

Upoštevanje in izkušnje pri uporabi Evrokoda 8 v okviru popotresne obnove v Posočju

dr. Samo Gostič, dr. Blaž Dolinšek,
Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o.

0. UVOD

Posočje sta v zadnjih desetih letih prizadela dva močnejša potresa. Prvi je bil leta 1998, drugi pa leta 2004, ravno v času, ko se je obnova po prvem potresu zaključevala. Na srečo noben od omenjenih potresov ni zahteval človeških žrtev, povzročila pa sta veliko gmotno škodo. Po potresu 1998 se je večina prebivalstva čez noč znašla brez varne strehe nad glavo, zato je bila državna pomoč pri obnovi nujna.

Že prej so potresi zaznamovali to pokrajino, saj sta v letu 1976 dva potresa (6.5. in 11.9.) z epicentrom v bližnji Furlaniji, povzročila veliko škode tudi v Sloveniji. Takrat je bilo poškodovanih 12.000 stavb, od katerih je bilo 4.200 ocenjenih kot začasno neuporabnih. Izkušnje takratne popotresne obnove, predvsem pri obnovi Breginja, so v veliki meri vplivale na izhodišča obnove po potresu 1998.

Takoj po potresih so bile aktivirane sile civilne zaščite in reševanja, ki so opravile začetne aktivnosti reševanja inčasne namestitve dokaj tekoče in utečeno. Na srečo se je zrušilo samo nekaj nenaseljenih stavb, tako da reševanje iz ruševin ni bilo potrebno.

Po potresu leta 1998 je bilo zabeleženih več kot 4.000 poškodovanih objektov, od katerih je bilo več kot 3.000 stanovanjskih. Za bivanje neuporabnih (nevarnih) je bilo zabeleženih približno 500 stavb. Za prebivalce teh objektov je bilo potrebno urediti začasno nastanitev. Po potresu 2004 pa je bilo poškodovanih približno 1.800 objektov, od katerih je bilo 20 ocenjenih kot (začasno) nevarnih za bivanje.

Zaradi obsežnosti prizadetega območja predstavlja obnova zahteven organizacijsko tehnični problem, zato je bila ustanovljena Državna tehnična pisarna, ki deluje na terenu in vodi vse postopke za oškodovance glede obnove objektov. Delovanje pisarne se je ohranilo tudi po potresu 2004, kljub takratnim očitkom v javnosti, saj se je po neodvisni strokovni analizi izkazalo, da je pristop pravilen.

1. PRISTOP K POPOTRESNI OBNOVI

Po potresih se je potrebno najprej na politični ravni odločiti koliko in kako pomagati prizadetim ljudem. Po potresu leta 1998 je bil sprejet *Zakon o popotresni obnovi objektov in spodbujanju razvoja v Posočju - ZPOOSRP*, (Ur.l. RS 45/98), kjer je bila določena oblika in pogoji državne pomoči. Stroka in javnost je bila še vedno pod vtisom posledic potresa leta 1976 na Tolminskem, kjer so v več primerih odstranili celotna (z velikim deležem poškodovanih stavb) naselja in zgradili nova montažna

naselja. Pristop je bil cenovno, predvsem pa časovno učinkovit, vendar pa je spreminjal kulturno krajino področja. Splošen konsenz je bil, da se to ne sme več ponoviti, zato je obstajala tudi težnja, da se objekti (po 1998) v čim večji meri rekonstruirajo. Potem je potres 2004 povzročil, da je bilo potrebno upoštevati nove izkušnje, predvsem verjetnost pogostega ponavljanja takšnih potresov, zato je poleg zagotavljanja statične stabilnosti pomembna tudi ranljivost objektov oz. materialna škoda, tako da je ohranjanje arhitekturnega izgleda relativno izgubilo pomen glede na ekonomske kriterije obnove.

Faza obnove je iz strokovnega vidika precej bolj zahtevna, kot se zdi na prvi pogled. Gre namreč za popravilo objektov, ki skoraj v ničemer ne izpolnjujejo zahtev današnjih standardov o varnosti in bivanjskih razmerah. Objekti so večinoma dotrajani in nevdrževani ter izpostavljeni nestrokovnim posegom v preteklosti, ko so jih lastniki prilagajali modernemu načinu življenja. Pristop k obnovi takih objektov se precej razlikuje od pristopa pri novogradnjah. Projektant mora pri rekonstrukcijah že v fazi projektiranja ugotoviti vse lastnosti objekta, predvsem nosilni sistem, konstrukcijske pomanjkljivosti, napake itd. Zato mora poznati in upoštevati številne dejavnike, ki bodo vplivali na končni uspeh obnove, od poznavanja materialov in načina gradnje v času izgradnje objektov, do samih možnosti in postopkov utrditvenih ukrepov. Pri vsem tem pa je potrebno paziti tudi na stroške rekonstrukcij, saj se lahko hitro približajo vrednosti novogradnje ali jo celo presežejo, kar pa lahko popolnoma izniči trud projektanta. Ne glede na stroške se vztraja pri obnovi samo pomembnejših kulturnih spomenikov, ki jih je potrebno na vsak način ohraniti.

V Posočju sta potresa iz 1998 in 2004 predvsem prizadela zidane stavbe, ki jih je tudi največji delež (okoli 75%) na tem območju. Gre pretežno za kamnite zidane stavbe z debelimi kamnitimi zidovi, grajenimi iz neobdelanega kamna, brez ali z malo malte ter votlikavim srednjim slojem. Stropne konstrukcije so lesene ali pa betonske plošče z vprašljivo količino armature. Včasih so tudi brez armature, samo vgrajene med jeklene profile. Pri običajni vertikalni obtežbi, ki so ji objekti večino časa izpostavljeni, se slabosti te gradnje ne pokažejo, na potresno obtežbo pa ti zidovi niso dovolj odporni. Poleg popravila samih potresnih poškodb je nujno potrebno tudi njihovo statično in protipotresno utrjevanje za zagotavljanje zadostne potresne varnosti po sedanjih predpisih.



Slika 1 Tipična kamnita zidana stavba v Posočju

Osnoven princip rekonstrukcije takšnih stavb je, da se zidovi medsebojno povežejo in da se utrdijo (injektirajo s cementno maso). S takimi metodami se izboljša nosilnost konstrukcije, v večini primerov vsaj toliko, da je objekt v primeru močnejšega potresa varen pred poružitvijo. Seveda pa, kot tudi velja pri projektiranju novogradenj, ukrepi nikakor ne zagotavljajo varnosti pred poškodbami objektov v primeru naslednjega potresa. Ravno to je pokazal 'ponovljen' potres leta 2004, ki je ponovno poškodoval nekatere že sanirane objekte. Pri tem stabilnost teh objektov v večini primerov ni bila ogrožena, vendar je bila materialna škoda kljub temu visoka.

Potres 2004 sicer ni imel velike magnitude (M 4.9 v primerjavi z M 5.6 leta 1998) vendar je bil plitek in je zato imel lokalno (predvsem v Bovcu in Čezsoči) veliko intenziteto. V Bovcu so bili izmerjeni celo pospeški do 0,47g in po upoštevanju geološke kategorije tal, je bilo izračunano, da so bili pospeški na trdni osnovi velikosti pričakovanega projektnege pospeška za območje Posočja (0,225g). Tako da je nastanek poškodb, vendar ne poružitve, pričakovan tako na novogradnjah, kot na rekonstruiranih objektih.

Izkazalo se je tudi, da novejšje zidane stavbe zgrajene (vsaj) po določilih Predpisa iz 1981, torej s horizontalnimi in vertikalnimi vezmi, večinoma niso bile resneje poškodovane. Posebna skupina, s karakteristično več resnimi poškodbami, so bile zidane stavbe z medetažami, kar kaže na neustreznost takšne zasnove pri gradnji potresnoodpornih konstrukcij.

Dobro so potres prestale tudi montažne lesene stavbe. Ker so po 2004 kriteriji ekonomske upravičenosti pri odločanju o rekonstrukciji/nadomestni gradnji pridobili na veljavi, se je povečalo število nadomestnih gradenj. Med zgrajenimi nadomestnimi stavbami pa se je zelo povečal delež lesenih montažnih stavb.



Slika 2 Nadomestne stavbe so pogosto lesene montažne izvedbe, vendar po izgledu sledijo tipični arhitekturi Posočja

1.1 Organizacijski pristop

Zaradi velike množice izvajalcev, projektantov, objektov in raznih idej utrjevanja ni bilo možno, da bi vsak delal po svoje in izvajal neke svoje rešitve, ampak je bilo potrebno določiti, kateri postopki so ustrezni. Pri tem so sodelovali vsi vidni predstavniki stroke v Sloveniji. Postopki utrjevanja pa so morali biti praktično preizkušeni in njihovi učinki dokazani tudi v praksi.

Sprejete utrditvene postopke je bilo potrebno nato tehnološko obdelati, normirati tako po porabi materiala, časa in tudi cenovno in tudi usposobiti izvajalce ter projektante za njihovo uporabo. Tako je za lažje in hitrejše načrtovanje, obračun in spremljavo sredstev, DTP izdala enotne popisne postavke del in tudi enotne cene za postavke, s čimer smo se izognili izvajanju dolgotrajnih razpisov za vsak objekt posebej in izločili eventualno dogovarjanje med izvajalci in s tem umetno višanje cen.

Država je močno pomagala tudi s poenostavitvijo upravnih postopkov. V primerih lažjih rekonstrukcij je po potresu 1998 omogočila izvajanje brez pridobivanja gradbenega dovoljenja ampak na osnovi t.i. odločbe o priglasitvi dovoljenih del, kar je s praktičnega vidika precej hitreje. Osnova so bili elaborati sanacij, ki so jih izvajale projektantske ekipe v DTP. Na tak način je bilo projektiranih kar 80% rekonstrukcij po potresu 1998. Ostale so šle čez postopek pridobivanja gradbenega dovoljenja.

Popotresna obnova je trajala dalj časa, kot so bile optimistične napovedi takoj po dogodkih, predvsem iz treh razlogov:

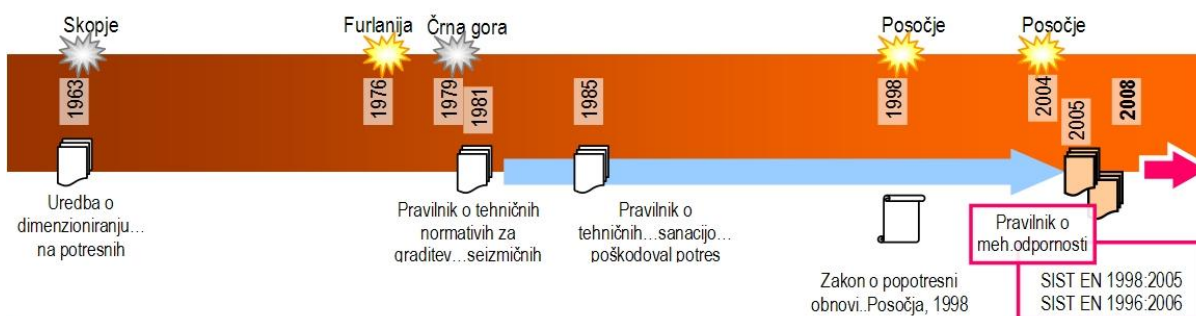
- potrebno je bilo dogovarjanje o načinu pomoči (od višine sredstev, organizacijskega pristopa, do tehničnih rešitev),
- na začetku je zaradi nenadne velike količine dela primanjkovalo tako projektantov, kot izvajalcev in
- nerešeni lastniški odnosi so zavrli marsikatero rekonstrukcijo.

Kljub temu je bilo konec leta 2000, dve leti in pol po potresu, saniranih že 1.200 objektov, kar je predstavljalo 90% vseh za rekonstrukcijo predvidenih objektov v okviru državne popotresne obnove.

2. UPOŠTEVANJE PREDPISOV O POTRESNO VARNI GRADNJI

V Posočju je velik delež starejših stavb, ki so bile grajene po prvi in drugi svetovni vojni, v časih pomanjkanja gradbenega materiala in še pred uveljavitvijo posebnih predpisov, ki urejajo protipotresno gradnjo. Tovrstne stavbe so tudi bile med bolj poškodovanimi. Sorazmerno slabo so se odrezale tudi stavbe, ki so bile zgrajene v 70 letih. Običajno niso imele vertikalnih AB vezi, ker po *Odredbi o dimenzioniranju in izvedbi gradbenih objektov v potresnih območjih* iz leta 1963 to ni bilo potrebno (zahtevane so bile samo horizontalne AB vezi v višini stropov). Pogosta napak je bila tudi zidanje z zidaki, ki so imeli vodoravne luknje (BH zidak).

Po potresu 1998 je bil v veljavi *Pravilnik o tehničnih normativih za graditev objektov visoke gradnje na seizmičnih območjih* iz leta 1981 in tudi *Pravilnik o tehničnih normativih za sanacijo, ojačitev in rekonstrukcijo objektov visoke gradnje, ki jih je poškodoval potres ter za rekonstrukcijo in revitalizacijo objektov visoke gradnje* iz leta 1985. Zaradi števila poškodovanih objektov in želje po čimprejšnji obnovi se je za večino objektov pripravilo elaborate za priglasitev del, kar je tudi omogočal takratni *Zakon o graditvi objektov*. Elaborati so bili narejeni za enostavne stanovanjske objekte, kjer so bile uporabljene standardne metode utrditve (povezovanje z jeklenimi protipotresnimi vezmi, injektiranje kamnitih zidov, podbetoniranje, vgradnja novih zidov, AB vezi itd.), kot so tudi navedene v Pravilniku iz 1985. Za večje objekte so bili narejeni projekti PGD, ki so glede potresne odpornosti prav tako upoštevali navodila pravilnikov iz 1981 in 1985.



Slika 3 Časovnica vplivnih potresov in spremembe pravilnikov o potresno varni gradnji

Po ponovnem potresu 2004, ko niti še ni bila zaključena obnova po potresu iz 1998, se je odločilo, da je potrebno za vse objekte izdelati vso gradbeno dokumentacijo od idejne zasnove, PGD do PZI. Poleg tega je bilo sklenjeno, da se za izračun potresne odpornosti rekonstruiranih stavb v okviru popotresne obnove Posočja uporablja (takrat prihajajoči) evropski standard o potresno odporni gradnji - EC8, namesto zastarelega pravilnika iz 1981.

Zahteve glede projektiranja so se po letu 2003 spreminjale, saj je takrat sprejeti *Zakon o graditvi objektov (ZGO-1)* zahteval, da morajo biti objekti projektirani tako, da izpolnjujejo bistvene zahteve. Zahteve veljajo za novogradnje in tudi za rekonstrukcije. Vendar so šele z objavo seznama standardov v Uradnem listu RS (št. 114/2005) bili v Sloveniji najprej vzporedno (od 1.1.2006) in nato obvezno (od 1.1.2008 dalje) uveljavljeni evropski standardi za projektiranje. Če projektiramo v skladu z njimi, se domneva, da bo prva (in delno druga) bistvena zahteva objekta izpolnjena. Za popotresno obnovo Posočja so, poleg ostalih iz družine Evrokodov, seveda najbolj pomembni standardi za projektiranje potresnoodpornih konstrukcij (SIST EN 1998-1:2005), standard za projektiranje rekonstrukcij (SIST EN 1998-3:2005) in za projektiranje zidanih konstrukcij (SIST EN 1996-1:2006).

V primeru obnove med potresi poškodovanih objektov v Posočju se upošteva tudi *Zakon o popotresni obnovi objektov in spodbujanja razvoja v Posočju* (zadnje prečiščeno besedilo ZPOOSRP-UPB1), po katerem mora projektna dokumentacija vsebovati vsaj dokumentacijo o izpolnjevanju prve bistvene zahteve - zahteve o mehanski odpornosti in stabilnosti.

3. IZKUŠNJE PRI UPORABI EC8

Večina objektov, ki so bili rekonstruirani v Posočju so zidane stavbe, zato bodo predstavljene tovrstne izkušnje. Osnovni principi projektiranja se pravzaprav ne razlikujejo bistveno od Pravidnika iz 1981. Nosilni zidovi morajo biti povezani, tlorisi sorazmerno kompaktnih oblik, prenos obtežbe mora biti zagotovljen čim bolj direktno do temeljnih tal, itd. Same zahteve novih standardov (Evrokodov) po potresni odpornosti potresnoodpornih konstrukcij so višje, razlikuje se tudi način dokazovanja, vendar po drugi strani ne vpeljujejo radikalno drugačnih metod za rekonstrukcijo poškodovanih objektov. V osnovi EC8 pozna enake kategorije tipov zidanih konstrukcij kot prej (zidane, zidane z vertikalnimi vezmi in armirano zidovje). Podobne so zahteve glede največjih razmikov nosilnih zidov, AB vezi in samega detajliranja vezi. Še najbolj moti določilo, da se kot nosilni zid smejo upoštevati samo zidovi z debelino večjo od 24cm, kar je več od vrednosti iz prejšnjega Pravidnika (19cm), ki se pogosto uporablja. Hkrati pa na večini zidanih konstrukcij z običajnimi 19cm opečnimi bloki ni bilo opaziti posebnih večjih potresnih poškodb.

Po standardu EC8-1 obstaja možnost, da ni potrebno računsko dokazati potresne odpornosti za zidane stavbe, če izpolnjuje pravila za "enostavne zidane stavbe". Vendar to ne velja na območju večje potresne ogroženosti, kjer je pospešek tal večji od 0.2 g. To žal velja za celotno Posočje (poleg ostalih delov Slovenije, npr. Ljubljane), zato na teh območjih ni mogoče projektirati po pravilih za enostavne zidane stavbe.

Potresno odpornost konstrukcije je potrebno izračunati in jo primerjati s potresno obremenitvijo, od katere mora biti odpornost seveda večja. Po standardu EC8 se skupna mejna prečna sila zaradi potresa (oziroma razmerje med skupno potresno silo in teži stavbe nad togo podlago BSC) določi na podoben način kot po Pravidniku iz 1981, le da so uporabljeni drugačni koeficienti. Pri teži stavbe se zaradi drugačne predpostavke o verjetnosti prisotnosti koristne obtežbe na stavbi v času potresa, uporabljajo drugačni koeficienti (npr. ni potrebno upoštevati teže snega za izračun

vztrajnostnih potresnih sil). Pospšek temeljnih tal (a_g) je potrebno vzeti iz nove karte projektnih pospeškov (2001).

EC8 na splošno za vse konstrukcije zahteva, da računski model ustrezno upošteva porazdelitev togosti in mase po konstrukciji, tako da so zajete vse pomembne nihajne oblike. V primeru nelinearne analize mora računski model ustrezno obravnavati tudi porazdelitev nosilnosti. Upoštevati moramo še nenosilne elemente, ki lahko vplivajo na odziv nosilne konstrukcije. Za toge stropne konstrukcije (v njihovi ravnini) se mase lahko koncentrirajo v težišču tlorisa posamezne etaže. Za tlorisno regularne konstrukcije se analiza lahko izvede na dveh (za vsako smer tlorisa) ploskovnih modelih. Tudi pri zidanih konstrukcijah se pri izračunu togosti elementov upošteva razpokan prerez, v odsotnosti natančnejšega izračuna se lahko vzame polovična vrednost nerazpokanega. Pri računu je potrebno upoštevati še slučajno ekscentričnost pri položaju mase glede na strižno središče.

Glede na karakteristike stavbe (pravilnost tlorisov in po višini) se potresni odziv izračuna z linearno metodo ekvivalentnih vztrajnostnih sil ali modalno analizo, lahko pa se tudi izračuna z nelinearno "push-over" metodo oziroma časovno dinamično analizo. Pri nelinearni analizi se na nivoju elementov upoštevajo relacije deformacija-sila, pri čemer mora biti ta relacija vsaj bilinearna. V informativnem dodatku C standarda SIST EN 1998-3 so tudi dodatna določila kaj je potrebno upoštevati v računskem modelu in kako.

Zgoraj navedenemu ustreza pri nas že dolgo uporabljana "push-over" metoda izračuna potresne odpornosti zidanih konstrukcij - SREMB.

Pri ugotavljanju dejanskega stanja se čim natančneje določijo materialne lastnosti vgrajenih materialov (po EC8-3). Najboljše (in v skladu z EC6) je izvesti eksperimentalno določitev materialnih karakteristik vgrajenih materialov na terenu samem (in-situ strižne preiskave zidov). Žal je to redko ekonomsko utemeljeno, zato se takrat na objektu odpre sonda. Če z njimi dokažemo, da imamo enako vrsto zidovine kot primeri v literaturi, za katere so bile izvedene preiskave, lahko povzamemo karakteristične vrednosti in jih upoštevamo z varnostnim faktorjem $C_F=1.2$.

Pri izračunu novo zgrajenih opečnih nosilnih zidov je potrebno upoštevati karakteristike in delne materialne varnostne faktorje skladno s SIST EN 1996-1-1 in 1998-3 (γ_M za seizmični izračun je glede na kakovost proizvodnje zidakov in kakovost gradnje med 1,5 in 2,0).

4. ZAKLJUČEK

Napredek na področju potresno odporne gradnje sledi tako iz rezultatov raziskav kot tudi iz izkušenj in opazovanj po potresih. Teh je bilo obilo po potresih v Posočju predvsem za zidane stavbe.

Veljavna zakonodaja zahteva, da se tudi rekonstruiranim objektom zagotovi minimalno potresno odpornost, ki ni nič manjša, kot se zahteva za nove objekte. S sprejetjem evropskega standarda EC8 (obvezna uporaba od 1.1.2008) je ta zahteva

za zidane stavbe višja, kot pri prejšnji zakonodaji. Vendar je še vedno možno tovrstne objekte utrditi do zahtevanega nivoja s poznanimi in preskušeni načini protipotresnega utrjevanja. Uspešnost utrditve je odvisna predvsem od splošnega stanja objekta, njegove konstrukcijske zasnove, prisotnih gradbenih napak in predelav v preteklosti.

Zaradi tega se vsak objekt posebej obravnava in postopno vrednoti skozi proces projektiranja od idejne zasnove do končnih izvedbenih projektov. V vsaki fazi se kontrolirajo stroški gradnje ter ukrepi. V primeru prekoračitve stroškov rekonstrukcije preko sprejemljivega ekonomskega praga se predlaga nadomestna gradnja. V takem primeru je potrebno spoštovati zahteve pristojnih Zavodov za varstvo kulturne dediščine glede gabaritov, oblikovanja in obdelav objekta, da se čimbolj ohrani izgled kulturne krajine.

Po Evrokodih je način dokazovanja potresne odpornosti sicer drugačen, čeravno ne bistveno. Tudi metode za rekonstrukcijo poškodovanih objektov ostajajo podobne. Izkušnje potresov so pokazale, da so stavbe, ki so korektno grajene po modernih predpisih, zelo dobro prestale potrese. Prav tako so se kot ustrezne izkazale uporabljane tehnične rešitve protipotresnih utrditev, če so le bile dosledno izvedene in načrtovane. Med obnovo po potresih v Posočju se je spreminjala tudi zakonodaja s področja gradnje, kar je bilo potrebno upoštevati.

Proces obnove, predvsem faze načrtovanja poteka zato počasneje in preudarneje, vendar verjamemo, da je to v prid same kakovosti obnove. Tako da bodo izpolnjeni cilji obnove: da se objekte utrdi, da bodo varni za bivanje v primeru novega potresa, da bo materialna škoda v takem primeru čim manjša in da se čim bolj ohrani izgled tipične slovenske kulturne krajine.

5. LITERATURA

SIST EN 1996-1-1:2006, Eurocode 6 - Projektiranje zidanih konstrukcij, del 1-1: Pravila za armirano in nearmirano zidovje

SIST EN 1998-1:2005, Eurocode 8 - Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij, del 1-1: Splošna pravila

SIST EN 1998-3:2005 Eurocode 8 - Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij – 3.del: Ocena in prenova stavb