

# OCENJEVANJE UPORABNOSTI GRADBENIH OBJEKTOV, KI JIH JE POŠKODOVAL POTRES

Miha Tomaževič\*

UDK 699.841.059

Akcije za odpravo posledic potresa je možno učinkovito izpeljati šele po analizi dejanskega stanja na prizadetem območju. Zanesljive informacije o uporabnosti gradbenih objektov vseh vrst, od stanovanjskih hiš, pomembnih javnih objektov, do industrijske in komunalne infrastrukture, so pri tem ključnega pomena. Pri ocenjevanju uporabnosti poškodovanih objektov je treba vedeti, kako potresi vplivajo na posamezne vrste gradbenih konstrukcij in katere poškodbe kritično zmanjšajo njihovo stabilnost in potresno odpornost, pri čemer je vedno treba upoštevati tudi možnost močnih popotresnih sunkov. Treba je tudi vedeti, kako se te poškodbe popravijo. Na podlagi domačih in tujih izkušenj se gradbeni objekti po potresu razvrstijo na uporabne, začasno neuporabne in neuporabne. Tako razdelitev je sprejel tudi evropski standard Eurocode 8. Za Slovenijo je predlagan dvokrožni sistem ocenjevanja uporabnosti objektov: v prvem krogu se poškodovani objekti čim hitreje pregledajo in razvrstijo v posamezne kategorije, pri čemer se za začasno neuporabne in neuporabne objekte predpišejo tudi nujni ukrepi za zavarovanje. V drugem krogu se začasno neuporabni in neuporabni objekti ponovno pregledajo, pri čemer se natančno opišejo tudi poškodbe konstrukcijskih elementov in stanje konstrukcije kot celote.

Učinkovita akcija po naravni nesreči tolikšnega obsega, kot je katastrofalen potres, zahteva dobro organizacijo nudenja pomoči. Kljub vnaprej predvidenim scenarijem je večino akcij za odpravo posledic možno pripraviti šele na podlagi analize dejanskega stanja na območju, ki ga je prizadel potres. Že med reševanjem moramo dobiti podatke o tem, koliko ljudi lahko ostane v svojih stanovanjih brez tveganja, da bi se ob ponovljenem močnejšem sunku stavbe, v katerih prebivajo, porušile, koliko jih je treba začasno izseliti in jim zagotoviti začasna bivališča le za čas popravila stavb (šotore, stanovanjske prikolice), koliko ljudem pa moramo zagotoviti trajnejša začasna bivališča (montažne hiše), saj so njihovi domovi porušeni in jih bo treba zgraditi na novo.

Ugotoviti moramo tudi stanje in uporabnost številnih ključnih javnih objektov: bolnišnic, v katerih bomo zdravili ranjence, šol in otroških vrtcev, v katere bomo začasno namestili brezdomce, ter upravnih stavb. Ravno tako moramo ugotoviti stanje komunalne infrastrukture in takoj začeti popravila električnih napeljav in transformatorjev, telefonskega omrežja, vodovodov, plinovodov, pa tudi energetskih objektov, ki so zaradi potresa prenehali delovati. Popraviti je treba prometnice in vzpostaviti potniški in tovorni promet. In ne nazadnje, vzpostaviti moramo tudi normalne delovne razmere, da se bodo

prizadeti ljudje lahko čimprej vrnili na delo, čimmanj mislili na katastrofo, ki so jo preživeli in imeli čimmanj možnosti za psihično prizadetost. To pa ni možno, dokler ne ugotovimo stanja in možnosti za obratovanje industrijskih objektov in opreme.

Slovenija, katere strokovnjaki so imeli pomembno vlogo pri odpravi posledic potresov v nekdanji Jugoslaviji (leta 1963 v Skopju, 1969 v Banja Luki in 1979 v Črni gori) in Sloveniji (leta 1974 na Kozjanskem in 1976 v Posočju), sodelovali so pa tudi v nekaterih akcijah za odpravo posledic potresov v tujini, ima na področju ocenjevanja uporabnosti gradbenih objektov že veliko izkušenj. Komisije za ocenjevanje stanja, ki so bile takrat ustanovljene v okviru programa zaščite pred potresi pri Civilni zaščiti, so sestavljali izkušeni gradbeniki, ki so se pozneje tudi redno dodatno usposabljali.

Od zadnjih potresov, ko so pri odpravi posledic v večjem številu sodelovali slovenski strokovnjaki, mineva letos že 20 (Posočje) oziroma 17 let (Črna gora). Ker so se medtem zamenjale generacije, v Sloveniji ta trenutek ni veliko gradbenih strokovnjakov, ki bi obvladali zahtevne naloge, povezane z oceno stanja po morebitnem potresu. Za pravilno odločitev morajo ocenjevalci vedeti, kaj določen tip poškodbe pomeni za stabilnost in potresno odpornost konstrukcije, seznanjeni morajo biti z razlogi za nastanek poškodb, pa tudi z osnovnimi načeli in tehničnimi možnostmi

za zavarovanje objektov in njihovo sanacijo. Neizkušeni ocenjevalci lahko zaradi splošnega dobrega vtisa, ki ga daje stavba po potresu, to označijo kot uporabno, saj niso posvetili pozornosti malo vidnim poškodbam, ki pa so lahko kritične pri ponovnem potresnem sunku – ali narobe. Zato bomo v tem prispevku predstavili tudi nekatere izkušnje in merila, ki so temelji za sprejemanje odločitev o uporabnosti po potresu poškodovanih objektov.

## Vpliv potresov na gradbene konstrukcije in merila za sanacijo in ojačitev po potresu poškodovanih objektov

Pri vseh gradbenih objektih lahko ugotovimo, da na obnašanje med potresom vplivata predvsem zasnova konstrukcije

\* prof. dr., Zavod za gradbeništvo – ZRMK, Dimičeva 12, Ljubljana

in kakovost materialov in gradnje. Konstrukcije s pravilno in preprosto zasnovo, ki so zgrajene iz kakovostnih materialov, se med potresi obnašajo razmeroma dobro, čeprav morda niti niso bile posebej projektirane za prevzem potresnih obremenitev. Kot nasprotje pa lahko najdemo številne objekte z neustrezno zasnovo, ki jih niti morebitni predhodni računski dokazi, da ustrezajo merilom za zagotavljanje potresne odpornosti, niso rešili pred hudimi poškodbami ali celo poružitvijo.

O uporabnosti gradbenega objekta po potresu ne odloča samo stanje nosilne konstrukcije, pač pa tudi stanje nekonstrukcijskih elementov in opreme, instalirane v stavbi. To še posebej velja za objekte, katerih nemoteno delovanje je ključnega pomena za uspešen potek akcij prve pomoči in reševanja, pa tudi za odpravljanje posledic v fazi takoj po potresu. Ne nazadnje pa moramo pri sprejemanju odločitev o uporabnosti objektov po potresu upoštevati tudi možne neugodne vplive temeljnih tal. Uporabnost objekta je torej odvisna predvsem od vrste, pomena in obsega dejanskih, pričakovanih ali nepričakovanih poškodb nosilne konstrukcije.

Uporabnost objekta je odvisna tudi od možnosti za popravilo poškodb. Po definiciji pomeni beseda "sanacija" (popravilo) tiste posege v poškodovano konstrukcijo, s katerimi konstrukcijo popravimo oziroma vzpostavimo predpotresno stanje. Kadar konstrukcijo "ojačujemo", pa s posebnimi tehničnimi ukrepi povečamo nosilnost in/ali duktilnost konstrukcijskega sistema. Če je bila odpornost konstrukcije ustrezna in so nastale poškodbe posledica pričakovanega, v projektu predvidenega procesa disipacije energije, bomo konstrukcijo samo popravili. Če pa so poškodbe, nastale po potresu, presegle pričakovani obseg, je očitno, da potresna odpornost konstrukcije ni bila dovolj velika. Nosilni sistem konstrukcije bo treba ojačiti v tolikšni meri, da bo z dogovorjeno stopnjo varnosti prevzel obtežbo bodočega potresa pričakovane jakosti. Obseg posegov nam bo določila računsko analiza potresne odpornosti, odločitev o tem, ali jih bomo tudi zares izvedli, pa bo odvisna od stopnje poškodb, pomembnosti objekta in finančnih možnosti. Razume se, da vsaka ojačitev objekta vključuje tudi sanacijo (popravilo) vseh poškodovanih nekonstrukcijskih in konstrukcijskih elementov.

Po potresu je velikokrat treba preprečiti nadaljnje rušenje, kar se lahko zgodi bodisi zaradi povečanja poškodb med naknadnimi potresnimi sunki bodisi zaradi kritičnega stanja, v katerem je celotna konstrukcija ali njeni posamezni deli.

Posledice nenadne naknadne porušitve so lahko podobne tistim med potresom: ruševine lahko zasujejo ljudi, ki so v tem trenutku v stavbi, ali pa se vsujejo na cesto in ovirajo ali celo onemogočijo komunikacije. Zato je tistim nujnim ukrepom, ki zagotavljajo varnost v gradbenem objektu ali okoli njega, treba posvetiti enako mero pozornosti kot poznejši sanaciji in ojačitvi. S premislekom lahko nekatere od nujnih ukrepov, ki so sicer praviloma začasni, uporabimo že tudi kot del stalnih ukrepov. Začasni ukrepi obsegajo predvsem (1):

- nujno rušenje in odstranitev delov, ki grozijo, da se bodo porušili
- odstranitev razrahljanih ruševin
- zmanjšanje ali odstranitev velikih obtežb
- odranje in podpiranje (industrijski montažni odri, leseno podporje, jekleni profili)
- vodoravno opiranje
- vgrajevanje vezi, podpornih zidov, zavetrovanja ali polnilnih elementov, pa tudi zunanjih podpornih elementov.

Postopke, povezane s sanacijo in ojačevanjem po potresu poškodovanih objektov visoke gradnje, ureja pri nas še vedno veljavni jugoslovanski *Pravilnik o tehničnih normativih za sanacijo, ojačitev in rekonstrukcijo objektov visoke gradnje, ki jih je poškodoval potres in za rekonstrukcijo in revitalizacijo objektov visoke gradnje* (2). Pričakujemo pa, da bo pravilnik iz leta 1985 kmalu zamenjal novi evropski standard *Eurocode 8: Zahteve za projektiranje potresno odpornih konstrukcij – Del 1–4: Splošna pravila – ojačevanje in sanacije stavb* (1), ki ga je Evropski komite za standardizacijo CEN letos sprejel kot predstandard, in ki v dodatkih podrobno predpisuje splošna načela za ojačevanje in sanacijo stavb. Tehnične podrobnosti postopkov so opisane v številnih priročnikih (3, 4).

## Osnove za ocenjevanje uporabnosti po potresu poškodovanih gradbenih objektov

Za učinkovito ukrepanje po potresu mora biti ocena uporabnosti poškodovanih objektov izdelana hitro in zanesljivo. Komisije, ki bodo ugotavljale poškodovanost in ocenjevale uporabnost poškodovanih objektov, morajo sestavljati strokovnjaki, usposobljeni za svoje delo. Vedeti morajo, kaj pomenijo poškodbe za stabilnost konstrukcije, pa tudi, **kako bo poškodovana konstrukcija prestala ponovljen potresni sunek**. Strokovnjaki morajo vsaj načelno poznati tudi ukrepe, tako začasne kot trajne, s katerimi je poškodovanim objektom možno zagotoviti stabilnost. V nasprotnem primeru bo usklajeno ocenjevanje uporabnosti po potresu poškodovanih objektov zahtevalo ad-hoc usposabljanje komisij, to pa veliko časa in naporov vseh udeležencev, tako inštruktorjev kot izvajalcev dejavnosti, kar bo seveda povzročilo zamudo pri ukrepanju za odpravljanje posledic potresa.

Zmotno je misliti, da lahko postopke za ugotavljanje poškodovanosti in uporabnosti po potresu poškodovanih objektov kar prepišemo od nekod, kjer so jih že uspešno uporabili. Tipologija gradbenega fonda, ki je izpostavljen potresni nevarnosti, se v različnih potresom izpostavljenih delih sveta med seboj preveč razlikuje, da bi lahko postopke nekritično prenesli v Slovenijo.

Izkušnje kažejo, da postopka ugotavljanje poškodovanosti in uporabnosti na-

### Preglednica 1. Kalifornijska razvrstitev varnosti stavb (ATC-20)

Table 1. Building safety classification (from ATC-20)

| razvrstitev<br>classification | barva<br>colour | opis<br>description                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| varen objekt                  | zelena          | nobenihi očitnih znakov nevarnosti, čeprav so morda potrebna tudi manjša popravila; osnovna potresna odpornost ni bistveno zmanjšana; ni omejitev glede uporabe in namena                                 |
| vstop omejen                  | rumena          | nevaren objekt; lastnik dovoli vstop samo za reševanje in samo na lastno odgovornost; objekt se ne sme stalno uporabljati. dostop javnosti ni dovoljen; povečana nevarnost pri naknadnih potresnih sunkih |
| nevaren objekt                | rdeča           | izredno nevaren objekt, ki se lahko poruši; očitna nevarnost porušitve pri naknadnem potresnem sunku; objekt ni varen za bivanje in ni dostopen; vstop je možen samo s posebnim pooblastilom              |

## Preglednica 2. Merila za ugotavljanje uporabnosti objektov, ki jih je poškodoval potres v Posočju leta 1976

Table 2. Criteria for assessment of occupancy of earthquake-damaged buildings, used in Posočje in 1976

| kat.<br>cat. | oznaka<br>posting | uporabnost<br>occupancy                              | opis stanja objekta<br>structure damage observations                                                            |
|--------------|-------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1            | –                 | stavba vseljiva                                      | nosilni sistem nepoškodovan, manjše poškodbe na preostalih delih objekta                                        |
| 2            | rumena            | stavba začasno nevseljiva, vseljiva šele po sanaciji | nosilni sistem lažje poškodovan, poškodbe na preostalih delih objekta, sanacija objekta je ekonomsko upravičena |
| 3            | rdeča             | stavba se ruši                                       | rušenje, delno rušenje ali hude poškodbe nosilnega sistema, sanacija ekonomsko ni utemeljena                    |

vadno ni možno v celoti izpeljati že takoj po potresu. Po potresih pri nas (na Kozjanskem in v Posočju) je bila v prvih dneh po potresu opravljena hitra ocena stanja, na podlagi katere je bilo možno zagotoviti prvo pomoč. Za natančnejšo oceno škode in obsega sredstev za popotresno obnovo pa so bili postopki ponovljeni (v primeru Posočja tudi zaradi ponovnih sunkov, ki so prvotno oceno stanja postavili na glavo). Podobne so izkušnje tudi drugod. V Kaliforniji v ZDA (5) zato priporočajo tristopenjsko ocenjevanje poškodovanosti objektov po potresih: *hitra ocena* naj bi bila opravljena v nekaj urah oziroma dneh po potresu (odvisno od obsega katastrofe) in naj bi zagotovila kar najhitrejšo oceno potrebnega obsega pomoči in opozorila prebivalce na nevarne objekte. *Natančno oceno* izdelata ekipa gradbenih inženirjev, ki pregleda vse pomembne dele objekta. Navadno se natančna ocena izdelata za tiste objekte, ki jih je hitra ocena uvrstila med začasno neuporabne. *Inženirsko (študijsko) oceno*, ki zajema tudi študijo projektne dokumentacije, izdelavo posnetka poškodb, preiskave materialov, pa tudi računsko analizo odpornosti, izdelajo inženirji specialisti pred začetkom sanacije ali ojačitve objekta.

Izkušnje kažejo, da lahko glede na poškodbe, ki jih je povzročil potres, in z njimi povezano uporabnost, stavbe (objekte visoke gradnje) razvrstimo med:

- *uporabne* objekte, ki jih potres praktično ni poškodoval, in jih na zunaj označimo z *zeleno* barvo
- *začasno neuporabne* objekte, ki jih je potres poškodoval v tolikšni meri, da bi jih utegnil močnejši naknadni potresni sunek porušiti; vstop v takšne objekte, ki jih na zunaj označimo z *rumeno* barvo, je dovoljen samo lastnikom, ki želijo na svojo odgovornost začasno preseliti opremo, in tehničnim ekipam, ki objekt pregledajo in pozneje sanirajo; po potrebi se nekateri deli objekta pred hujšimi posledicami zavarujejo z začasnimi ukrepi, npr. s podpiranjem

- *neuporabne* objekte, ki jih je potres bodisi porušil bodisi poškodoval v tolikšni meri, da jih ni več možno sanirati; takšne objekte označimo z *rdečo* barvo, vstop vanje pa je dovoljen samo posebej pooblaščenim ljudem.

Kot primer sodobne kategorizacije uporabnosti navajamo v preglednici 1 merila Kalifornijskega državnega urada za zaščito in reševanje (California State Office of Emergency Services). Odbor za zaščito in reševanje (Emergency Services Committee) pri Severno-kalifornijskem združenju gradbenih inženirjev (SEAONC – Structural Engineers Association of Northern California) je pripravil podroben seznam meril in vprašanj, po katerih lahko zanesljivo ocenimo stanje in uporabnost po potresu poškodovanih objektov.

Tudi že omenjeni novi evropski standard Eurocode 8 (1), ki je verjetno prvi tehnični predpis, v katerem je pozornost namenjena tudi ugotavljanju uporabnosti po potresu poškodovanih stavb in nujnim ukrepom takoj po njem, sprejema splošno veljavna merila in določa, naj se po potresu poškodovani objekti po uporabnosti razdelijo na tri kategorije:

- *ni poškodb oziroma so te neznatne*: stavba se še naprej uporablja brez tveganja; pri oceni je treba z vso resnostjo upoštevati možnost močnih popotresnih sunkov
- *resne poškodbe, ki vplivajo na potresno odpornost*: uporaba stavbe se omeji, dokler se ne pripravi natančnejša in dokončnejša ocena stanja; medtem se lahko predvidijo nujni varnostni ukrepi
- *hude poškodbe z delnim rušenjem ali brez njega*: prepove se dostop do stavbe in omeji dostop na sosednje površine; deli stavbe, ki se bodo porušili, se takoj odstranijo, preostale poškodovane površine pa se podprejo, zavetrujejo itd.

Razvrstitev na tri kategorije velja predvsem za t.i. navadne objekte, med katerimi je največ stanovanjskih objektov,

tako individualne kot blokovne gradnje. Pomembnejši objekti, predvsem tisti, katerih delovanje je pomembno za uspešen potek vseh dejavnosti v sistemu obvladovanja posledic potresa, pa seveda zahtevajo poseben pristop. V primeru naravne nesreče, kot je potres, spadajo med te objekte predvsem bolnišnice in drugi zdravstveni objekti, gasilske in policijske postaje, komunikacijska središča in centri za zaščito in reševanje, pa tudi nekatere druge upravne stavbe. Pregledi in ugotavljanje uporabnosti in ukrepov za zagotavljanje uporabnosti teh objektov imajo prednost pred vsemi drugimi, izvajajo pa jih samo strokovno najbolj usposobljene ekipe. Nekateri drugi objekti, predvsem tisti, ki so med pomembnejše uvrščeni kot kulturnozgodovinski spomeniki, lahko počakajo.

Zaradi svojih značilnosti zahtevajo poseben pristop tudi t.i. inženirski objekti, med katere spadajo predvsem premostitveni objekti na komunikacijah, energetski objekti in dolinske pregrade, tuneli in komunalna infrastruktura, pa tudi industrijski objekti. Oceno, katere priprava poteka v skladu s pomembnostjo objekta, izdelajo specialisti. Pri njeni pripravi se lahko smiselno upoštevajo načela delitve na kategorije uporabnosti za navadne objekte visoke gradnje, toda največkrat ta načela zaradi narave inženirskih konstrukcij in pomembnosti tovrstnih objektov odpovedo.

## Domače izkušnje

Od leta 1963, ko je v Sloveniji izšla prva odredba za gradnjo na potresnih območjih (6), in od potresa v Skopju v Makedoniji istega leta, ki je pomenil začetek potresno odporne gradnje na celotnem območju takratne Jugoslavije, do danes, sta Slovenijo prizadela dva potresa, ki sta povzročila pomembno gmotno škodo. Prvi je bil na Kozjanskem leta 1974, drugi pa zaporedje potresov z epicentrom v Furlaniji v Italiji, ki so prizadeli Posočje v obdobju od maja do septembra leta 1976. V obdobju zadnjih 20 let v Sloveniji močnejšega potresa ni bilo.

Oba potresa sta prizadela gospodarsko manj razviti območja Slovenije, kjer so prevladovali zidane hiše slabše kakovosti. Čeprav nista bila izjemno močna, je bil obseg poškodb tolikšen, da so republiške oblasti v obeh primerih sprožile dejavnosti za odpravo posledic. Naloga takratnega Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij (ZRMK) je med drugim



Vprašalnik

stran 1

**REPUBLIKA SLOVENIJA**  
**MINISTRSTVO ZA OBRAMBO**  
**UPRAVA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA ZAŠČITO IN REŠEVANJE**

**VPRAŠALNIK**

za oceno poškodovanosti in uporabnosti po potresu poškodovanih gradbenih objektov

Poročilo št.....

1. Identifikacijski podatki o objektu:  
 1.1 Šifra objekta .....  
 1.2 Podatki o lastniku, ime stavbe .....  
 1.3 Naslov (kraj, ulica in hišna številka)\* .....  
 1.4 Krajevna skupnost .....  
 1.5 Občina .....  
 1.6 Centroid objekta (Gauss-Krügerjeve koordinate) .....
- \*Če je pod isto hišno številko več objektov, se za vsak objekt izpolni poseben vprašalnik!
2. Identifikacijski podatki o komisiji:  
 2.1 Šifra komisije, ki je objekt pregledala .....  
 2.2 Datum pregleda (dan/mesec/leto) .....  
 2.3 Čas (ura in minuta, ko je bil pregled zaključen) .....
3. Podatki o namembnosti objekta:  
 Komisija vpiše število po šifrantu (glej zadnjo stran)
4. Podatki o stanovalcih in/lali uporabnikih:  
 4.1 Število stanovalcev .....  
 4.2 Število zaposlenih .....
5. Podatki o starosti, velikosti in položaju objekta:  
 5.1 Leto izgradnje .....  
 5.2 Tlorisne dimenzije (dolžina in širina v m)  
 5.3 Orientacija objekta - NS: 1, EW: 2, N45E: 3, N45W: 4  
 5.4 Položaj objekta v bloku - vogali: 1, sredina: 2, samostojen: 3  
 5.5 Število etaž nad nivojem terena .....  
 5.6 Število etaž pod nivojem terena .....

stran 2

Vprašalnik

6. Podatki o konstrukcijskem sistemu:  
 Komisija vpiše število po šifrantu (glej zadnjo stran)

7. Skica objekta:



8. Podatki o materialih:

| Tloris           | Prerez |
|------------------|--------|
| kamen: 01        |        |
| opeka: 02        |        |
| zidaki: 03       |        |
| arm. beton: 04   |        |
| predn. beton: 05 |        |
| jeklo: 06        |        |
| les: 07          |        |
| polimeri: 08     |        |
| drugo: 09        |        |
| neznano: 10      |        |

9. Podatki o stanju objekta pred potresom:  
 Redno vzdrževan: 1, pomanjkljivo vzdrževan: 2, v slabem stanju: 3

10. Podatki o temeljnih tleh:  
 Skala: 1, trdna tla: 2, srednje dobra tla: 3, slaba tla: 4

*Slika 1. Prva in druga stran predloga vprašalnika za oceno uporabnosti po potresu poškodovanih stavb*  
*Figure 1. Proposal for earthquake-damaged buildings assessment form, pages 1 and 2*

*Slika 2. tretja in četrta stran stran predloga vprašalnika za oceno uporabnosti po potresu poškodovanih stavb*  
*Figure 2. Proposal for earthquake-damaged building assessment form, pages 3 and 4*

bila, da preuči, razvije in z eksperimenti potrdi tehnološke rešitve za sanacijo in protipotresno ojačitev po potresu poškodovanih objektov. Prav zaradi izkušenj, poznavanja obnašanja konstrukcij med potresom in raziskovalnega dela je bil ZRMK nosilec in koordinator strokovnega dela dejavnosti tudi po potresih na Kozjanskem in v Posočju.

Za potrebe republiške komisije za oceno škode na objektih, ki jih je poškodoval potres, sta takratni ZRMK (danes Zavod za gradbeništvo) in Računski center pri Fakulteti za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo (danes Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo pri Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo) po potresu na Kozjanskem pripravila poseben anketni list, ki ga je za vsak objekt posebej morala izpolniti štiričlanska komisija, ki je poškodovani objekt pregledala. Objekti so bili glede na stopnjo poškodovanosti razdeljeni na štiri kategorije, pri čemer je I. kategorija pomenila le malo poškodovan objekt, II. kategorija objekt, pri katerem so bili poškodovani nekonstrukcijski elementi, III. kategorija objekt, kjer so bili poškodovani elementi nosilne konstrukcije, v IV. kategorijo pa so bili uvrščeni porušeni ali tako močno poškodovani objekti, ki jih je bilo treba zgraditi na novo. Komisija je na prvi strani vpisala osnovne podatke o objektu, lastniku in prebivalcih, nato pa je ocenila potrebna popravila in jih, glede na kategorijo poškodovanosti, tudi količinsko ovrednotila, v nekaterih primerih pa celo ocenila njihovo vrednost. V vprašalniku ni neposredno govora o uporabnosti pregledanega objekta.

Po potresu v Posočju maja 1976 je bil vprašalnik izpolnjen in prilagojen računalniški obdelavi podatkov. Komisiji ni bilo treba vpisovati poljubnih odgovorov na vprašanja, saj so bili v vprašalniku nekateri odgovori že napisani in jih je bilo treba samo obkrožiti. Posledice potresa se niso popisale kot popis poškodb, nastalih na nosilnih in nenosilnih delih objekta, ampak kot posegi, ki so po presoji tričlanske komisije, ki je objekt pregledala, potrebni za sanacijo in ojačitev objekta. Komisija je bodisi ocenila količino materialov, potrebnih za posege, bodisi ocenila, kolikšen delež posameznih elementov bo treba popraviti ali zamenjati. Nazadnje je tudi ocenila uporabnost objekta, pri čemer je upoštevala merila, ki so navedena v preglednici 2.

Vprašalniki, ki so jih uporabljale strokovne komisije po potresih na Kozjanskem in v Posočju, so bili prirejeni tako, da je bilo možno z upoštevanjem vnaprej znanih in dogovorjenih enotnih cen, ki jih je za posamezne postavke popravil in ojačitvenih ukrepov, pa tudi drugih grad-

benih in obrtniških del, izdelal takratni Biro za gradbeništvo, in obsega potrebnih del na podlagi izpolnjenega vprašalnika oceniti stroške sanacije in ojačitve. Po takratnem dogovoru je dobljena vsota predstavljala škodo, ki jo je na pregledanem objektu povzročil potres.

Po potresu v Črni gori leta 1979, ki je bil precej močnejši od potresov na Kozjanskem in v Posočju, in je prizadel tudi precej večje število objektov, je bilo treba čimprej ugotoviti uporabnost po potresu poškodovanih objektov. Vprašalnik je bil zato sestavljen iz dveh delov: v prvem je strokovna komisija navedla glavne podatke o objektu in na podlagi razvrstitve poškodb ugotovila uporabnost objekta (uporaben, začasno neuporaben ali neuporaben objekt), v drugem pa je dodatno odgovorila na vprašanja o vrsti konstrukcije in materialih. Komisija ni vnašala podatkov o poškodbah, na temelju katerih bi bilo pozneje možno sklepati o stroških sanacije in ojačitve oziroma o škodi, ki jo je povzročil potres. Po potresu v Črni gori je bila škoda ocenjena na podlagi vzorčnih projektov sanacije naključno izbranih objektov, predstavnikov različno poškodovanih tipičnih vrst konstrukcije, grajenih na različnih delih po potresu prizadetega območja. Vprašalnik, ki je bil uporabljen za ocenjevanje uporabnosti objektov po potresu v Črni gori, je pozneje Inštitut za potresno inženirstvo in inženirsko seizmologijo IZIS iz Skopja uporabil kot temelj za pripravo mednarodno sprejete metodologije, ki smo jo v precejšnji meri sprejeli tudi v našem predlogu, opisanem v nadaljevanju prispevka (7).

## Predlog vprašalnika za ocenjevanje uporabnosti

V Ujmi smo pred dvema letoma predstavili program projekta Potresna ogroženost in varstvo pred potresi (8), ki ga na pobudo Uprave Republike Slovenije za zaščito in reševanje in s financiranjem Ministrstva za obrambo in Ministrstva za znanost in tehnologijo izvaja Zavod za gradbeništvo, Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo pri Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani in Geografski inštitut Antona Melika pri Znanstveno-raziskovalnem centru SAZU. V programu dveletnega projekta, ki se bo končal julija 1996, že po oddaji tega prispevka, je tudi priprava metodologije

za ocenjevanje uporabnosti objektov, 209 poškodovanih po potresu.

Predlagamo, naj se v Sloveniji sprejme dvokrožni sistem ocenjevanja uporabnosti. To pomeni, da bodo strokovne komisije takoj po potresu po hitrem postopku pregledale vse gradbene objekte na območju, ki ga je prizadel potres, in ocenile njihovo uporabnost, ne da bi podrobneje popisovale nastale poškodbe. Pri objektih, ki jih bodo v prvem krogu ocenjevanja razvrstile med začasno neuporabne ali neuporabne in jih označile z rumeno ali rdečo barvo, bodo seveda predpisale tudi nujne ukrepe za zavarovanje. V drugem krogu pa bodo komisije ponovno pregledale le tiste objekte, ki so bili med prvim pregledom uvrščeni med začasno neuporabne ali neuporabne, pri čemer bodo natančno opisale vrsto in obseg nastalih poškodb.

Da bi bile ugotovitve ocenjevalnih komisij uporabne tudi za načrtovanje in organizacijo dejavnosti za odpravo posledic, seveda ni dovolj, da ocenjevalci označijo pregledane objekte z dogovorjenimi oznakami, na podlagi katerih bodo uporabniki vedeli, kako ukrepati. Ocenjevalci morajo svoje ugotovitve tudi popisati, podatki pa morajo biti zbrani tako, da se jih da na preprost način prebrati in analizirati. To velja tako za ugotovitve prvega kroga ocenjevanja, kakor tudi za podrobnejše ugotavljanje stanja huje poškodovanih objektov v drugem krogu, tj. potem, ko je za namestitve prebivalcev in zavarovanje objektov pred rušenjem med morebitnimi ponovnimi potresnimi sunki že poskrbljeno.

V prvem delu vprašalnika so identifikacijski podatki o pregledanem objektu, podatki o komisiji, ki je objekt pregledala, ter tehnični podatki o pregledanem objektu. Podatki o škodi se vpišejo po končanem ocenjevanju v drugem krogu, za kar bo po našem predlogu pripravljen poseben dodatek k vprašalniku. Prvi del vprašalnika predstavlja identifikacijski in tehnični del "osebne izkaznice" pregledanega objekta. Če ti podatki niso pripravljeni vnaprej, na postavljena vprašanja v drugem delu vprašalnika v vsakem primeru odgovori komisija v prvem krogu ocenjevanja. Ta del vprašalnika vsebuje vprašanja o namembnosti in starosti pregledanega objekta, o njegovi velikosti (tlorisni površini, številu nadstropij, itd), o vrsti konstrukcije in materialih, o stanju objekta pred potresom in podobno.

V drugem delu vprašalnika komisija vpiše svoje ugotovitve o uporabnosti objekta, priporočila za nujne varnostne ukrepe, če so potrebni, in različne opombe. Na ta vprašanja v celoti odgovori v prvem krogu ocenjevanja. Drugi del vprašalnika pa vsebuje tudi vprašanja,

210 na katera komisija odgovori šele v drugem krogu ocenjevanja. To so vprašanja, povezana z resnostjo in obsegom poškodb, ki jih je potres povzročil nosilni konstrukciji in njenim elementom, pa tudi nekonstrukcijskim delom objekta, pri katerih je treba še posebej upoštevati možnost porušitve in padca pri ponovnih potresnih sunkih. Odgovori na ta vprašanja šele utemeljijo odločitev komisije o stopnji uporabnosti objekta takoj po potresu, ki jo je komisija izrekla po prvem krogu ocenjevanja in jo zapisala v drugem delu vprašalnika, ko objekta še ni natančno pregledala. Če komisija dvomi o svoji prvotni odločitvi, lahko njen predsednik na pomoč pokliče komisijo izvedencev. Vprašanja, na katera mora odgovoriti komisija pri drugem pregledu poškodovanega objekta, so pripravljena tako, da je možno na podlagi pripravljenih ocen obsega posamezne kategorije poškodb in opisa konstrukcije iz prvega dela vprašalnika izdelati približno oceno škode če seveda poznamo enotno ceno popravila posamezne kategorije poškodb. Škodo lahko ocenimo tudi na temelju obsega poškodovanosti, izražene z odstotkom tlorisne površine celotnega objekta. Natančno pa lahko škodo ocenimo samo na podlagi projekta sanacije in ojačitve.

Vprašalnik moramo za praktično uporabo tudi ustrezno grafično oblikovati. Po katastrofalnem potresu, ki prizadene večje območje, je poškodovano tudi večje število gradbenih objektov, lahko tudi nekaj deset tisoč. To zahteva, da se vsak dan sproti obdela množica podatkov, še več podatkov pa imamo, ko je pregledovanje poškodovanih objektov konec in bi radi analizirali posledice. Zato morajo biti tako vprašanja in odgovori nanje pripravljeni tako, da jih bo možno računalniško obdelati. Če komisije za ocenjevanje uporabnosti nimajo notesnikov (računalniki lap-top) in vprašalnik ni pripravljen v obliki programa tipa data-base, kar omogoča neposredno vpisovanje odgovorov v računalnik in sprotno analizo podatkov, morajo biti vprašalniki tiskani. Pripravljeni morajo biti tako, da so pregledni, vprašanja in odgovori pa morajo biti ustrezno kodirani, kar omogoča poznejši vnos podatkov v računalnik in njihovo računalniško obdelavo.

Velikost vprašalnika je lahko različna. Vprašalniki, uporabljeni po potresih na Kozjanskem in v Posočju, so bili tiskani na polo papirja formata A3, prepognjenega na format A4, vprašalnik, ki ga je predlagal IZIS Skopje (7), pa na obeh straneh lista formata A4. Pri odločitvi o velikosti vprašalnika, na katerem morajo biti obvezno natiskana tudi osnovna navodila za izpolnjevanje (kodiranje) in osnovne definicije, pomembne za odlo-

čitve komisije (npr. definicije stopnje poškodb), je treba upoštevati preglednost in s tem lažje poznejše vnašanje podatkov v računalnik in analizo podatkov ter seveda tudi fizični obseg arhiva po končanem pregledovanju objektov. Že odločitev, da bo vprašalnik tiskan na obeh straneh lista formata A4 namesto na formatu A3 pomeni, da bomo za arhiviranje vprašalnikov potrebovali polovico manj prostora.

Zaenkrat predlagamo odločitev, ki je v prid preglednosti in lažjemu vpisovanju podatkov. Predlagamo torej, da se vprašalnik tiska na listu formata A3. Izkušnje kažejo, da je na terenu, kjer se komisije gibljejo med poškodovanimi in porušeni objekti, zelo težko vpisovati podatke na majhen prostor. Možnosti za napake, tj. vpis podatka na napačno mesto, so pri "kondenziranem" vprašalniku, pri katerem je na enako število vprašanj treba odgovoriti na eni strani, precej večje kot pri vprašalniku, ki je enkrat večji in že samo zato bolj pregleden. Tako so lahko na prvih treh straneh prepognjene pole formata A3 tiskana vsa že predstavljena vprašanja, pri čemer je na vrhu druge strani prostor za skico pregledanega objekta, na koncu pa za opombe komisije. Navodila za izpolnjevanje (šifrant) in osnovne definicije so natiskane na četrti strani. Predlog vprašalnika je predstavljen na slikah 1 in 2.

Da bi se dejavnosti za ocenjevanje uporabnosti po potresu poškodovanih gradbenih objektov lahko nemudoma začele, morajo občinski štabi civilne zaščite na potresno ogroženih območjih že vnaprej ustanoviti vsaj del komisij strokovnjakov, potrebnih v primeru katastrofe, in njihove člane seznaniti z metodologijo dela. Občinski štabi morajo tudi poskrbeti, da se bodo člani komisij med usposabljanjem na seminarjih naučili uporabljati enotna merila za ugotavljanje uporabnosti objektov, pa tudi za to, da se bodo seznanili s potresno ogroženostjo in ranljivimi najpomembnejšimi objekti na svojem terenu, kar jim bo pomagalo, da bodo delo po potresu lahko hitro in zanesljivo opravili.

1. Eurocode 8. Design provisions for earthquake resistance of structures. Part 1-4: General rules - repair and strengthening of buildings. (1996) prENV 1998-1-4: 1996.
2. Pravilnik o tehničnih normativih za sanacijo, ojačitev in rekonstrukcijo objektov visoke gradnje, ki jih je poškodoval potres in za rekonstrukcijo in revitalizacijo objektov visoke gradnje (1985). Ur. list SFR Jugoslavije, št.52. Beograd.
3. Building construction under seismic conditions in the Balkan region (1983). Volume 5. Repair and strengthening of reinforced concrete, stone and brick masonry buildings. UNIDO/UNDP, Vienna.

4. Building construction under seismic conditions in the Balkan region (1984). Volume 6. Repair and strengthening of historical monuments and buildings in urban nuclei. UNIDO/UNDP, Vienna.
5. ATC-20 (1989). Procedures for the Post-earthquake Safety Evaluation of Buildings. Applied Technology Council, ZDA.
6. Odredba o dimenzioniranju in izvedbi gradbenih objektov v potresnih območjih (1963). Ur. list SR Slovenije, št.18. Ljubljana.
7. Methodology and Procedure for Earthquake Damage Assessment (1984). Institute for Earthquake Engineering and Engineering Seismology, Skopje, Makedonija.
8. Tomažević, M. (1994). Projekt Potresna ogroženost in varstvo pred potresi. Ujma, 8, str. 142-144.

**Miha Tomažević**

## Post-Earthquake Assessment of Damage to Built Environment

In order to carry out earthquake emergency activities efficiently, the actual damage to the built environment should be assessed. Reliable information regarding the serviceability of residential buildings, hospitals and other important public facilities, as well as infrastructure, life-lines and industrial facilities, is of relevant importance. In order to make adequate decisions, the effects of earthquakes on different types of structures should be known, and causes of different types of damage, particularly damage critical for the stability and earthquake resistance of structures in the case of the aftershocks, should be understood. The principles of structural repair and strengthening should be also known. On the basis of damage evaluation, the buildings are classified into three categories (continuing occupancy, restricted occupancy, and unsafe buildings). In Slovenia, a two-level system of damage assessment has been adopted, consisting of rapid and detailed evaluation. In order to provide information regarding the safety of occupancy and to propose immediate safety measures, rapid evaluation is carried out immediately after the earthquake. In the case of detailed evaluation, however, the earthquake-damaged buildings are visited for a second time, and damage to structural elements and the structure as a whole is inspected in detail.