljavnih italijanskih predpisih in v Evrokodu 8. Tudi zahteve za zagotavljanje duktilnosti so bile bistveno blažje ali pa jih sploh ni bilo. Kljub temu in kljub visokim pospeškom je bilo popolnih porušitev neduktilnih armiranobetonskih stavb razmeroma malo. K temu so gotovo v splošnem prispevala tudi polnila, ki v začetni fazi precej prispevajo k togosti in nosilnosti konstrukcije ter k njeni sposobnosti za sipanje energije. To običajno, predvsem pri kratkem trajanju potresa, prispeva k večji potresni odpornosti konstrukcije, če se zaradi vpliva polnil ne pojavita mehka etaža ali velika torzija, ki lahko povečata ranljivost konstrukcije. Pri daljšem trajanju močnega gibanja tal je vpliv polnil pri neduktilnih konstrukcijah manj ugoden ali celo neugoden. Po drugi strani so poškodbe polnil, ki se lahko pojavijo že pri manjših potresih, zelo moteče ali celo nesprejemljive z ekonomskega in socialnega vidika. Zlasti pogoste so bile poškodbe dvoslojnih fasadnih zidov z vmesno plastjo zraka zaradi izolacije (slika 2). Lahko se zgodi, da objekt s praktično nepoškodovano konstrukcijo po potresu postane neuporaben. Za zmanjšanje poškodb polnil je zato pomemben kriterij mejnega stanja uporabnosti, ki v sodobnih predpisih omejuje velikost etažnih pomikov.

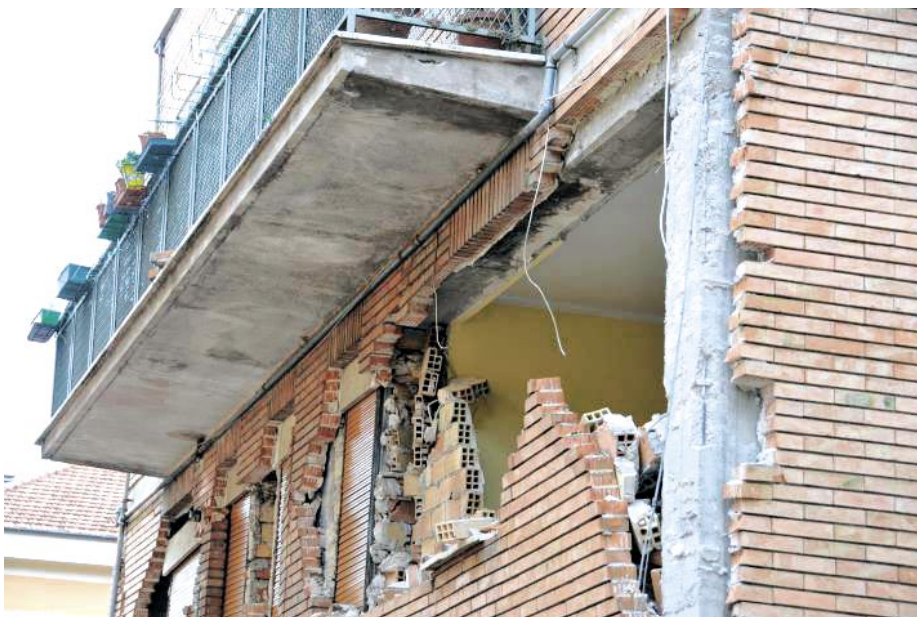
Spet se je potrdilo, da so najranljivejši objekti z nepravilno zasnovo, predvsem s tako imenovanim mehkim pritličjem. Med redke primere popolnih porušitev armiranobetonskih stavb sodi stavba hotela Duca Degli Abruzzi v L'Aquili (slika 3), ki predstavlja izrazit primer mehkega pritličja. Porušitev stanovanjske stavbe (slika 4) v Pettinu v bližini centra L'Aquile se je zgodila predvsem zaradi kombinacije oslabiljenega pritličja zaradi garaž, nepravilnega tlorisa in posledičnih torzijskih vplivov ter pomanjkanja stremenske armature in neduktilnih detajlov (Verderame, 2011). Objekt je imel armiranobetonsko konstrukcijo s



Slika 1a • Železne in jeklene vezi so zagotovile soliden odziv zidane stavbe v starem jedru L'Aquile



Slika 1b • Detajl pred kratkim vgrajenih jeklenih vezi (dodatno k že obstoječim – železnim)



Slika 2 • Porušitev dvoslojne fasadne stene



Slika 3 • Hotel Duca Degli Abruzzi v L'Aquili pred potresom (levo, iz Google Maps Street View) in po njem (desno)

polnili. H krhkim porušitvam stebrov so prispevale tudi povečane strižne sile v stebrih zaradi vpliva polnil. Poškodbe zaradi vpliva togega parapeta, ki je skrajšal svetlo višino stebrov, smo videli tudi v novejšem stanovanjskem objektu (slika 5).

V L'Aquilli smo opazili tudi več težko poškodovanih neduktilnih sten (slika 6). K poškodbam je prispevalo več dejavnikov. V prvi vrsti je bila, podobno kot je bilo to značilno za slovensko prakso pred črnogorskim potresom, vodoravna armatura bisveno šibkejša od navpične. Tanke vzdolžne palice niso mogle preprečiti uklona razmeroma debelih in na široko razporejenih navpičnih palic. Na vogalih sten ni bilo koncentrirane armature v obliki skritih stebrov. Tako tudi vodoravna armatura ni bila ustrezno sidrana – samo s kljuko pod kotom 90 stopinj v krovni plasti betona. Videti je bilo, da je bil delež prereza sten v primerjavi s površino florisa precej majhen.

Večina industrije v mestu je delovala v montažnih industrijskih halah, ki so podobne našim. Globalno obnašanje teh konstrukcij je bilo dobro (slika 7). Verjetno so k temu pripomogli tudi dolgi nihajni časi teh stavb, ki so bili zunaj resonančnega območja potresa. Vendar je potres opozoril na velik problem pravilnega konstruiranja in dimenzioniranja pritrditev fasadnih panelov na konstrukcijo. Opazili smo veliko močnih poškodb pritrditvenih elementov, ki so povsem enaki, kot se uporabljajo pri nas, in več zelo nevarnih porušitev fasadnih panelov (slika 8).

2.3 Nauki

Potres v L'Aquilli s stališča obnašanja konstrukcij ni pokazal veliko novega, z izjemo nevarnih porušitev pritrditvenih elementov za fasadne panele v armiranobetonskih montažnih halah. Potrdil je znana dejstva, da je gibanje tal lahko precej močnejše od predvidenega gibanja (večji pospeški, večje potresne obremenitve), da je pri zidanih stavbah zelo pomembna povezava zidov, da je obnašanje starih neduktilnih objektov večinoma slabo, da je škoda pri njih zelo velika, tudi če ni popolne porušitve, da nepravilnosti po višini (predvsem mehko pritličje) in po florisu objekta zelo poslabšajo potresni odziv. Zelo izrazito pa je pokazal na katastrofalne socialne in ekonomske posledice zaradi velike ranljivosti mest z velikim številom starih objektov. Ob upoštevanju dejstva, da se potres podobne ali večje jakosti lahko zgodi tudi pri nas, bi morali v Sloveniji pri načrtovanju zaščitne proti posledicam potresa upoštevati tudi ta nauk potresa v L'Aquilli.



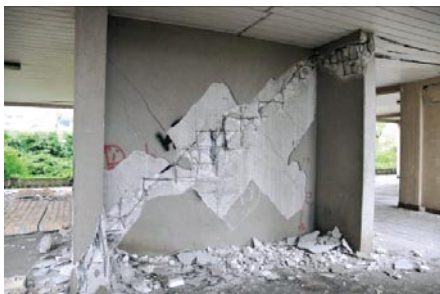
Slika 4a • Porušitev pritličja stanovanjskega bloka v Pettinu



Slika 4b • Neduktilni detajli brez zadostnih stremen v stebrih ob garažni odprtini



Slika 5 • Strižna porušitev stebra ob togem parapetu/ogradi



Slika 6a • Strižna porušitev stene v pritličju stanovanjske stavbe



Slika 6b • Neduktilni konstrukcijski detajli armature v steni



Slika 7 • Nepoškodovana montažna hala v gradnji. Tudi že zgrajena hala v ozadju ni bila poškodovana



Slika 8 • Porušitev montažnih panelov v montažni hali (Vir: ASSOBBETON)

3 • ČILE

3.1 Osnovni podatki

V Čilu se je 27. februarja 2010 zgodil eden najmočnejših potresov v novejši zgodovini z magnitudo $M_w = 8,8$. Dolžina pretrga je znašala okrog 500 kilometrov. Zaradi velike magnitude in s tem povezane velike dolžine pretrga je bilo trajanje močnega dela potresa zelo dolgo (več kot eno minuto, v območju mesta Concepcion okrog dve minuti). To je bila bistvena razlika v primerjavi s potresom v L'Aquili, kjer je bilo trajanje gibanja tal bistveno krajše. Intenziteta potresa je bila ocenjena na 9 ali manj, maksimalni vodoravni pospeški tal v Concepcionu so bili primerljivi s tistimi v L'Aquili (65 % g), medtem ko so v Santiagu segali do 0,3 g, z izjemo ene registracije z 0,56 g. Navpični pospeški so bili večinoma nekoliko manjši od vodoravnih. V nasprotju s potresom v L'Aquili, kjer so bile posledice omejene na razmeroma majhno območje, je potres v Čilu zaradi velike dolžine pretrga prizadel izredno veliko ozemlje. Porušenih ali močno poškodovanih je bilo okrog 370.000 objektov, smrtnih žrtev pa je bilo več kot petsto, kar je razmeroma malo za potres takšnih razsežnosti. K temu je prispevalo dejstvo, da so v Čilu močni potresi zelo pogosti, zato je temu prilagojena gradnja, pri čemer se strogo upoštevajo predpisi. Na prizadetem območju je bilo med stavbami, grajenimi med letoma 1989 in 2009, blizu 10.000 stavb z več kot tremi etažami, od tega blizu 2000 stavb z več kot devetimi etažami. Od vseh teh stavb se je samo ena popolnoma porušila, uničenih (delno porušenih ali nepopravljivo poškodovanih) pa je bilo okoli 50 stavb. Pomembno je, da je med njimi tudi nekaj povsem novih. Te poškodbe lahko pripišemo pomanjkljivostim v predpisih, ki so dovoljevali projektiranje in gradnjo armiranobetonskih stenastih stavb z neustrezno zasnovo in neustreznimi konstrukcijskimi detajli. Ta nauk potresa v Čilu je zelo pomemben tudi za Slovenijo, kjer se uporabljajo zelo podobni konstrukcijski sistemi.

3.2 Obnašanje armiranobetonskih sten

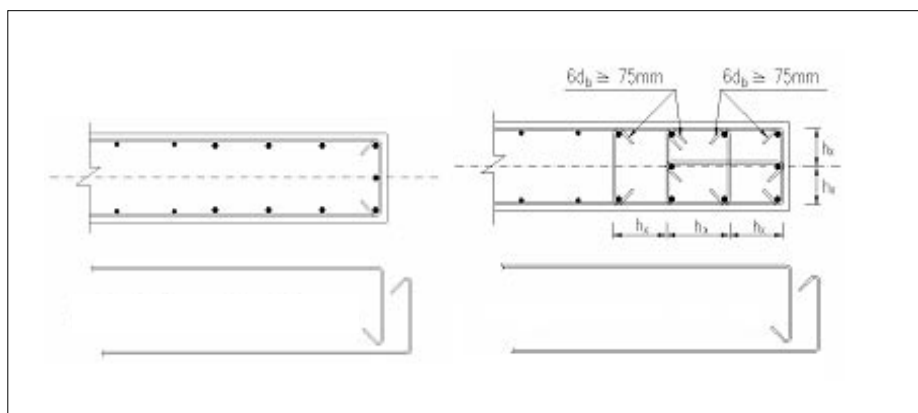
Ko je leta 1985 Čile prizadel močan potres, so raziskovalci ((Wood, 1991), (Wallace, 1993)) poročali o zelo dobrem obnašanju stavb s precej tankimi srednjeduktilnimi stenami. Ta poročila so dvignila samozavest tudi v Sloveniji, kjer gradimo zelo podobne stene. Zato so bila poročila o nekaterih težko poškodovanih stenastih konstruk-

cijah po potresu leta 2010 zelo neprijetno presenečenje. Res je bila magnituda potresa izjemna, vendar je bila intenziteta primerljiva s tisto leta 1985. Ta strah vzbujajoča poročila so bila tudi temeljni razlog, da sta se avtorja odpravila v Čile.

Izkazalo se je, da je bil vzrok za precej številne porušitve sten razmeroma jasen in preprost. Konstrukcijski sistem in detajle, ki so bili zelo dobri za zmerno visoke stavbe s približno desetimi etažami, ki so se gradile v prejšnjih desetletjih, so zaradi velikega povpraševanja v

času ekonomskega razcveta začeli uporabljati tudi pri stavbah višine 20 etaž in več. Ob tem so zaradi pridobivanja čiste tlorisne površine včasih celo zmanjševali delež prereza sten v primerjavi s površino tlorisa. Obdržali so tudi majhne debeline sten okoli 20 cm. Za preteklo prakso je bilo značilno duktilno obnašanje, saj se je armatura plastificirala, ko tlačna cona še zdaleč ni bila izkoriščena. Zato srednjeduktilni detajli objeta tlačne cone niso bili problematični. Z velikim povečanjem tlačnih obremenitev pa so detajli postali kritični, in porušili so se tlačeni vogali v kombinaciji s tlačnim strižnim lomom.

Čeprav se morda zdi, da ta ugotovitev za Slovenijo, kjer še vedno prevladujejo precej nizke



Slika 9 • Detajli izvedbe vogalne armature sten v čilenski praksi



Slika 10a • Razprtje neučinkovito sidrane vodoravne armature na vogalih močno tlačno obremenjenih sten



Slika 10b • Značilen pretrg vogalne navpične armature zaradi sosednja plastifikacije in uklona



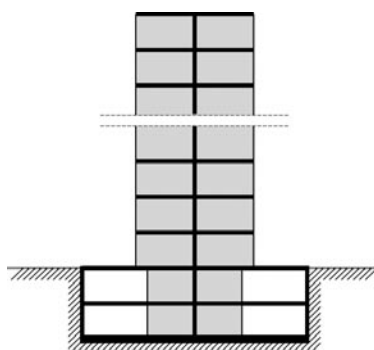
Slika 10c • Porušitev in uklon palic na mestu preklopa armature



Slika 10d • Uklon pravokotno na ravnine relativno tanke stene



Slika 11 • Značilna porušitev sten v prvi kletni etaži



Slika 12 • Značilna zasnova po višini stavb



Slika 13a • Stavba Alto Rio v času graditve leta 2008



Slika 13b • Stavba se je med potresom prelomila v pritličju in prevrnila

stavbe do deset etaž, ta problem ni kritičen in relevanten, je treba upoštevati, da je pri nas načrtovanih več precej visokih stavb. Poleg tega v arhitekturi obstajajo želje (celo pritiski) po radikalnih zmanjšanih deleža sten v tlorisu. V nasprotju s starim predpisom Evrokod namreč ne določa minimalnega deleža sten v tlorisu. Na srečo Evrokod v nasprotju z dosedanjimi predpisi v Čilu omejuje maksimalni tlak zaradi osne obtežbe v stenah (določilo je podobno omejitvi, ki smo jo imeli že v starih predpisih).

Značilni detajli armature na robovih sten v Čilu so prikazani na sliki 9. Poleg teh uporabljajo tudi rešitve z U-stremani, ki so enake kot v naši praksi.

S slike 9 je razviden značilen detajl sidranja vodoravne armature v vogalih s kljukami pod kotom 90 stopinj (večkrat znaša kot zakrivitve ene od palic tudi 180 stopinj). Povsem enak detajl je narisani tudi na sliki 5.8 v Evrokodu 8-1. Vendar se je ta rešitev pri večjih tlačnih obremenitvah vogalov sistematično pokazala kot neustrezna. Krovna plast betona je odpadla, sidranje armature je postalo neučinkovito in vodoravna armatura se je razprla (slika 10a). Sledil je uklon vzdolžnih palic. Sosledje plastifikacije in uklona vzdolžnih palic na vogalih sten je pogosto pripeljalo do pretrga teh palic (slika 10b). Takšne porušitve so bile še zlasti pogoste na mestih prekopov armature (slika 10c). Iz prikazanega lahko zaključimo, da je treba vzdolžno armaturo v močno tlačno obremenjenih stenah sidrati v objeto betonsko jedro. Čilenski potres je potrdil tudi nevarnost uklona močno tlačno obremenjenih tankih sten zunaj ravnine stene (slika 10d). Priporočamo nadzor minimalne potrebne debeline sten po postopkih iz literature (na primer: poglavje 5.4.3.c v knjigi Paulay in Priestley, 1992). Najbolj značilne so bile strižno-tlačne porušitve sten v prvi kletni etaži višjih stavb (slika 11). Analiza teh poškodb je zelo poučna tudi za našo prakso.

Značilna zasnova takšne stavbe je prikazana na sliki 12. Projektanti so očitno pričakovali, da bodo močne obodne stene v kleti prevzele večino obtežbe in razbremenile stene jedra stavbe. Zato so tudi dopuščali določeno redukcijo števila in dimenzij sten v kleti, ki je omogočala večjo funkcionalnost garaž. Te redukcije so bile običajno relativno majhne (na primer: zmanjšanje dolžine stene s šest metrov na pet), vendar kljub temu pogosto usodne. Stene v prvi kleti so namreč izjemno obremenjene in prenos na obodne stene se izvrši šele globlje v kleti. V prvi vrsti je na mestu velikega skoka v togosti stena obre-



Slika 14a • Pogled na mesto preloma v pritličju stavbe Alto Rio

menjena z veliko prečno silo, ki jo zahteva prenos obremenitve na obodne stene. Upogibni moment na vrhu kletne stene je enak kot v pritličju spodaj, tlaki pa se povečajo zaradi dodatne teže ene etaže in morebitnih redukcij v številu in dimenzijah sten.

Opišimo še edino popolno porušitev visoke stenaste stavbe Alto Rio, ki je bila deležna velike medijske pozornosti. Alto Rio je bila povsem nova 15-nadstropna armiranobetonska stanovanjska stavba (slika 13a), ki je bila zgrajena leta 2008 v mestu Conception v bližini reke na značilnih mehkih tleh. Imela je dve podzemni etaži. Pretežno stenasta stavba v kombinaciji z okvirji se je med potresom v pritličju dobesedno prelomila in prevrnila (slika 13b). Po prevrnitvi konstrukcija v višjih etažah (z izjemo še enega preloma proti vrhu



Slika 14b • Vsa armatura v pritličju je bila preklopljena na isti višini na mestu preloma

stavbe zaradi udarca ob tla) niti ni bila zelo poškodovana. Od 87 ljudi, ki so bili v času potresa v stavbi, jih je 79 preživel. 52 se jih je celo samih rešilo iz stavbe.

Vzroki porušitve še niso povsem razjasnjeni. Vendar lahko sklepamo na kombinacijo več dejavnikov. To so že opisani mehanizmi poškodb v visokih tankih stenah, delno mehko in neregularno pritličje ter slaba tla na lokaciji. Opazili pa smo še eno pomembno podrobnost. Vsa armatura v stebrih pritličja je bila preklopljena na istem mestu (slika 14). To mesto je sovpadalo z mestom preloma. Za konec ovrednotimo opažanja v Čilu še s stališča zahtev Evrokoda 8 in naše dosedanje gradbene prakse. Ugotovimo lahko, da bi dosledno upoštevanje določil Evrokoda 8 (zlasti fistih za stene visoke duktilnosti)

preprečilo velik del problemov, ki smo jih opazili po čilenskem potresu. Predvsem je pomembno, da Evrokod določa maksimalno dovoljeno normirano tlačno silo v steni (0,35 za stene visoke duktilnosti in 0,40 za stene srednje stopnje duktilnosti). Pri stenah visoke stopnje duktilnosti, delno pa tudi pri srednje duktilnih stenah, je treba preveriti duktilnost zaradi kombinacije osne sile in momenta z neposredno ali posredno kontrolo tlačnih deformacij in učinkovitosti objetja vogala stene. Predpisane so minimalne debeline robnih elementov. Predpisani so pogoji za gostoto prečne armature, ki naj bi učinkovito preprečili uklon tlačne armature na mestu plastičnih členkov. V členu 5.8.1 (5) je tudi zahtevano, da se pri stenah, ki so vpete v kleti škatlastega tipa, kritično območje razteza še v dolžini h_{cr} pod nivojem stropa kleti. Strižna sila se določi z načrtovanjem nosilnosti. Pogrešamo pa eksplicitno omejitev minimalnega deleža sten. Poleg tega je detajl sidranja vodoravne armature v shemi na sliki 5.8 v Evrokodu 8 neustrezen.

Za našo dosedanje prakso lahko rečemo, da je upoštevala vrsto dobrih določil, ki gotovo zmanjšujejo nevarnost porušitev, ki smo jih opazili v Čilu. Omejen je bil nivo tlačnih napevosti in določen minimalni dovoljeni delež sten v florisu. Določena je bila tudi precej gosta prečna armatura ob vpetju sten. Vsekakor pa predpisi niso vsebovali dovolj strogih določil za varovanje močno tlačno obremenjenih vogalov sten. Zato lahko podobno kot v Čilu zaključimo, da je bila praksa v Sloveniji dobra za malo ali zmerno obremenjene stene (z gotovostjo so to na primer stene v stavbah do pet etaž, če je delež sten v vsaki smeri vsaj 1,5 do 2 %). Če pa bi obstoječi konstrukcijski sistem brez bistvenih sprememb prakse hoteli uporabiti pri visokih stavbah (na primer 15 etaž) in/ali bi močno zniževali delež prereza sten, bi lahko pričakovali podobne probleme, kot smo jih zaznali v Čilu.

4 • HAITI

Potres z magnitudo 7, ki je 12. januarja 2010 prizadel Haiti, predstavlja eno največjih naravnih in humanitarnih katastrof v novejši zgodovini. Zahteval je več kot 316.000 žrtev. Okrog 1,5 milijona ljudi (približno 15 % celotne populacije Haitija) je bilo neposredno prizadetih. Ocenjeno je, da je bilo porušeni več kot 105.000 hiš, več kot 208.000 pa jih je bilo

poškodovanih. Med drugim je bilo porušeni ali močno poškodovanih okrog 1300 šol, več kot 50 zdravstvenih domov in bolnic ter 13 od 15 pomembnih vladnih objektov, vključno s predsedniško palačo. Škoda je ocenjena na osem milijard ameriških dolarjev, kar predstavlja več kot 120 % bruto nacionalnega produkta. Predvsem je bilo prizadeto glavno

mesto Port-au-Prince, kjer živi med 2,5 in tri milijone prebivalci. Žarišče potresa z ocenjeno globino okrog 13 kilometrov je bilo okrog 20 kilometrov oddaljeno od mesta. Ker na Haitiju ni bilo seizmoloških instrumentov, je težko oceniti vrednosti fizikalnih parametrov gibanja tal. Večina objektov je grajenih brez formalnih načrtov, kvaliteta gradnje je na splošno slaba. Potresi podobne jakosti so se na Haitiju že dogajali v preteklosti v letih 1701, 1751, 1770 in 1860. Ker je od zadnjega močnejšega potresa preteklo že 150 let, so odgovorni

očitno – v obilju drugih problemov, ki tarejo eno od najrevnejših držav na svetu – pozabili na predpise o potresnoodporni gradnji.

Čeprav bi se jakost najmočnejšega potresa pri nas lahko približala jakosti potresa na Haitiju, naše razmere seveda niso primerljive

z razmerami na Haitiju. Vseeno pa je vedno treba imeti v mislih, da dejstvo, da dolgo ni bilo močnega potresa, ne pomeni, da se tak potres ne bo več zgodil.

5 • CHRISTCHURCH

V Christchurchu se je zgodila serija potresov, med katerimi je bil najmočnejši tako imenovani potres Darfield 4. septembra 2010 z magnitudo 7,1, največje posledice pa je imel (po)potres 22. februarja 2011, ki je imel magnitudo 6,3. Pomembna popotresa sta se zgodila še 13. junija 2011 in povečala poškodbe na objektih, poškodovanih v predhodnih potresih. Potresi so se zgodili na prelomu, ki ga niso poznali.

Potres Darfield se je zgodil na globini okrog deset kilometrov približno 40 kilometrov zahodno od Christchurcha, ki ima okrog 375.000 prebivalcev. V bližini pretrga so bili izmerjeni veliki pospeški. Največji izmerjeni pospešek tal je znašal 1,24 g v navpični smeri, povprečje dveh vodoravnih pospeškov na isti postaji pa je znašalo 0,74 g. Pospeški v bližini pretrga so bili večji od projektnih pospeškov. V Christchurchu so spektralni pospeški v območju nihajnih časov pod 1,5 s dosegali okrog 70 % projektnih vrednosti, pri nihajnih časih nad 1,5 s pa so dosegali projektne vrednosti. Potres, ki se je zgodil ponoči, ko je bilo središče mesta, kjer so najranjivejše stare

zidane stavbe, prazeno, ni povzročil žrtev. Materialna škoda je nastala predvsem zaradi zelo razširjene likvifikacije. Velika škoda je nastala tudi zaradi poškodb nekonstrukcijskih elementov in opreme v stavbah. Škoda je bila ocenjena na štiri milijarde NZ dolarjev.

Večina inženirsko grajenih objektov (angl. »engineered structures«), tudi starejših, je armiranobetonskih in lociranih v Christchurchu, kjer je bila intenziteta potresa ocenjena na VII–VIII po MMI-lestvici. Obnašanje konstrukcij teh objektov je bilo v splošnem dobro, tudi zaradi razmeroma nizkih pospeškov, pogosto pa so se pojavljale poškodbe nekonstrukcijskih elementov in opreme. Na primer: porušili so se regali v dveh regionalnih središčih, zaradi česar so bile uničene enomesečne zaloge hrane za Christchurch.

Obnašanje starih nearmiranih zidanih konstrukcij, ki večinoma niso imele povezanih zidov, je bilo slabo, saj je bila približno polovica takšnih objektov močno poškodovanih. V trgovskem delu središča so bili zaradi izpadanja zidov ogroženi tudi novejši objekti v sosesčini poškodovanih objektov. Ekipa EERI

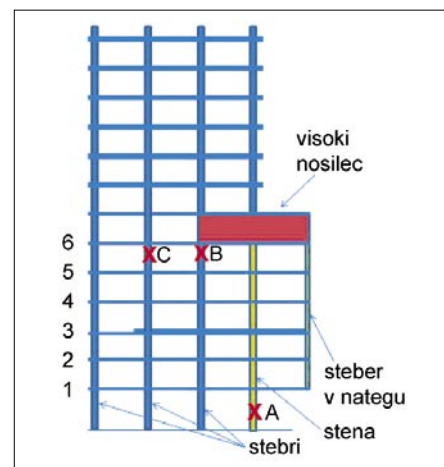
je v svojem poročilu napisala: »Zidovi, ki so padli na pločnike, na restavracije na prostem in na sosednje manjše stavbe, bi povzročili veliko žrtev, če bi se potres zgodil podnevi ali zgodaj zvečer.« To se je dejansko zgodilo februarja 2011.

Po potresu je mestni svet v Christchurchu (Christchurch City Council, 2010) sprejel odlok, po katerem morajo lastniki okrog 7600 potresno neodpornih stavb v 15 do 20 letih utrditi stavbe tako, da bo njihova potresna odpornost ustrezala vsaj 67 % potresne odpornosti, ki jo zahtevajo predpisi za nove stavbe. Kot potresno neodporne so definirane stavbe, katerih potresna odpornost znaša manj kot 33 % odpornosti, ki jo zahtevajo predpisi za nove stavbe. Zahteva ne velja za stanovanjske hiše, ki imajo manj kot dve nadstropji in manj kot tri stanovanja.

Potres, ki se je zgodil 22. februarja 2011, je bil dejansko močan popotres, ki je sledil potresu 4. septembra 2010. Čeprav je imel manjšo magnitudo (6,3, kar pomeni približno 16-krat manjšo sproščeno energijo kot pri magnitudi 7,1), so bile njegove posledice zaradi bližine središča Christchurcha (oddaljenost približno šest kilometrov) bistveno večje. Poleg več sto nearmiranih zidanih stavb so se porušili dva večetažna armiranobetonska poslovna objekta in garažna hiša. Umrlo je 184 ljudi, materialna škoda je ocenjena na 20 milijard



Slika 15 • Popolna porušitev stavbe televizije Canterbury. Med poglavitnimi vzroki za porušitev je bil slab stik etažnih plošč z jedrom. (Vir: Ken Elwood)



Slika 16 • Prerez konstrukcije hotela Grand Cancellor. Porušili so se stena na mestu A v prečni smeri in stebri na mestih B in C. (Vir: Ken Elwood)



Slika 17 • Porušitev zaradi preboja prednapetih etažnih plošč v garažni hiši (Vir: Ken Elwood)



NZ dolarjev. Maksimalni registrirani pospešek tal je znašal 2,2 g. Trajanje močnega gibanja tal je bilo razmeroma kratko in je v središču mesta znašalo okrog osem sekund. Spektralni pospeški v središču mesta so večinoma presegali vrednosti v elastičnem spektru za povratno dobo petsto let, deloma pa tudi za povratno dobo 2500 let po veljavnih predpisih. Spektralni pospeški tega potresa so bili v središču mesta precej večji od spektralnih pospeškov potresa Darfield v območju nihajnih časov do 2,0 s, pri višjih nihajnih časih pa so bile vrednosti spektralnih pospeškov obeh potresov podobne.

Potres je spet povzročil obsežno likvifikacijo, padanje skal in plazove, kar je poškodovalo na tisoče hiš in infrastrukturo. Katastrofalne posledice je imela porušitev stavbe televizije Canterbury (CTV), ki je povzročila približno polovico vseh žrtev potresa. Nosilno konstruk-

cijo šestetažne armiranobetonske stavbe, ki je bila grajena sredi osemdesetih let prejšnjega stoletja, sta predstavljala stena z odprtini in jedro. Podrta se je celotna stavba razen jedra (slika 15). Pomemben razlog za popolno porušitev je bil slab prenos horizontalnih obremenitev z etažnih plošč na jedro.

Močno je bil poškodovan tudi hotel Grand Chancellor. Prerez konstrukcije na sliki 16 kaže, da je bil del fasade obešen na visokem nosilcu. Takšne zasnove konstrukcij so v arhitekturi zelo priljubljene tudi pri nas. Zelo slab odziv te konstrukcije (porušili so se stena na mestu A v prečni smeri in stebri na mestih B in C) pa opozarja na potrebno znanje in veliko previdnost pri uporabi takšnih zasnov na potresnih območjih.

Porušila se je tudi armiranobetonska garažna hiša, kjer se je zgodila porušitev zaradi preboja prednapetih etažnih plošč (slika 17).

Porušenih ali močno poškodovanih je bilo na stotine nearmiranih zidanih stavb, dva- do trikrat več kot med potresom Darfield. Med njimi so bile tudi takšne, ki so bile utrjene pred potresi. Mnoge stavbe, ki so nepoškodovane ali rahlo poškodovane prenesle potres Darfield, so se porušile med tem potresom. V središču mesta je bilo med nearmiranimi zidanimi stavbami kar 62 % označenih rdeče (porušeno ali hude poškodbe) in samo 12 % zeleno (uporabno). Pri armiranobetonskih stavbah jih je bila polovica uporabnih, 19 % pa jih je bila označenih rdeče. Velik del središča mesta, ki obsega okrog dvesto betonskih in petsto do šeststo zidanih stavb, je bil popolnoma zaprt za pristop.

13. junija 2011 sta se zgodila dva močna popotresa z magnitudama 5,6 in 6,3, ki sta povzročila dodatne poškodbe. Bilo je 46 ranjenih, dodatna škoda je znašala približno šest milijard NZ dolarjev. Maksimalni pospeški tal so spet dosegli zelo visoke vrednosti (2,13 g v epicentralnem področju, 0,78 g v središču).

Nova Zelandija ima sodobne predpise za gradnjo novih objektov, kot večinoma povsod po svetu pa so problematični obstoječi objekti. Ker je bil Christchurch ocenjen kot mesto z zmerno potresno nevarnostjo, ni imel posebnega programa za utrjevanja starih zidanih objektov, ampak so lokalne oblasti le spodbujale k prostovoljnemu utrjevanju ogroženih objektov. Potresi, ki so povzročili bistveno večje pospeške od pričakovanih, so ohromili mesto Christchurch, ki bo potrebovalo dolga leta, da si bo opomoglo. Tako kot v Sloveniji je tudi v Christchurchu povratna doba močnih potresov razmeroma dolga, kar neugodno vpliva na pripravljenost za utrjevanje potresno neodpornih obstoječih objektov.

6 • JAPONSKA

Območje Tohoku na Japonskem je 11. marca 2011 prizadel potres z magnitudo 9. To je bil najmočnejši potres, zabeležen na Japonskem, in peti najmočnejši potres v zabeleženi zgodovini človeštva. Žarišče potresa je bilo v morju okrog 72 kilometrov od obale v globini okrog 32 kilometrov. Najbližje večje mesto je Sendai, ki je oddaljen okrog 130 kilometrov od žarišča. Pred potresom je bilo več popotresov, glavnemu potresu pa je sledilo več sto popotresov. Sistem za zgodnje obveščanje je zaznal potres in milijonom poslal sporočilo, ki je v Tokio

(oddaljenost okrog 370 kilometrov) prispelo približno eno minuto pred potresnimi valovi. Potres je povzročil cunami. Največja višina valov, ki so dosegli obalo, je znašala 39 metrov. Največji izmerjeni pospešek tal je znašal 2,7 g (v vodoravni smeri). Zaradi potresa in cunamija je umrlo več kot 15.000 ljudi (od tega več kot 90 % zaradi utopišev), več kot 4000 jih je bilo maja 2011 še pogrešanih. Popolnoma uničenih je več kot 45.000 objektov, močno poškodovanih je več kot 140.000. Celotna materialna škoda je ocenjena na okrog 300 milijard ameriških

dolarjev, kar predstavlja največjo škodo zaradi naravne nesreče v zgodovini.

Največji del katastrofalnih posledic potresa je povzročil cunami. Med drugim je cunami povzročil jedrsko nesrečo. Več jedrskih elektrarn se je zaradi potresa samodejno ustavilo. Pri elektrarni Fukušima I so valovi cunamija, ki so dosegli višino do 14 metrov, zaradi prenizkih obrambnih zidov zalili rezervne dizelske generatorje, odpovedali so sistemi hlajenja, posledično pa se je talila sredica v treh enotah elektrarne. Večkrat je eksplodiralo, eksplozije so poškodovale ovoje reaktorjev in radioaktivne snovi so prehajale v okolico. Evakuiranih je bilo več kot 200.000 prebivalcev v širši okolici reaktorja.

Samo gibanje tal med potresom kljub visokim pospeškom tal, ki so bili izmerjeni na nekaterih mestih (do 2,7 g), večinoma ni povzročilo rušenj objektov.

Potresa takšne jakosti, kot je bil potres v

Tohoku, in cunamijev v Sloveniji na srečo ne pričakujemo. Pomembna je potrditev znanega dejstva, da potresoodporna gradnja zmanjšuje posledice potresa. Pokazalo pa se je tudi, da je potres lahko vedno večji, kot ga

pričakujemo in upoštevamo pri projektiranju, zato je treba vedno zagotoviti določeno dodatno varnost. Predvsem pri industrijskih objektih za varnost ni pomembna samo konstrukcija, ampak tudi oprema.

7 • ZAKLJUČKI

Potresi, ki jih obravnavamo v tem članku, so imeli zelo različne jakosti. Potresi z magnitudo 9 ali blizu nje v Sloveniji glede na njene geotektonske značilnosti niso mogoči. Potresi na Haitiju in potres Darfield z magnitudo 7 predstavljajo po predvidevanjih seizmologov zgornjo mejo jakosti potresov v Sloveniji. Nedvomno pa lahko pri nas pričakujemo potrese takšne jakosti, kot so bili potresi v L'Aquila in popotresi v Christchurchu. Glede na precejšno podobnost stavbnega fonda v Sloveniji in Italiji lahko pričakujemo tudi podobne posledice močnega potresa v Sloveniji (če se bo ta na primer zgodil v bližini Ljubljane), kot so bile v L'Aquila.

Bistvene razlike med posledicami potresov na Haitiju in v Čilu jasno kažejo na izjemno pomembnost potresoodporne gradnje. Katastrofa, ki se je zgodila na Haitiju, pri nas zaradi neprimerno boljše gradnje ni mogoča. Dejstvo pa je, da je v Sloveniji veliko število objektov, predvsem starejših, ki so potresno premalo odporni in so ogroženi pri močnejšem potresu. Vsaj najpomembnejše med temi objekti bi bilo treba potresno utrditi.

Kljub vsem raziskovalnim dosežkom, ki smo jim bili priča v zadnjem času, je potresno gibanje tal še vedno zelo težko napovedati. Potresi v Christchurchu so se zgodili na prelomu, ki ni bil znan. Tako potres v L'Aquila

kot tudi potresi v Christchurchu so pokazali, da so pospeški tal lahko bistveno večji od pričakovanih pospeškov. Čeprav maksimalni pospešek tal nima dobre korelacije z jakostjo potresnega gibanja tal, so tako visoki pospeški, kot so bili registrirani, in z njimi povezani spektralni pospeški jasno opozorilo, da so potresne obremenitve konstrukcij lahko bistveno večje od tistih, na katere projektiramo naše konstrukcije. V takšnih primerih je zelo pomembna dodatna varnost, ki jo sodobni predpisi zagotavljajo z zahtevo po projektiranju nadzorovanega obnašanja (angl. capacity design). Pri nepravilnih konstrukcijah, predvsem tistih z mehкими pritrilji, je dodatno varnost zelo težko ali celo nemogoče zagotoviti.

Vsi potresi so pokazali, da se pri objektih, projektiranih in grajenih v skladu s sodobnimi načeli potresoodporne gradnje, zelo redko zgodi porušitev. Problem je še vedno zelo velika materialna škoda zaradi poškodb nekonstrukcijskih elementov in opreme. Razvoj potresoodpornega projektiranja gre v smeri zmanjševanja škode ob upoštevanju principov projektiranja nadzorovanega obnašanja objektov (angl. performance-based design).

Poseben primer je oprema industrijskih objektov, ki je lahko vzrok velike nesreče, kot se je to zgodilo na Japonskem. Oprema naše jedrske

elektrarne v Krškem je bila projektirana za potresne obremenitve, nismo pa prepričani, da velja to tudi za vso drugo potencialno nevarno opremo v Sloveniji.

Zelo konkreten nauk potresa v Čilu je lokalna porušitev tankih armiranobetonskih sten zaradi prevelike tlačne obremenitve in neustreznega projektiranja sten v prvi kletni etaži.

To se je zgodilo, ker so konstrukcijski sistem, ki je sicer dober za srednje visoke stavbe, nekritično in nasilno uporabili za precej višje stavbe, ki jih je zahteval trg v času razcveta ekonomije. Pri nas bi dosledno upoštevanje določil Evrokoda 8 za projektiranje duktilnih sten lahko preprečilo večino opaženih porušitev. Dosedanje prakso lahko ocenimo kot dobro za malo do zmerno tlačno obremenjene stene (z gotovostjo so to stene v regularnih stavbah do pet etaž, če je delež prereza sten v vsaki smeri v primerjavi s površino tlorisa vsaj 1,5-odstoten, kot je to zahteval dosednji predpis). Če pa bi to prakso brez bistvenih sprememb hoteli uporabiti pri visokih stavbah z močno tlačno obremenjenimi stenami in/ali bi močno zniževali delež prereza sten, bi lahko pričakovali podobne probleme, kot smo jih opazili v Čilu. Smiselna bi bila tudi dodatna kontrola tankih sten v nekaterih visokih stavbah, ki so bile zgrajene v preteklosti. Pomembno se je tudi zavedati, da močne obodne stene v kleti ne razbremenijo notranjih sten v prvi kletni etaži. Nasprotno, strizne obremenitve v notranjih stenah v prvi kletni etaži se lahko močno povečajo.

8 • ZAHVALA

Obisk na potresno prizadetih območjih običajno ni mogoč brez sodelovanja in pomoči kolegov iz prizadete države. Avtorjema so pomagali predvsem dr. I. Iervolino in prof. G. Manfredi (Italija) ter prof. J. C. De La Llera (Čile).

9 • LITERATURA

L'Aquila

Čelebi, M., Bazzurro, P., Chiaraluce, L., Clemente, P., Decanini, L., DeSortis, A., Ellsworth, W., Gorini, A., Kalkan, E., Marcucci, S., Milana, G., Mollaioli, F., Olivieri, M., Paolucci, R., Rinaldis, D., Rovelli, A., Sabetta, F., Stephens, C., Recorded Motions of the 6 April 2009 Mw 6.3 L'Aquila, Italy, Earthquake and Implications for Building Structural Damage: Overview, Earthquake Spectra 26, 3, 651–684, 2010.

- Dolce, M., in 37 soavtorjev, Quick surveys: post-earthquake usability inspections, poglavje 2.2 v *Progettazione Sismica* 1, 3: 95–103, 2009.
- L'Aquila, April 6th 2009, 3:32 am, *Progettazione Sismica*, 1, 3. Special Issue, IUSS Press, Pavia, 2009.
- L'Aquila earthquake: seismic sequence of 6th April 2009, Abruzzo, Italy, Special Issue, *Bulletin of Earthquake Engineering* 9(1), 2011.
- Mrevlje, A., Prebivalci v potresu porušene L'Aquile namesto pomoči dobili gumijevke, *Dnevnik*, 9. 7. 2010.
- The L'Aquila earthquake, A view of site effects and structural behaviour from temporary networks, Special Issue, *Bulletin of Earthquake Engineering* 9(3), 2011.
- The Mw 6.3 Abruzzo, Italy, Earthquake of April 6, 2009, Learning from Earthquakes, EERI Special Earthquake Report, June 2009.
- Ricci, P., De Luca, F., Verderame, G. M., 6th April 2009 L'Aquila earthquake, Italy: reinforced concrete building performance, *Bulletin of Earthquake Engineering* 9,1: 285–305, 2011.
- Verderame, G. M., De Luca, F., Ricci, P., Manfredi, G., Preliminary analysis of a soft-storey mechanism after the 2009 L'Aquila earthquake, *Earthquake Engineering Structural Dynamics* 40: 925–944, 2011.

Čile

- Paulay, T., Priestley, M. J. N., *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, Wiley, New York, 1992.
- The Mw 8.8 Chile Earthquake of February 27, 2010, EERI Special Earthquake Report, June 2010.
- Wood, S. L., Performance of Reinforced Concrete Buildings during the 1985 Chile Earthquake, Implications for the Design of Structural Walls, *Earthquake Spectra* 7(4), 607–637, 1991.
- Wallace, J. W., Moehle, J. P., Ductility and Detailing Requirements of Bearing Wall Buildings, *Journal of Structural Engineering*, ASCE 118(6), 1625–1644, 1992.

Haiti

- 2010 Haiti earthquake, Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/2010_Haiti_earthquake (14. 9. 2011).
- The Mw 7.0 Haiti Earthquake of January 12, 2010, Report 1, EERI Special Earthquake Report, April 2010.
- The Mw 7.0 Haiti Earthquake of January 12, 2010: Report 2, EERI Special Earthquake Report, May 2010.

Christchurch

- Christchurch City Council, Earthquake-Prone Dangerous and Insanitary Buildings Policy 2010, 9. 10. 2010. <http://www.ccc.govt.nz/thecouncil/policiesreportsstrategies/policies/groups/buildingplanning/earthquakepronebuildingspolicy.aspx> (15. 9. 2011).
- June 2011 Christchurch earthquake, Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/June_2011_Christchurch_earthquake (14. 9. 2011).
- Peak ground acceleration, Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Peak_ground_acceleration (14. 9. 2011).
- The Mw 7.1 Darfield (Canterbury), New Zealand Earthquake of September 4, 2010, EERI Special Earthquake Report, November 2010.
- The M 6.3 Christchurch, New Zealand, Earthquake of February 22, 2011, EERI Special Earthquake Report, May 2011.

Japonska

- 2011 Tohoku earthquake and tsunami, Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/2011_T%C5%8Dhoku_earthquake_and_tsunami (14. 9. 2011).

NOVI TRENDI NA PODROČJU SODELOVALNEGA INŽENIRSTVA

NEW TRENDS IN COLLABORATIVE ENGINEERING

dr. Robert Klinc, univ. dipl. inž. grad.
doc. dr. Matevž Dolenc, univ. dipl. inž. grad.
prof. dr. Žiga Turk, univ. dipl. inž. grad.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo (IKPIR),
Jamova 2, Ljubljana

Znanstveni članek
UDK: 002:659.2:624

Povzetek | Računalniki se v industriji, ki se ukvarja z grajenim okoljem (gradbeništvo), pojavljajo vse od petdesetih let prejšnjega stoletja. Pri tem je informatika v gradbeništvo prešla iz reševanja tehnoloških problemov v delo in sodelovanje z orodji informacijskih in komunikacijskih tehnologij (IKT). V članku predstavljamo razvoj gradbene informatike skozi čas, trende v informacijskih in komunikacijskih tehnologijah, ki vplivajo na gradbeno industrijo, ter ključne raziskovalne in razvojne teme, s katerimi se bo gradbena informatika morala spopasti v naslednjem obdobju.

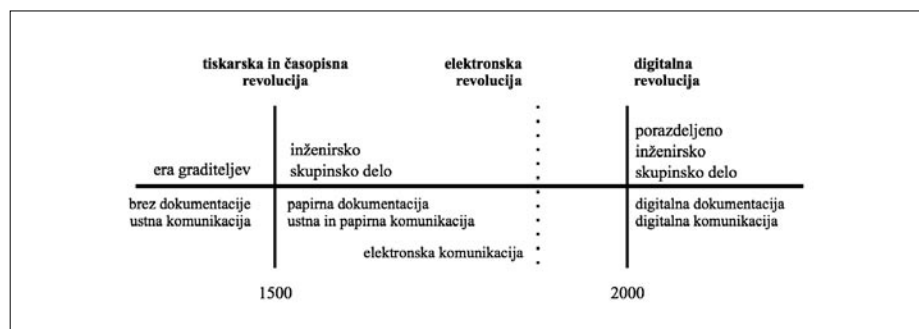
Summary | Computers in architecture, engineering and construction (AEC) industry emerged during the 1950s. From then construction informatics evolved from solving technological problems to the work and collaboration using information and communication technologies (ICT). The paper presents the development of construction informatics over time, ICT trends affecting AEC industry and the key research and development (R&D) issues that construction informatics will have to face in the near future.

1 • UVOD

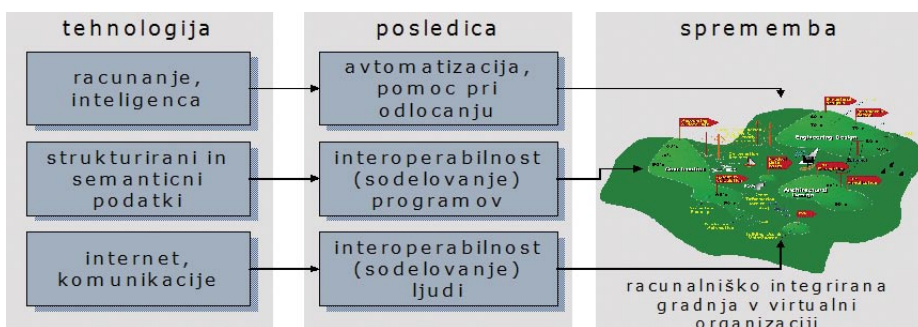
Od prazgodovine naprej je graditev terjala sodelovanje. Pogoj za sodelovanje je komuniciranje med sodelujočimi. Glede na prevladujoč način komuniciranja lahko zgodovino gradbeništva razdelimo v tri obdobja (slika 1) (Turk, 2001). V prvem so komunicirali pretežno ustno. Dokumentacija ni obstajala, zato je morala biti oseba, ki je načrtovala in planirala gradnjo, pretežno fizično prisotna na kraju gradnje. Po iznajdbi poceni papirja konec 15. stoletja se začne sistematično razvijati tehnično dokumentiranje. Gradbeni procesi zelo nazorno razpadejo na informacijske in materialne. V prvih se pripravljajo načrti in plani, v drugih se fizično gradi. Stoletja je bila papirna tehnična dokumentacija

osnovno komunikacijsko orodje med projektanti v birojih in izvajalci na gradbiščih. Od konca osemdesetih se papir umika digital-

nemu komuniciranju, računalniška tehnologija pa se v vlogi orodja (npr. programi za račun konstrukcij), pomočnika (npr. programi, ki generirajo možne florise stavbe) ali medija (programi, ki omogočajo prikaz načrtov in komunikacijo med udeleženci) pojavlja v vseh informacijskih in materialnih podprocesih.



Slika 1 • Komunikacijske revolucije in spremembe vzorcev delovanja v gradbeništvu (Turk, 2001)



Slika 2 • Trendi tehnološkega razvoja, posledica procesov v gradbeništvu in vpliv na računalniško integrirano graditev

Sprva je informacijska tehnologija s tehnično drugačnimi rešitvami obnavljala stare vzorce dela. Pošiljanje telefaksov je npr. zamenjala elektronska pošta. Risanje načrtov, kjer je tehnik vlekel s tušem po papirju, so nadomestili programi, kjer so črte vlekli po računalniku. Računanje konstrukcij peš so nadomestili računalniški programi za analizo konstrukcij. Sodelavci inštituta IKPIR so tudi na tem področju orali ledino od sedemdesetih let dalje.

1.1 Tehnološki pritisk

Razvoj informacijske in komunikacijske tehnologije pa je zelo hiter. Večan je na Moorov zakon, ki vsako leto in pol podvoji hitrost mikroprocesorjev, enako hitro pa naraščajo tudi hitrosti omrežnih povezav in padajo cene pomnilniškega prostora. Nove informacijske tehnologije spreminjajo paradigmo, spreminjajo vzorec dela, kar ima za posledico najprej spremembo navad, nato spremembo organiziranosti in organizacij, nazadnje pa spremembo regulative.

Današnji trenutek zaznamujejo trije veliki trendi na področju gradbene informatike (slika 2):

Prvič, napredek pri razvoju procesne tehnologije in metod za numerično modeliranje omogoča vse hitrejšo in obsežnejšo analizo kot tudi sintezo informacij. Posledica tega trenda je avtomatizacija odločanja, ko gre za analizo rešitev in generiranje alternativnih rešitev, predvsem v arhitekturi in prostorskem planiranju, z uporabo metod umetne inteligence.

Drugič, črta se kot osnovni gradnik risbe in dokumentacije počasi, a nezadržno umika podatkovni strukturi, objektu, ki na bistveno bolj natančen, konsistenten, predvsem pa

na strukturiran način opisuje zamišljeno zgradbo. Množico takih objektov imenujemo informacijski model zgradbe ali virtualna zgradba. Desetletja dolg razvoj konceptualnega modeliranja v gradbeništvu in modeliranja gradbenih produktov je našel komercialno udejanjenje v evoluciji CAD-programov v BIM-programe. Ključni prispevek BIM-programov k celovitosti gradnje je, da omogočajo informacijsko celovitost, torej izmenjavo podatkov med programi na visokem pomenskem nivoju.

Tretjič, računalnik postaja komunikacijsko orodje in platforma za sodelovanje ljudi in podjetij. Ta smer razvoja je še zlasti hitra od pojava spleta 2.0 in razcveta tehnologij, ki povezujejo ljudi. Laikom so poznani kot Facebook, LinkedIn, Google Docs, Skype, funkcionalno podobne rešitve pa obstajajo tudi posebej za inženirje. A vendar so se inženirji sredi prvega desetletja tega stoletja znašli v položaju, ko so bila ta splošna orodja za sodelovanje uporabnejša od specializiranih rešitev za gradbenike.

1.2 Vpliv na celovitost gradnje

Predvsem zadnja dva trenda bistveno prispevata k povezanosti in celovitosti gradnje, torej k nečemu, kar je začelo razpadati pred stoletji, tisti trenutek, ko cela zgradba z vsemi podrobnostmi ni bila več v glavi enega samega stavbenika, ampak so se znanja specializirala, strokovnjaki pa se med seboj pogovarjali v natančnem jeziku matematičnih izračunov in tehničnih risb.

Informacijski modeli gradbene procese vse tesneje povezujejo na ravni podatkov, ki lahko, pogosto celo brez človekove intervencije, povežejo programe med seboj. Uporaba informacijskih modelov lahko poveže

tisti del gradbeništvu, ki je predvidljiv in zato lahko formalen – spravljen v formo, s katero znajo delati programi BIM. Računalnik kot komunikacijska platforma pa poveže ljudi, ki so sposobni pogledati preko modelov in rešujejo probleme, ki ostajajo onkraj dosega informacijske tehnologije. Povezujejo ljudi, ki so sposobni obvladati enkratno naravo gradbenih produktov in projektov, ter še vedno visoko stopnjo improvizacije, ki je posledica te enkratnosti.

Tretji nivo povezovanja se dogaja na čisto tehničnem nivoju, ki je skupen vsem trem naštetim trendom. Gre za računalništvo kot storitev (angl. computing as utility) in mobilno računalništvo. Prvo daje računalniške vire (procesiranje, hranjenje podatkov, komunikacije) na razpolago uporabnikom na čisto nov način. Postajajo del gospodarske infrastrukture; podobno kot se podjetja praviloma ne ukvarjajo s tem, da imajo svoj izvir vode, svojo kanalizacijo in elektrarno, se iz organizacij selijo tudi računalniške storitve.

1.3 Trendi

Računalništvo je šlo skozi več nihanj med lokalnim in oddaljenim. Na IKPIR se spominjamo časov, ko smo na FGG samo luknjali kartice, računalno pa se je nekje daleč. Sledili so osebni računalniki, ki so delo opravili na uporabnikovi mizi. Potem so se pojavili strežniki, ki so del hrambe podatkov in komunikacije opravili v računskem središču. Danes smo priča selitvi računskih virov v »oblak« ter virtualizaciji računalnikov in omrežij. Osebni računalnik je samo okno, skozi katero izkoriščamo vire v oblaku.

V ta vzorec se zelo dobro vklaplja mobilno računalništvo. Mobilna naprava zaradi porabe energije in zahteve po majhni teži ne more zagotavljati velike procesne moči in hrambe podatkov; lahko pa je prav uporabno in v vsakem trenutku dostopno okno v virtualizirane storitve v oblaku.

Virtualizacijska tehnologija je hkrati odlična podpora vzorcu virtualnega podjetja (začasnega zavezništva sicer neodvisnih organizacij, ki na podlagi dogovorjenih pristojnosti opravljajo skupne poslovne procese), ki je že stoletja prisoten v gradbeništvu in je lahko zdaj tudi tehnološko podprt.

V članku predstavljamo svoje razumevanje trendov in prispevke k razvoju tehnologij.

2 • SMERI RAZVOJA INFORMATIKE IN GRADBENE INFORMATIKE

Svetovni splet je v zadnjem desetletju ali dveh korenito spremenil gospodarstvo in tako ali drugače vplival na večino svetovnega prebivalstva. Splet danes ne predstavlja zgolj vira informacij, predstavlja tudi način poslovanja.

2.1 Novodobni socialni, tehnološki in poslovni trendi

Svet je danes povezan bolj kot kadarkoli prej, saj so tehnološke povezave pokrite s socialnimi omrežji. Fenomen, ki mu pravimo splet 2.0, predstavlja zlitje internetnega sveta z množico različnih novih orodij za komunikacijo, interakcijo in sodelovanje (Fuller, 2009). Spivack (2007a) je krivuljo naraščanja tehnoloških in socialnih povezav opisal kot na videz stalno rastočo (glej sliko 3), napoved razvoja tehnologij in računalniških okolij pa je razdelil na intervale oziroma obdobja. Trenutno smo v razvoju interakcijskih in komunikacijskih orodij na meji obdobja spleta 2.0 in spleta 3.0 (imenovanega tudi semantični splet).

2.1.1 Splet 2.0

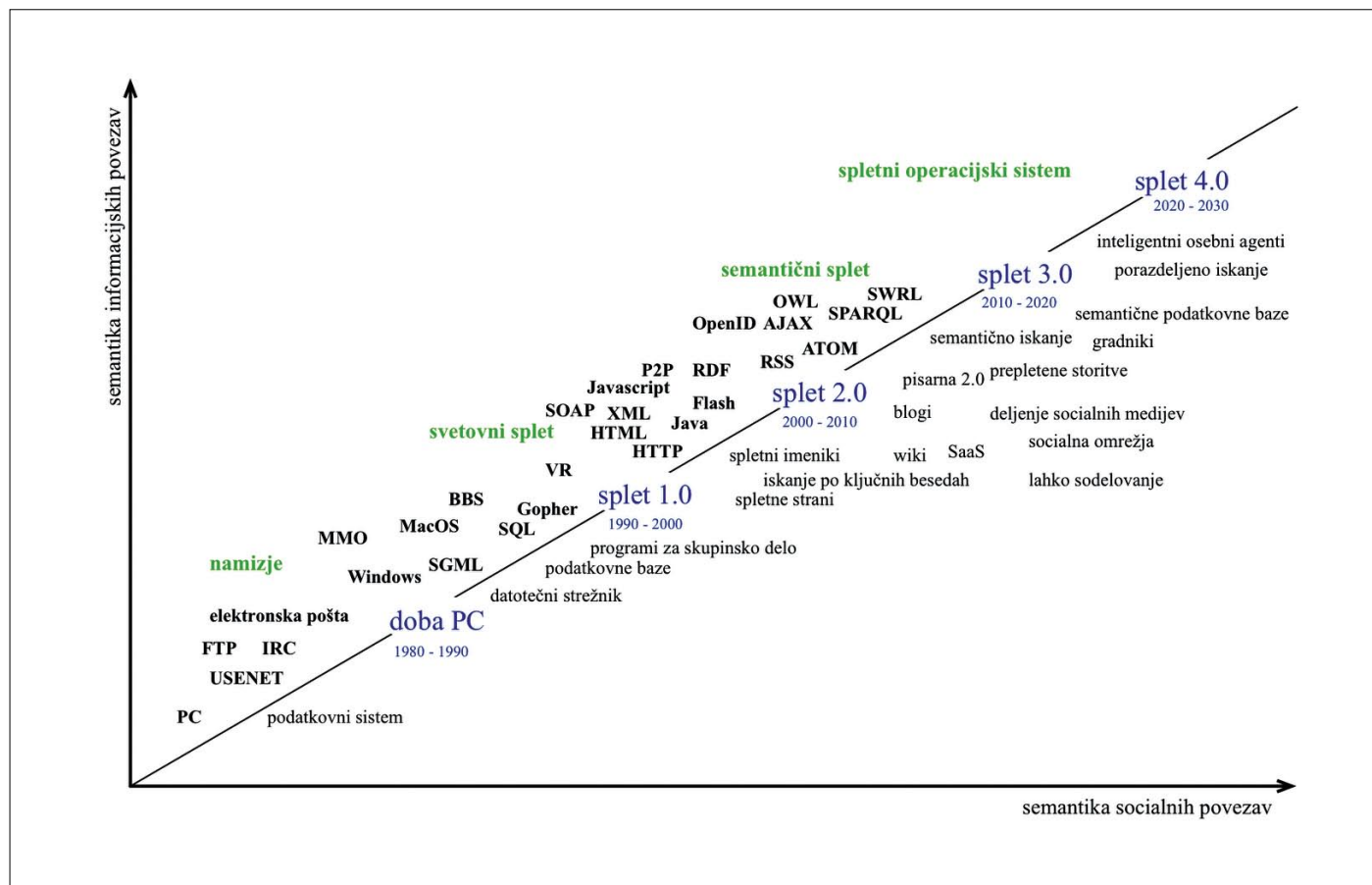
Splet 2.0 je nova generacija spletnih storitev in predstavlja evolucijo (in hkrati revolucijo) spleta s tehnološkega in sociološkega vidika. O'Reilly (2005) je prepričan, da splet 2.0 nima točno določene meje, temveč zgolj gravitacijsko jedro. Velja ocena, da gre za trend oziroma smer, v katero se splet razvija, in ne za objekt, ki ga lahko ustvarimo (Jewell, 2007). Nivi (2005) je zapisal, da gre za odnos, ki teži k radikalno odprti komunikaciji in tudi skupnosti.

O'Reilly (2006) je zapisal naslednjo (kompaktno) definicijo spleta 2.0:

Splet 2.0 je poslovna revolucija v računalniški industriji, ki sta jo povzročila prehod k internetu kot platformi, in poskus razumeti pravila, ki omogočajo uspeh na tej platformi. Glavno pravilo za uspeh je naslednje: zgraditi je treba aplikacijo, ki upošteva mrežni učinek in ki z naraščanjem števila uporabnikov postaja boljša in boljša.

Miller (2005) razpravlja, da so posledice fenomena spleta 2.0 med drugim:

- pojav spletnih storitev, ki uporabnikom zagotavljajo dodano vrednost v pravem času in na pravem mestu, v pravi obliki, podatke pa pridobivajo iz širokega spektra zalednih sistemov;
- ustanavljanje *ad hoc* povezav med storitvami in zanje tam, kjer so potrebne, brez dragih in časovno potratnih pogodb in sporazumov;
- razdruževanje vsebin in storitev na uporabniku bolj razumljive komponente, manjšanje števila posrednikov in posledično bolj neposreden dostop do spletnih virov;
- pretvorba pasivnih prejemnikov v aktivne sooblikovalce vsebin, ki so nato preoblikovane, združene ali kombinirane, na voljo na mnogo različnih načinov;
- zamenjava dragih monolitnih sistemov z računalniškimi okolji, ki podpirajo namenske komponente, kar zagotavlja želeno medobratovalnost.



Slika 1 • Semantika informacijskih in socialnih povezav (Spivack, 2007a)

2.1.2 Tehnologije spleta 2.0

Splet 2.0 zajema široko paleto tehnologij, ki se ne razlikujejo bistveno od tehnologij tradicionalnega spleta, saj je drugačna le uporaba. Kljub temu med temeljne tehnologije spleta 2.0 uvrščamo predvsem:

- **CSS** (Cascading Style Sheets): CSS je jezik za opis predstavitvene semantike (videza in oblike) dokumenta, zapisanega v označevalnem jeziku. S CSS se vsebina dokumenta loči od oblike, kar uporabnikom in razvijalcem omogoča več prožnosti in nadzora;
- **Ajax** (Asynchronous JavaScript and XML): Ajax je skupina povezanih razvojnih tehnik spletnega programiranja, ki omogočajo ustvarjanje interaktivnih aplikacij na uporabniški strani. Z Ajaxom lahko spletne aplikacije pridobivajo podatke s strežnika nesočasno (asinhrono) ter v ozadju brez motenj prikaza in obnašanja spletne strani (Garret, 2005);
- **Adobe Flash™**: čeprav je bila tehnologija Adobe Flash™ na voljo že pred pojavom spleta 2.0, je šele tedaj dobila pravi zagon, zlasti ker omogoča vsebine, ki jih tradicionalno uporabljani HTML ne zmore. To velja predvsem za prikaz in predvajanje videa in zvoka. Največja slabost te tehnologije je strojna zahtevnost, zato jo v zadnjem času predvsem zaradi naraščanja števila pametnih mobilnih naprav precej uspešno izriva standard HTML5, ki pa še ni dovolj dobro podprt v brskalnikih;
- **RSS** (Really Simple Syndication, tudi Rich Site Summary ali RDF Site Summary): RSS je družina formatov spletnih virov (RSS, RSS2, Atom itd.), temelječih na standardu XML. Omogoča objavljanje redno osveženih informacij, ki jih je mogoče pregledovati s pomočjo različnih programskih aplikacij;
- **OpenID in OAuth**: Z naraščanjem števila spletnih storitev spleta 2.0 so se pojavile težave z avtentikacijo uporabnikov in varnostjo njihovih podatkov. Uveljavila sta se predvsem dva odprta standarda: OpenID in OAuth. V zadnjem času pobuda prevzema standard OAuth, saj so ga podprle vse priljubljene spletne storitve, kljub temu pa je prednost standarda OpenID v tem, da ne temelji na centralnem preveritvenem organu.

Značilnost tehnologij in storitev spleta 2.0 je, da ne gre nikoli za zaključeno (ali celo zaprto) celoto, saj vsaka uspešna storitev nudi programski vmesnik (API), ki omogoča uporabo storitve na programskem nivoju, in posredno tudi izboljšanje storitve. To pomeni, da storitve ni treba uporabljati na predvideni način in celo

v predvideni namen, ampak se lahko vsaka storitev prek programskih vmesnikov prilagodi (spremeni) in ponudi v drugačni (izboljšani in obogateni) podobi. Tako lahko praktično vsako storitev z nekaj znanja spremenimo po lastnih željah (prenesemo na drugo platformo, dodamo funkcionalnost ipd.).

2.1.3 Storitve za spletno druženje in spoznavanje (socialna omrežja)

Storitve za spletno druženje in spoznavanje (SNS) so evolucija spletnih skupnosti ter gostujočih storitev in so razmeroma nov koncept, katerega število uporabnikov v zadnjih letih raste eksponentno. Komisija Evropskih skupnosti (2009b) je storitve za spletno druženje in spoznavanje opredelila kot »spletna komunikacijska računalniška okolja, ki uporabnikom omogočajo ustvarjanje omrežij ali vključevanje v omrežja enako mislečih uporabnikov«.

Shuen (2008) razpravlja, da je spletno mreženje precej podobno mreženju v vsakdanjem življenju brez povezave v internet, saj so pri obeh pomembne socialne spretnosti. Razlika je ta, da povezovanje prek spletnih strani, elektronske pošte ali storitev za takojšnje sporočanje daje vtis navidezne bližine, pri čemer ni potrebe po vpludnostnem kramljanju. Shuen (2008) ugotavlja, da kljub temu ni zamenjava za osebni stik, vsekakor pa spreminja družbene vzorce, ki smo jih vajeni.

Preprosta in hitra digitalna povezljivost je premaknila težišče socialnega mreženja od ustvarjanja, preslikav in širjenja k iskanju novih načinov za izkoriščanje lastnega omrežja (Shuen, 2008).

2.2 Tehnološka evolucija

Komisija Evropskih skupnosti (2009a) je s sodelovanjem strokovnjakov iz industrije opredelila štiri ključne dejavnike, ki bodo vplivali na industrijo programske opreme v naslednjih letih: storitveno usmerjeno arhitekturo (SOA), računalništvo v oblaku, poslovno okolje 2.0 in semantični splet.

2.2.1 Storitveno usmerjena arhitektura (SOA)

Storitveno usmerjena arhitektura (SOA) je pristop k razvoju programske opreme, pri katerem se za povezavo ponovno uporabnih aplikacij v medobratovalne storitve uporabi fleksibilna in standardizirana arhitektura (Komisija Evropskih skupnosti, 2009a). Uporabi se lahko kot arhitektura za novo načrtovane rešitve ali kot načrt za rekonstrukcijo in poenostavitev

obstojećih kompleksnih informacijskih rešitev (Medeot, 2007).

V nasprotju z modeli odjemalec/strežnik, ki jih zaznamuje integracija po principu čvrste povezanosti ter posledično drago vzdrževanje in nadgradnja, so pri SOA posamezni deli porazdeljenega informacijskega sistema šibko povezani, kar razvijalcem omogoča, da o storitvi vedo le to, kje jo najdejo in kako z njo komunicirajo ((Komisija Evropskih skupnosti, 2009a), (Medeot, 2007)).

Kot pristop k razvoju programskih rešitev, ki organizacijam omogoča večjo prožnost in hitrost prilagajanja, preprostejšo povezavo razpoložljivih sistemov in novih tehnologij ter preprostejše vzdrževanje in nadgradnjo, se je SOA uveljavila tudi v poslovnem svetu (Kempiners, 2007). Storitve je mogoče vključiti v popolnoma heterogena poslovna okolja, pri čemer se gradijo, uporabijo in ponovno uporabijo glede na spreminjajoče se poslovne potrebe (Komisija Evropskih skupnosti, 2009a).

2.2.2 Računalništvo v oblaku

Računalništvo v oblaku je model uporabe informacijskih rešitev v obliki storitev, dostopnih na internetu, v nasprotju s tradicionalnim načinom, pri katerem so rešitve nameščene na strežnikih ali osebnih računalnikih v podjetju. Ime je izpeljano iz znaka, ki se je v omrežnih diagramih uporabljalo in se še uporablja za internet (Easynet, 2008). Računalništvo v oblaku je postalo splošni izraz za prilagodljive informacijske storitve in služi kot krovni pojem za zagotavljanje storitev, ko so hramba podatkov, računska moč, programska razvojna okolja in oprema, ki so končnim uporabnikom dostopni prek interneta (Komisija Evropskih skupnosti, 2009a).

Računalništvo v oblaku je:

- »model primernega in na zahtevo mrežnega dostopa do zaloge računalniških virov (npr. omrežij, strežnikov, shrambe, uporabniških programov in storitev), ki se lahko zagotovijo, uporabijo in sprostijo z minimalnimi naporji upravljavca ter ponudnika storitve« (Mell, 2009);
- »priprava in oskrba z računalniškimi storitvami – računsko močjo, podatkovno shrambo, pasovno širino in namensko programsko opremo – prek omrežja, kadar je to potrebno« (Hartman, 2009);
- »oblika računalništva, kjer so računalniške zmogljivosti dostopne *kot storitve*, kar uporabnikom omogoča dostop do tehnoloških storitev *v oblaku* brez potrebe po znanju, nadzoru ali zavedanju o tehnologiji, ki jih podpira« (CCUCDG, 2009a).

Uveljavili so se predvsem trije modeli računalništva v oblaku ((Mell, 2009), (CCUCDG, 2009a), (CCUCDG, 2009b)) (glej sliko 4):

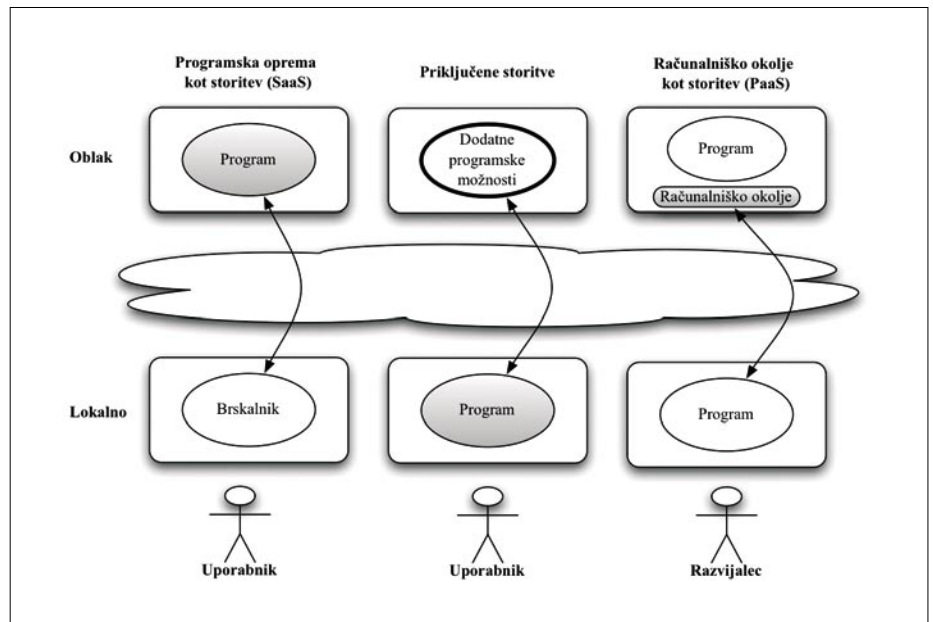
- programska oprema kot storitev (SaaS): uporabnik uporablja aplikacije, vendar ne nadzoruje operacijskega sistema, strojne opreme ali omrežne infrastrukture, na kateri teče. Aplikacije so dostopne prek različnih naprav z vmesniki lahkih odjemalcev (npr. spletna pošta) – primeri: salesforce.com, Google Gmail, Netsuite ...
- računalniško okolje kot storitev (PaaS): omogoča postavitev lastnih aplikacij v računalniško okolje v oblaku, če so aplikacije skladne z zahtevami ponudnika (pravi programski jezik, prava orodja). Uporabnik nima nadzora nad osnovno infrastrukturo (operacijski sistem, strojna oprema, omrežna infrastruktura), lahko pa ima dostop do nekaterih namestitvenih možnosti – primeri: Google App Engine, Microsoft Azure, Cloud Foundry ...
- infrastruktura kot storitev (IaaS): omogoča nadzor nad vsemi glavnimi računalniškimi viri, kot so računsko moč, shranjevanje podatkov, omrežne komponente (tudi požarni zid in sistemi za izenačevanje obremenitve) in vmesna programska oprema. Uporabnik ima nadzor nad operacijskim sistemom, vendar nima nadzora nad osnovno infrastrukturo – primer: Amazon EC2, GoGrid, VMware ...

Od tradicionalnega modela upravljanja in vzdrževanja programske opreme se loči po tem, kje so aplikacije nameščene in kdo jih vzdržuje (Hartman, 2009):

- programska oprema, ki teče na lokaciji podjetja, za svoje nemoteno delovanje zahteva nakup in vzdrževanje strojne opreme. Tako ima podjetje popoln nadzor nad aplikacijami in podatki, vendar ima obenem višje stroške in težje umerja potrebe;
- če programska oprema teče pri ponudniku gostovanja, se stroški vzdrževanja infrastrukture in upravljanja delijo;
- programska oprema, ki teče kot storitev v oblaku, nudi manj možnosti neposrednega nadzora, a večjo ekonomičnost in preprostejšo umerjanje potreb.

Osnovni modeli postavitve računalništva v oblaku so štirje ((Mell, 2009), (CCUCDG, 2009a), (CCUCDG, 2009b)):

- **zasebni oblak:** oblak je postavljen le za eno organizacijo. Upravlja in vzdržuje ga lastnik ali zunanji izvajalec, lahko je postavljen znotraj organizacije ali zunaj nje;
- **oblak skupnosti:** oblak si deli več organizacij, ki tvorijo skupnost. Upravlja in vzdržujejo



Slika 4 • Modeli računalništva v oblaku

ga lastniki ali zunanji izvajalci, lahko je postavljen znotraj organizacij ali zunaj njih;

- **javni oblak:** infrastruktura je v lasti ponudnika storitev v oblaku in je javno dostopna;
- **hibridni oblak:** je kombinacija javnega in zasebnega oblaka. Uporabniki po tem modelu manj pomembne poslovne procese in informacije obdelujejo v javnih oblakih, medtem ko občutljive storitve in podatke zadržijo v zasebnem oblaku. Povezava med obema poteka prek standardnih in zaščitene tehnologij, ki omogočajo prenosljivost.

2.2.3 Poslovno okolje 2.0

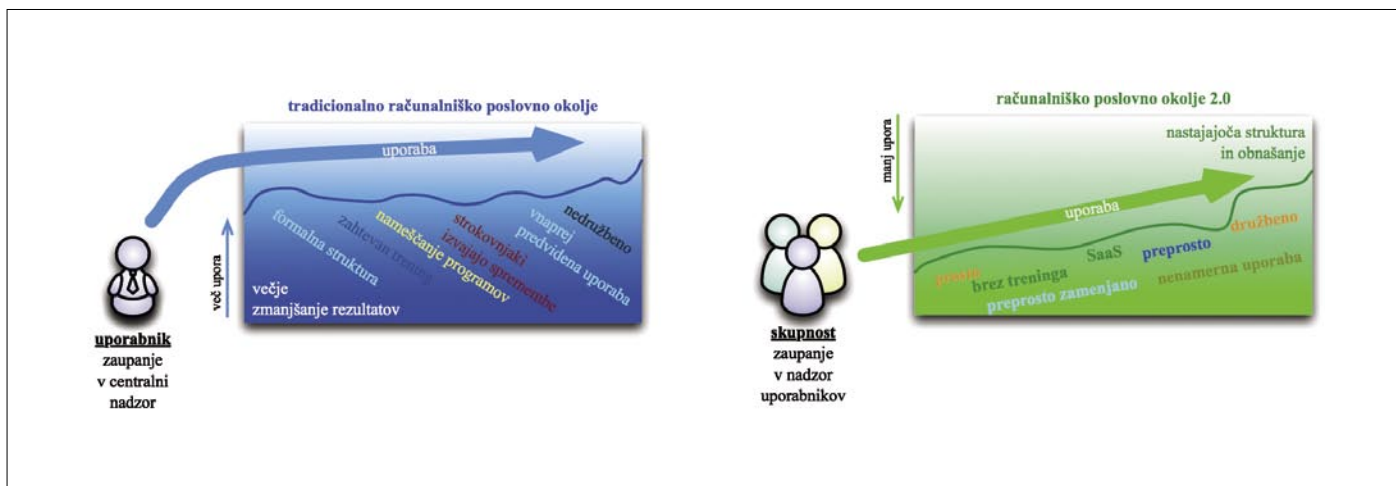
Naraščanje priljubljenosti digitalnih računalniških okolij za ustvarjanje, deljenje in filtriranje informacij na internetu, poimenovanih tudi storitve spleta 2.0, kot posledico nezadovoljstva nad zastarelimi tehnologijami v poslovnem okolju je McAfee (2006a) združil pod krovnim izrazom poslovno okolje 2.0. Poslovno okolje 2.0 združuje tehnologije in računalniška okolja spleta 2.0, ki jih lahko strokovni delavci, katerih primarna naloga je ustvarjanje ter uporaba znanja in informacij, pri svojem delu uporabljajo. Zaposleni, večši digitalnih opravil, tudi v svojem poslovnem okolju pričakujejo enake (preproste, učinkovite, splet 2.0) metode in orodja za komuniciranje, saj so ti prav s pojavom socialnih omrežij prvič omogočili uporabno ter preprosto tehnološko podprto komunikacijo in sodelovanje, dostopno širšim množicam.

McAfee (2006b) je poslovno okolje 2.0 opredelil kot »uporabo proste socialne programske

opreme v podjetjih«, kjer prosta programska oprema ni vnaprej določena in nima vnaprej pripravljenega pretoka dela, je neodvisna od organizacijske sheme in je sposobna dela z mnogimi oblikami podatkov. McAfee (2006c) je pozneje definicijo nekoliko spremenil, saj je menil, da prvotna ni bila dovolj dobro oblikovana: »poslovno okolje 2.0 predstavlja uporabo pojavljajočih se socialnih računalniških okolij v podjetjih ter med podjetji in njihovimi strankami oziroma partnerji«.

Del vzroka priljubljenosti tehnologij in orodij spleta 2.0 je tudi pojav široke palete ozko usmerjenih rešitev, zato ne čudi, da so računalniška poslovna okolja 2.0 v svoji zasnovi modularna. Tako lahko podjetja in organizacije komponente, vire in storitve dodajajo skladno s potrebami in razvijajočimi se poslovnimi modeli. V nasprotju s tradicionalnimi informacijskimi postavitvami (glej sliko 5) je v takšnem okolju mogoče razviti, umestiti in aktivirati nove storitve brez dolgih priprav, tečajev in usklajenih projektov, prav tako pomembno je tudi to, da je zaposlenim prihranjeno mučno učenje, privajanje in prilagajanje na nove tehnološke rešitve oziroma računalniška okolja (Buytendijk, 2008).

Spremembe pa se niso zgodile le na tehnološkem področju. Poklicni strokovnjaki in vodilni delavci imajo danes močan vpliv na delovanje organizacij, v katerih delujejo. Tradicionalne hierarhične strukture se izravnavajo in se bodo še naprej, zaposleni znotraj njih pa želijo sodelovati pri strateških odločitvah, ki vplivajo tudi na njihovo delo. Spremembe



Slika 5 • Tradicionalno poslovno okolje in poslovno okolje 2.0 (Hinchcliffe, 2006)

obstajajo tudi pri poslovnih procesih, saj so začele organizacije od modela, po katerem se procese določa in izvaja izključno navzven, prehajati k vrednostni verigi delovanja navznoter, kjer so stranke tiste, ki določajo delovanje in potek poslovnih procesov. V poslovnem okolju 2.0 je opravljanje posla proces nenehne interakcije in sodelovanja (Buytendijk, 2008).

2.2.4 Semantični splet

Nova arhitektura spleta, imenovana semantični splet, z izgradnjo novih smiselnih pomenov na spletu nudi možnost uporabe skupnega znanja. Raziskovalni semantični splet se je razvil iz tradicij umetne inteligence in ontoloških jezikov ter nudi samodejno procesiranje s strojno razumljivimi metapodatki (Alesso, 2006). Splošnemu prepričanju navkljub semantični splet ni nova oblika spleta, temveč le razširitev obstoječega, pri čemer se po novem informaciji dodeli dobro opredeljen pomen, kar omogoča boljše sodelovanje med človekom in računalnikom (Berners-Lee, 2001). Pomembno je izpostaviti, da se ne razlikuje od svetovnega spleta, ima pa razširitve, ki ga naredijo še bolj uporabnega (Feigenbaum, 2007). Iskold (2008) je opredelil dva načina dodajanja semantične vsebine:

- (klasični) način »od spodaj navzgor«: dodajanje semantičnih metapodatkov spletnim stranem in podatkovnim bazam na internetu. Posledično vsaka spletna stran postane semantična. Težava je, da se moramo naučiti RDF/OWL ((Spivack, 2008) (Spivack, 2009));
- (sodobnejši) način »od zgoraj navzdol«: samodejno ustvarjanje semantičnih metapodatkov za vertikalne domene. Ustvarjajo

se storitve, ki predstavljajo krovni sloj nad nesemantičnim spletom. V tem primeru se ni nikomur treba učiti RDF/OWL.

Ker obstaja kar nekaj težav klasičnega pristopa od spodaj navzgor (vsaka spletna stran mora podatke »obrazložiti« v ustrezni obliki (RDF, OWL itd.), da bi jih računalniki lahko »razumeli«), se vse bolj uveljavlja sodobnejši pristop od zgoraj navzdol, ki z razmeroma preprostimi metodami (kot je recimo dodeljevanje označb iz obstoječih oblik spletnih strani) samodejno izlušči semantične informacije. Semantični splet se pogosto omenja skupaj z izrazom splet 3.0, s katerim se opisuje prihodnost spleta s tehnološkega vidika. Ker je prihodnost spleta in spletnih tehnologij še precej nejasna, je bolj primerna definicija (Spivack, 2008), ki o spletu 3.0 govori kot o tretjem desetletju interneta (obdobju 2010–2020), v katerem se pričakuje popoln razmah semantičnega spleta.

2.3 Razvoj gradbene informatike

Informacijske tehnologije so s povezanimi področji (telekomunikacije in elektronika) popolnoma spremenile načine upravljanja informacij in komunikacije med ljudmi v industriji. To se je zgodilo predvsem na tri načine (Dainty, 2006):

- s pospešitvijo procesiranja informacij;
- z olajšanjem dostopa do informacij;
- z izboljšanjem informacijskih sistemov za upravljanje za bolj učinkovito odločanje in nadzor.

Gradbena industrija je računalnik in informacijske tehnologije sprejela v treh korakih (Turk, 2001b):

1. Najprej so računalnik uporabljali predvsem kot pomoč inženirjem pri reševanju vedno večjih modelov. Neposreden rezultat je bil

prihranek časa, prav tako je bila inženirjem naenkrat dana možnost doseganja večje natančnosti in razvoja bolj zapletenih modelov.

2. V naslednjem koraku so računalniki nadomestili risalne mize.
3. Tretje obdobje se je pričelo sredi osemdesetih let s pojavom prvih osebnih računalnikov. Od takrat naprej je računalnik nepogrešljivo orodje in se uporablja pri vsakdanjem inženirskem delu.

Za četrto obdobje IKT in računalnika v gradbeništvu štejemo internet. Pred široko javno uporabo interneta so bila poslovna računalniška okolja običajno omejena na vpeljavo znotraj ene same organizacije. Hiter razvoj internetnih informacijskih tehnologij je organizacijam dal možnost uporabe in vpeljave tehnoloških rešitev, ki so presegle prej veljavne omejitve, ter jim hkrati ponudil možnost ustvarjanja novih, bolj učinkovitih poslovnih procesov in izboljšanje medorganizacijskih delovnih praks (Becerik, 2004).

Gradbeništvu se je razmahu svetovnega spleta pridružilo sredi devetdesetih let, ko se je internet prvič pojavil v znanstvenih in strokovnih prispevkih na gradbeniških kongresih in delavnicah (Turk, 2001). Kmalu se je pokazalo, da gre za uporabno in udobno tehnologijo, ki procese v primerjavi s tradicionalnim načinom pohitri, poenostavi in poceni, hkrati pa naloge opravi zanesljiveje. Gradbena industrija je razmeroma hitro odkrila komunikacijske možnosti novih tehnologij, ki so se kmalu uveljavile vzdolž celotnega sektorja, kljub temu pa ni izkoristila celotnega potenciala novorazvitih IKT.

Čeprav IKT nudijo izjemno veliko možnosti na področju komunikacije, sodelovanja ter

upravljanja, in da gre za informacijsko precej zahtevno industrijo, gradbeništvo še vedno zaostaja pri uvajanju novih produktov, procesov in tehnologij (Becerik, 2004). Razlogov za to je več. Tako Turk (1999) kot Cerovšek (2002) ugotavljata, da ima pri odnosu gradbeništva do IT ključno vlogo fenomen enkratnosti, saj gre za:

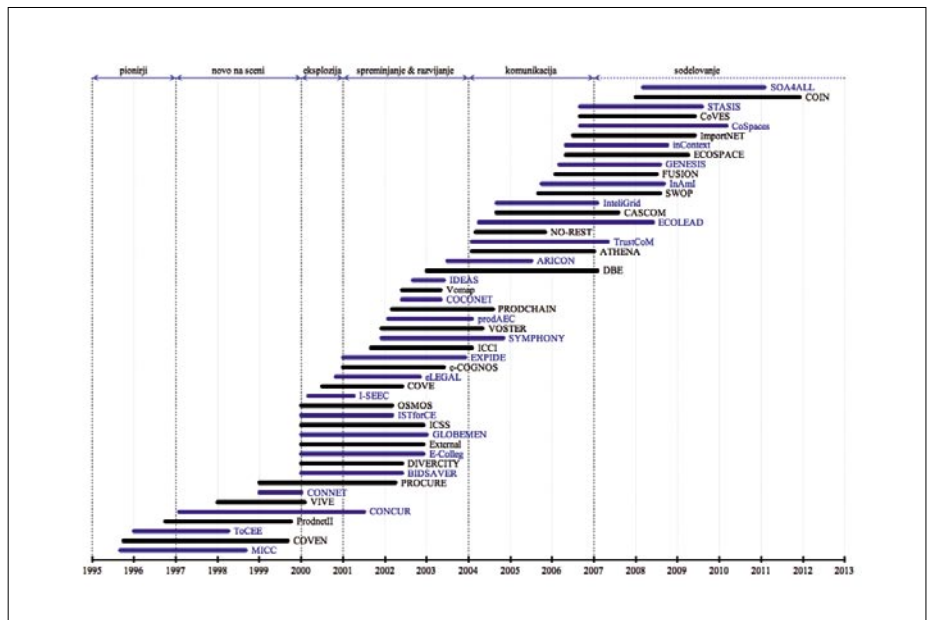
- **enkratni produkt:** gradbeni izdelki (stavbe in inženirski objekti) so praviloma edinstveni;
- **enkratni proces:** procesi načrtovanja, gradnje in vzdrževanja so skoraj vedno edinstveni;
- **enkratni krog sodelujočih:** proces načrtovanja, gradnje ali vzdrževanja opravlja vedno druga skupina izvajalcev in podizvajalcev, ki so si lahko že pri naslednjem projektu konkurenti, zato je vsem v interesu deliti samo toliko, kolikor je nujno treba;
- **enkratni obseg** navedenih treh kategorij – po kvaliteti kot tudi kvantiteti.

Zaradi vsega naštetega se gradbeništvo od drugih industrij loči tudi na področju informacijskih rešitev (Turk, 1999):

- omogočati mora izdelke, ki jih ni mogoče opisati s standardiziranimi modeli;
- omogočati mora preglednost modelov za izmenjavo med aplikacijami;
- osredotočiti se mora na komunikacijo človek–človek in podpirati improvizacijo kot pomemben način opravljanja nalog v gradbeništvu;
- graditi mora tanek sloj nad zmerno tehnično in človeško infrastrukturo.

V zadnjih 15 letih se je zvrstila množica evropskih (in tudi nacionalnih) projektov, ki so se ukvarjali s področjem z IKT podprtega sodelovanja v inženirstvu (slika 6).

Becerik (2004) je v svoji raziskavi spletnih sistemov za upravljanje projektov v gradbeništvu uvedel obdobja, v katera lahko časovno raz-



Slika 6 • Časovni potek projektov IKT podprtega sodelovanja v inženirstvu

vrstimo tudi informacijsko-komunikacijske projekte za sodelovanje v inženirstvu na splošno:

- 1995–1997: pionirski. V tem obdobju so se pojavili prvi raziskovalni projekti, ki so se posebej usmerili v raziskovanje potenciala informacijsko-komunikacijskih tehnologij za inženirstvo. Med pionirji je bila tudi Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (FGG) Univerze v Ljubljani (UL), saj je Katedra za gradbeno informatiko (KGI) kot partner sodelovala pri projektu ToCEE;
- 1997–2000: novi na sceni. Drugi val projektov je že prinesel prve programe pristopov k temi, število projektov se je postopoma povečevalo;
- 2000–2001: eksplozija. Na prelomu tisočletja je začela svoje delo množica projektov. Eksplozija delno sovпада s pro-

gramom financiranja EU, delno pa lahko navdušenje pripišemo obdobju podjetij .com, ki so cvetela do poka internetnega balona. KGI je v tem obdobju sodelovala v projektu ISTforCE;

- 2001–2004: spreminjanje in razvijanje. Po poku internetnega balona se je začetno navdušenje nekoliko umirilo, število projektov se je stabiliziralo, prednostne naloge v raziskavah so se izostrile in konsolidirale;
- 2004–2007: komunikacija. V tem obdobju se je raziskovalo predvsem v smeri komunikacijske infrastrukture v podporo inženirskim procesom in dejavnostim. KGI je v tem obdobju koordinirala projekt InteliGrid;
- 2007–: sodelovanje. Od pojava in uveljavitve spleta 2.0 dalje se raziskuje predvsem v smeri učinkovitega sodelovanja.

3 • INŽENIRSTVO V OBLAKU

Računalniško podprto inženirstvo ima dolgo zgodovino. Razviti so bili številni inženirski programi (CAD, programi za računske analize, inženirski informacijski sistemi idr.), ki omogočajo hitrejši in natančnejši razvoj novih produktov. V zadnjem času pa je mogoče opaziti, še zlasti v teh negotovih časih, da inženirska podjetja le še s težavo sledijo vedno hitrejšemu razvoju informacijskih tehnologij.

To je še posebno očitno pri malih in srednje velikim podjetjem, ki so v gradbenem sektorju v veliki večini (Pazlar, 2004).

Potencialne koristi računskih virov v oblaku so očitne. Vprašanje pa je, ali bi zgolj premestitev različnih programov iz lokalnega računalnika v oblak izpolnilo pričakovanja inženirjev in omogočilo dostop do najnovejših tehnologij oziroma programov, ki so bili do

zdaj dosegljivi le velikim podjetjem, tudi malim in srednje velikim podjetjem. Da bi izpolnili zahteve inženirjev, mora računalništvo v oblaku zagotoviti dodane vrednosti, ki bodo pomenile kvalitativen napredek v inženirskem delu. Šele takrat bomo lahko govorili o *inženirstvu v oblaku*. Inženirstvo v oblaku je torej proces, ki vključuje reševanje številnih tehnoloških in predvsem netehnoloških problemov.

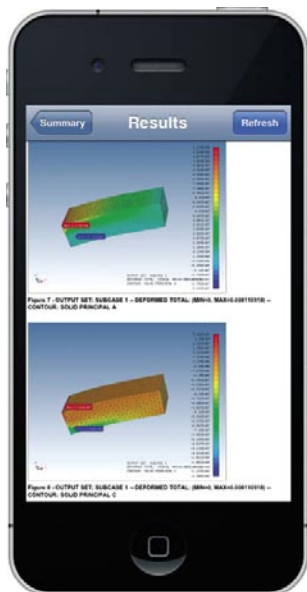
V nadaljevanju so predstavljeni nekateri servisi v oblaku, ki predstavljajo začetne oziroma delne korake h končnemu cilju – inženirstvu v oblaku.

3.1 Računske analize

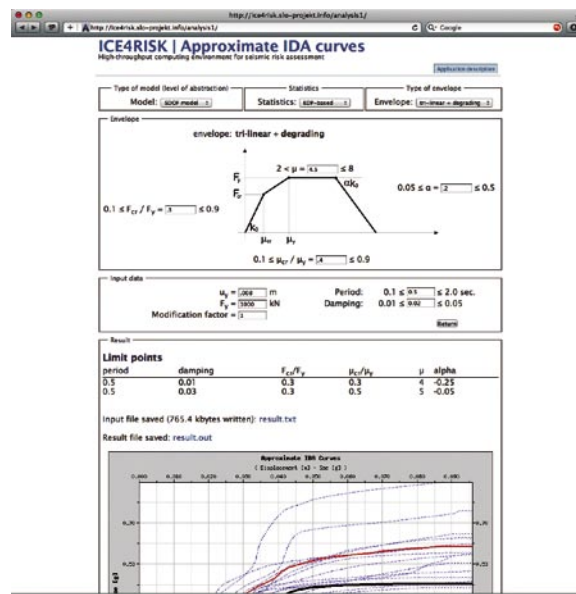
Računske analize so vsekakor področje, kjer so potencialne koristi računskih virov v oblaku najočitnejše. Številni ponudniki (npr. Amazon EC3; <http://aws.amazon.com/ec2/>) omogočajo dostop ali najem računskih virov, na katere lahko namestimo programsko opremo, ki jo potrebujemo pri računskih analizah. Takšne računske vire lahko povežemo z različnimi splošnimi inženirskimi programi, kot sta npr. Mathematica in Matlab. Tako lahko vzpostavimo visokozmogljivo (angl. high-performance computing – HPC) ali visokopropustno (angl. high-throughput computing – HTC) računsko okolje brez nakupa in predvsem kasnejšega vzdrževanja lokalnih računskih zmogljivosti. Seveda lahko podobna računska okolja vzpostavimo tudi lokalno. Na UL FGG tako deluje računsko okolje Condor HTC (Dolenc, 2010), ki omogoča opravljanje različnih računskih analiz.

Tudi ponudniki specialnih inženirskih programov vedno pogosteje omogočajo oddaljen dostop do računskih virov, na katerih se lahko opravljajo analize:

- NEEShub – <http://nees.org/>: omogoča oddaljeno uporabo številnih inženirskih programov: OpenSees, Frame3DD, SAPWood ...
- NEI Stratus – <http://nenastran.com/mobile/>: aplikaciji iPhone in iPad (slika 7a), ki omogoča inženirjem izračune po metodi končnih elementov.
- ICE4RISK / Approximate IDA curves – <http://ice4risk.slo-projekt.info/analysis1/> (Klinc et al., 2010): spletna aplikacija (slika 7b), ki je bila na UL FGG razvita v okviru projekta ARRS, omogoča izračun približnih IDA-krivulj.



Slika 7a • FEA aplikacija za Apple iPhone in Apple iPad

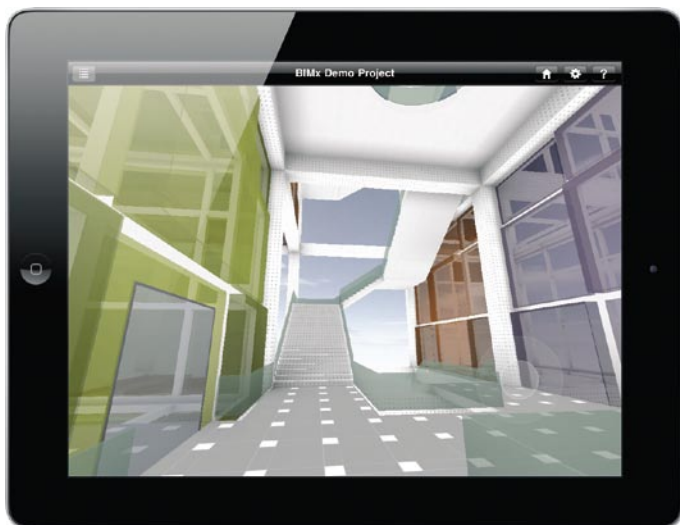


Slika 7b • Spletna aplikacija za izračun približnih IDA-krivulj

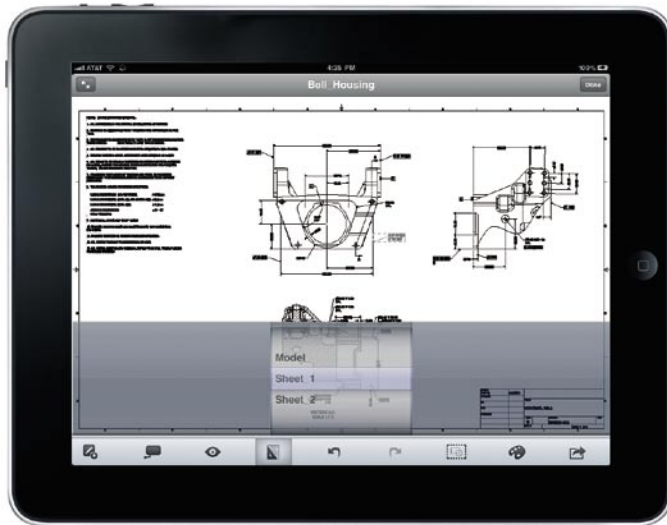
3.2 Informacijsko modeliranje zgradb

Informacijsko modeliranje zgradb (angl. Building Information Modelling – BIM) je metodologija dela oziroma proces ustvarjanja inteligentnih modelov, ki so centralno povezani preko različnih programskih platform (Todorovič, 2011) in različnih profilov uporabnikov (arhitekti, gradbeniki, strojniki, investitorji, upravljalci zgradb idr.). Centraliziranost podatkov zagotavlja pravilnost in konsistenco podatkov in s tem dvig kvalitete projektiranja ter zmanjšanje napak pri delu. Vse to pomeni na koncu nižje stroške načrtovanja, gradnje in uporabe zgradb.

Tehnologija BIM s centraliziranim podatkovnim modelom se zdi zelo primerna za implementacijo v oblaku, kjer so viri logično centralizirani oziroma virtualizirani: uporabnik ne ve in ga običajno tudi ne zanima, kje so fizično viri, do katerih dostopa. Prav zato preseneča, da so trenutne BIM-implementacije v oblaku skoraj v celoti omejene na uporabo virtualnih računalnikov (CaddForce – <http://www.caddforce.com/>, Bim Cloud Solutions – <http://www.bimcloudsolutions.com/>), kjer so nameščeni različni programi, ki omogočajo informacijsko modeliranje zgradb (Revit, Revit MEP, Ecotect, Archicad, Allplan



Slika 8a • Program BIMx omogoča vizualizacijo BIM-modela na prenosnih napravah



Slika 8b • AutoCAD WS omogoča urejanje DWG datotek tudi na tabličnih računalnikih in pametnih telefonih

itd). Morda je tako implementacija Graphisoft BIM Server (<http://www.graphisoft.com/products/archicad/teamwork.html>) še najbližje pravemu SaaS-modelu računalništva v oblaku. Ta omogoča različnim instancam programa Archicad in drugim programom za informacijsko modeliranje zgradb hkraten dostop do skupnega oddaljenega BIM-modela.

Na področju klasičnih CAD-orodij in orodij za vizualizacijo BIM-modelov pa je mogoče zaslediti velik premik v smeri računalništva v oblaku. Tako je npr. Graphisoft izdelal program BIMx (slika 8a, <http://www.graphisoft.com/products/bim-explorer/>), ki omogoča vizualizacijo in deljenje BIM-modelov na napravah z operacijskim sistemom iOS. Autodesk pa je že pred časom predstavil produkt AutoCAD WS (<https://www.autocadws.com/>), ki omogoča urejanje DWG-datoteke na spletu oziroma namenskih programov, ki delujejo na različnih napravah (slika 8b).

3.3 Komunikacija in sodelovanje

Ob prehodu iz tradicionalnega komuniciranja in sodelovanja v taka, ki sta podprta z orodji IKT, se je v gradbeništvu spremenil predvsem način interakcije med udeleženci. Tako se je topologija iz polno povezane, kjer je lahko vsak udeleženec komuniciral z vsakim neposredno, z informacijsko-komunikacijskimi orodji spremenila v zvezdasto, kjer udeleženci skoraj vedno komunicirajo prek posrednika (naj bo to projektni portal, produktni model, forum ali strežnik FTP ipd.).

Skladno s prehodom se je razvil pristop h komunikaciji in sodelovanju, ki mu pravimo »od zgoraj navzdol«. Orodja za sodelovanje so vnaprej določena (predpisana), pristop do IKT in orodij je centraliziran, komunikacijske poti pa so ustaljene in strogo sledijo organizacijski hierarhiji. Običajno gre za IKT-rešitve,

nameščene na centralnih strežnikih, ki so v lasti organizacije, ki jih tudi vzdržuje. Tak pristop se je v preteklosti uveljavil predvsem zato, ker omogoča strožji nadzor in boljše varnost podatkov in informacij, ki se shranjujejo znotraj same organizacije. Danes ugotavljamo, da ni najbolj primeren, saj centralizirano izbrana in vodena IKT-orodja ne sledijo vedno poslovnim procesom in navadom končnih uporabnikov, imajo strmejšo krivuljo učenja ter ne sledijo najnovejšim dosežkom s področij sodelovanja, komunikacije, spletnih tehnologij in uporabniških vmesnikov.

Tudi zato se v zadnjem času v tujini pojavljajo namenske IKT-rešitve za sodelovanje, prilagojene delu, nalogam in procesom v gradbeništvu, ki delujejo v računalniškem oblaku in sledijo najnovejšim trendom. Takšne rešitve so denimo:

- Build It Live (<http://www.builditlive.com/>): programska rešitev SaaS za vodenje gradbeniških projektov, ki nudi učinkovita orodja za komunikacijo v projektu, od faze projektiranja do faze zaključka del, na nivoju dokumentacije kot tudi na relaciji človek-človek.
- Fusion Live (<http://www.sword-ctspace.com/section/view/495/fusionlive>): oblaka storitev za upravljanje z dokumenti, procesi, projekti in sodelovanje.
- Aconex (<http://www.aconex.com/>): rešitev SaaS za upravljanje z načrti, BIM in 3D-modeli, pogodbami, poročili, terminskimi plani in drugo dokumentacijo.
- Procore (<http://www.procore.com/>): orodja za upravljanje informacij, pogodb, terminskih planov ipd. Dobro se povezuje s klasičnimi programskimi orodji, kot so denimo Microsoft Project, Primavera Suretrak itd.
- Jonas (<http://www.jonas-construction.com/products>): popolna storitev SaaS za majhna

in srednja podjetja, ki se ukvarjajo z upravljanjem in vzdrževanjem stanovanjskih in poslovnih stavb.

Čedalje več komunikacije in sodelovanja v gradbeništvu pa danes poteka s pomočjo sodobnih spletnih storitev, ki niso nujno vpeljane s strani vodstvenih kadrov, ampak si jih izberejo končni uporabniki sami, saj so jih navajeni uporabljati v svojem vsakdanjem življenju. Trend se imenuje tehnološki populizem in ga Gartner (2008) definira kot »smer sprejemanja, ki jo vodi s tehnologijo dobro seznanjena delovna sila, ki sama skrbi za orodja za sodelovanje, informacijske vire in socialna omrežja, za kar je potrebna minimalna (ali pa tudi to ne) tekoča informacijska podpora jedra organizacije«. Gre za pristop »od spodaj navzgor«, primeri takšnih storitev pa so denimo:

- Googlovi dokumenti (<http://docs.google.com/>): pisarniška orodja, ki jih lahko uporabljamo kot storitve preko brskalnika in so na voljo brezplačno – nadomešča priljubljene pisarniški paket Microsoft Office (opomba: članek, ki ga berete, so soavtorji napisali z orodjem Google Dokumenti);
 - Skype (<http://www.skype.com/>): programsko orodje, ki omogoča VoIP-telefonijo, takojšnje sporočanje, deljenje namizja, konferenčne klice ipd.;
 - Vox.io (<http://vox.io/>): rešitev SaaS, ki ponuja VoIP-telefonijo preko brskalnika;
 - Dropbox (<http://www.dropbox.com/>): rešitev SaaS za deljenje datotek med uporabniki;
 - Flowr (<http://theflowr.com/>): storitev za sodelovanje, izmenjavo idej, določanje nalog in komunikacijo med sodelavci.
- Projekcije kažejo, da naj bi bile kmalu zahteve in pričakovanja uporabnikov neposredni povod za nakup oziroma najem kar polovice vseh programskih orodij, strojne opreme in drugih storitev za delo (Gartner, 2008).

4 • SKLEP

Gradbena informatika stopa v zrelo fazo, kar pomeni, da postaja tako vseprisotna, zmožljiva in prijazna, da izginja kot razvojni problem v podjetjih. Razkorak med tem, kaj je na voljo na trgu, kaj je mogoče in kaj praksa uporablja, se večja. Storitve v oblaku, virtualizacija in izkoriščanje zunanjih virov ter infrastrukturnih storitev informatike bodo verjetno povzročili organizacijske spremembe, zmanjšanje in izginjanje računskih središč in oddelkov za informatiko.

Raziskovalno ostajajo zanimiva tehnološka vprašanja, povezana z masivno virtualizacijo in storitvami v oblaku, kar bomo raziskovali v EU-projektu ISES (Intelligent Services for Energy-Efficient Design and Life Cycle Simulation, FP7-ICT-2011-7), ki bo začel delovati jeseni 2011. Celovitost informacij, virtualizacija informacijske infrastrukture in organizacije odpirajo cel kup vprašanj pravne narave, od avtorskih pravic za rezultate sodelovanja do pristojnosti krajevne zakonodaje za oblak,

ki nima lokacije. Vsaj tako pa so zanimiva vprašanja prenosa znanja in študij sprememb, ki jih v organizacije prinašajo nova tehnologija, vpliv tehnologije v ožjem smislu na procese v gradbeništvu in v širšem smislu na družbo kot celoto. Slednje je predmet proučevanja projekta EINS (European InterNet Science, FP7-ICT-2011-7), ki bo začel delovati prav tako jeseni 2011.

5 • LITERATURA

- Alesso, H. P., Smith, C. F., *Thinking on the Web*, Berners-Lee, Gödel and Turing, Wiley-Interscience, New Jersey, 290 str., 2006.
- Becerik, B., A review on past, present and future of web based project management & collaboration tools and their adoption by the US AEC industry, *International Journal of IT in Architecture, Engineering and Construction*, letnik 2, številka 3, str. 233–248, 2004.
- Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O., The semantic web: A new form of web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities, *Scientific American* 284, 5, str. 34–43, 2001.
- Buytendijk, F., Cripe, B., Henson, R., Pulverman, K., *Business Management in the Age of Enterprise 2.0, Why Business Model 1.0 Will Obsolete You*, Oracle Corporation, http://www.oracle.com/solutions/business_intelligence/docs/epm-enterprise20-whitepaper.pdf, 2008.
- Cerovšek, T., *Distribuirana računalniško integrirana gradnja pri pogojih necelovitosti*, doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 308 str., 2002.
- CCUCDG, Cloud computing use cases. A white paper, Draft 3, 20. 7. 2009, http://cloud-computing-use-cases.googlegroups.com/web/Whitepaper_Draft_3.pdf, 2009a.
- CCUCDG, Cloud computing use cases. A white paper, Version 2.0, http://cloud-computing-use-cases.googlegroups.com/web/Cloud_Computing_Use_Cases_Whitepaper-2_0.pdf, 2009b.
- Dainty, A., Moore, D., Murray, M., *Communication in Construction, Theory and practice*, Taylor & Francis, 263 str., 2009.
- Dolenc, M., Klinc, R., Peruš, I., Dolšek, M., The ICE4RISK computing environment, *Proceedings of the Seventh International Conference on Engineering Computational Technology*, Valencia, Spain, 14–17 September 2010, Stirling: Civil-Comp Press, str. 1–8, 2010.
- Easynet, Outlook cloudy as SMBs not ready for hosted apps, A study of UK Small and Medium sized Business' readiness for cloud computing and Software as a Service (SaaS), 2008.
- Feigenbaum, L., Herman, I., Hongsermeier, T., Neumann, E., Stephen, S., *The Semantic Web in Action*, *Scientific American* 297, 6, str. 90–96, 2007.
- Fuller, D., Achtermann, D., McLeod, C., *High-Tech Tools for the Library Media Center, The Future from a Low-tech Point of View*, Springer US, *Educational Media and Technology Yearbook* 34, str. 189–197, 2009.
- Hartman, T., Beck, L., *Defining the business value of cloud computing*, http://www.avanade.be/uploaded/pdf/thoughtleadership/cloudpovfinal_revised090909874764.pdf, 2009.
- Gartner Highlights Key Predictions for IT Organisations and Users in 2008 and Beyond, <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=593207>, 2008.
- Hinchcliffe, D., Enable richer business outcomes: Free your intranet with Web 2.0, <http://blogs.zdnet.com/Hinchcliffe/?p=57>, 2006.
- Iskold, A., *Semantic Web Patterns: A Guide to Semantic Technologies*, http://www.readwriteweb.com/archives/semantic_web_patterns.php, 2008.
- Jewell, H., *The Future of the Web – 7 Reasons to Become Web 2.0 Compatible*, <http://ezinearticles.com/?The-Future-of-the-Web-7-Reasons-to-Become-Web-2.0-Compatible&id=778096>, 2007.
- McAfee, A., *Enterprise 2.0: The Dawn of Emergent Collaboration*. *MIT Sloan Management Review* 47, 3, str. 21–28, 2006a.
- McAfee, A., *Enterprise 2.0 vs. SOA. The Business Impact of IT*, http://andrewmcafee.org/2006/05/enterprise_20_vs_soa/, 2006b.
- McAfee, A., *Enterprise 2.0, version 2.0. The Business Impact of IT*, http://andrewmcafee.org/2006/05/enterprise_20_version_20/, 2006c.
- Kempiners, J., Beck, L., *Service-Oriented Architecture*, <http://www.avanade.com/n/uploaded/pdf/thoughtleadership/soapovsept07460866.pdf>, 2007.
- Klinc, R., Peruš, I., Dolšek, M., Dolenc, M., *Web based computing environment for prediction of approximate seismic response parameters of structures, eWork and eBusiness in architecture, engineering and construction*, proceedings of the European Conference on Product and Process Modelling 2010, Cork, Republic of Ireland, 14–16 September 2010. Boca Raton, Fla.: CRC; London, Taylor & Francis, str. 39–44, 2010.
- Komisija Evropskih skupnosti, *Software 2.0, Rebooting Europe's software industry*, report of an industry expert group on a European software strategy, version 3.0, 2009a.
- Komisija Evropskih skupnosti, *Opinion 5/2009 on online social networking*, Article 29 data protection working party (prevzeto 12. 6. 2009), 2009b.
- Medeot, T., *Uporaba sodobnih pristopov pri upravljanju poslovnih procesov*, diplomsko delo, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta, 43 str., 2007.
- Mell, P., Grance, T., *The NIST Definition of Cloud Computing (Version 15)*, National Institute of Standards and Technology, Information Technology Laboratory, <http://csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing/cloud-def-v15.doc>, 2009.
- Miller, P., *Web 2.0: Building the New Library*, <http://www.ariadne.ac.uk/issue45/miller/>, 2005.
- Nivi, B., *What is Web 1.0?*, <http://www.nivi.com/blog/article/what-is-web-10>, 2005.
- O'Reilly, T., *What is Web 2.0, Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software*, O'Reilly Media, <http://oreilly.com/web2/archive/what-is-web-20.html>, 2005.
- O'Reilly, T., *Web 2.0 Compact Definition: Trying Again*, <http://radar.oreilly.com/archives/2006/12/web-20-compact-definition-tryi.html>, 2006.

- Pazlar, T., Dolenc, M., Duhovnik, J., Rezultati raziskave prodAEC o rabi informacijskih tehnologij v arhitekturi, inženirstvu in gradbeništvu v Sloveniji, *Gradbeni vestnik* 53, 9, str. 223–229, 2004.
- Shuen, A., *Web 2.0: A Strategy Guide*, O'Reilly Media, 272 str., 2008.
- Spivack, N., How the WebOS evolves?, <http://www.novaspivack.com/technology/how-the-webos-evolves>, 2007.
- Spivack, N., Making sense of the semantic web, predstavitev na konferenci The next web conference 2008, Amsterdam, 2008.
- Spivack, N., The Evolution of the Web: Past, Present, Future, <http://www.novaspivack.com/uncategorized/the-evolution-of-the-web-past-present-future>, 2009.
- Todorovič, M., Pot implementacije BIM-a, *Klik*, št. 131, 2011.
- Turk, Ž., Four questions about construction information technology, Berkeley-Stanford CE&M Workshop, Defining a Research Agenda for AEC Process/Product Development in 2000 and Beyond, <http://www.ce.berkeley.edu/~tommelein/CEMworkshop.htm>, 1999.
- Turk, Ž., Internet Information and Communication Systems for Civil Engineering, A Review, *Civil and Structural Engineering Computing*, Saxe-Coburg Publications, str. 1–26, 2001.
- Turk, Ž., Cerovšek, T., A Prototype Portal to Web Based Collaborative Engineering, *Creative Systems in Structural and Construction Engineering*, Brookfield, Rotterdam, A. A. Balkema, str. 247–352, 2001b.
- Williams, P., Cox, S., *Engineering in the Cloud: An Engineering Software + Services Architecture Forged in Turbulent Times*. *The Architecture Journal*, <http://msdn.microsoft.com/en-us/architecture/aa894305>, 2009.

KOLEDAR PRIREDITEV

20.-24.2.2012

**4. Internacionalni naučno – stručni skup
GNP 2012 Građevinstvo – nauka i praksa**
Žabljak, Črna Gora
www.gnp.ac.me

7.-9.2.2012

56. BetonTage: Wandel gestalten
Neu-Ulm, Nemčija
www.betontage.de/programm/fachprogramm.html

7.-9.3.2012

**3rd International Symposium on Ultra-High
Performance Concrete and Nanotechnology for High
Performance Construction Materials**
Kassel, Nemčija
www.hipermat.de

12.-17.3.2012

6th World Water Forum
Marseille, Francija
www.worldwatercouncil.org/index.php?id=6th_forum_kick-off

19.-20.4.2012

Betontag 2012
Dunaj, Avstrija
www.betontag.info

22.-27.4.2012

**European Geosciences Union
General Assembly 2012**
Dunaj, Avstrija
www.meetings.copernicus.org/egu2012/

23.-27.4.2012

12th Congress Interpraevent 2012
Grenoble, Francija
www.interpraevent.at/palm-cms/upload_files/Kongresse/Flyer-Interpraevent-2012.pdf

11.5.2012

3. Münchener Tunnelbau-Symposium
München, Nemčija
www.unibw.de/geotechnik

29.5.-1.6.2012

**SSCS International Conference Numerical Modeling Strategies
for Sustainable Concrete Structures**
Aix en Provence, Francija
www.sscs2012.com

11.-14.6.2012

Concrete structures for a sustainable community
Stockholm, Švedska
www.fibstockholm2012.se

17.-20.6.2012

**4th International Symposium on Bond in Concrete 2012: Bond
anchorage, detailing**
Brescia, Italija
www.rilem.net/eventDetails.php?event=461

8.-12.7.2012

**10th International Conference on Concrete Pavements Québec
City, Québec, Kanada**
www.concretepavements.org

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