

OCENA POTRESNE OGROŽENOSTI STANOVANJSKIH STAVB V SLOVENIJI

UDK 728:550.34
COBISS 1.02 pregledni znanstveni članek
prejeto 31.3.2004

Assessment of earthquake vulnerability of residential buildings in Slovenia

izvleček

Članek ocenjuje potresno ogroženost stanovanjskih stavb v Sloveniji. Kot izhodišče so bili uporabljeni podatki zbrani z zadnjim popisom prebivalstva, gospodinjstev in stanovanj iz leta 2002, pri čemer ocena ogroženosti izhaja iz podatkov o letu izgradnje, številu etaž, materialu nosilne konstrukcije in letu zadnje preнове. V članku je najprej prikazan kratek opis značilnih časovnih razdobj izgradnje stavb, ki so jih obeleževali zgodovinski dogodki in razvoj predpisov za potresno varno gradnjo in iz katerih lahko sklepamo na sedanje stanje in potresno varnost stavbe. V nadaljevanju je prikazana natančna razdelitev stavb po starosti, materialu in številu etaž za celotni stanovanjski fond Slovenije. V zaključnem delu so podane ocene o potresni ogroženosti stanovanjskega fonda, ki so združene v tri razrede: a) verjetno potresno nevarne stavbe; b) verjetno potresno manj varne stavbe in c) verjetno potresno varne stavbe.

abstract

The article assesses earthquake vulnerability of residential buildings in Slovenia. Data gathered from the last census of the population, households and housings was used as the starting point, whereby assessment of vulnerability was done from data on year of construction, number of floors, materials used for load bearing structures and year of last renovation. The article starts with a short description of typical time frames of building construction, marked by historical events and the development of regulations concerning earthquake resistant construction, from which we can estimate their present condition and earthquake resistance. In continuation a detailed categorisation of buildings, based on age, material and number of floors, is presented for the entire housing stock in Slovenia. The conclusion gives estimates of probable earthquake vulnerability of the housing stock, which are joined into three classes: a) not earthquake resistant buildings, b) less earthquake resistant buildings and c) earthquake resistant buildings.

ključne besede:

potresna ogroženost, stanovanjske stavbe, popis prebivalstva 2002

key words:

earthquake vulnerability, residential buildings, census 2002

Potresna varnost stavb se praviloma določa na podlagi podrobnega pregleda načrtov in na podlagi izračunov in analiz za vsako posamezno stavbo. Način je seveda zamuden in drag ali celo neizvedljiv, če gre za oceno potresne ogroženosti stavb za večja območja ali pa kar za področje celotne Slovenije. Prav to pa je bil eden od ciljev raziskovalnega projekta z naslovom "Prenova stanovanjskega fonda Slovenije", ki sta ga financirali MŠZŠ in MOP v letih 2001-2003 [Zupančič et al, 2003]. Projekt je med drugim obravnaval analizo stanja, obsega, starosti in obsega nujnih potreb po prenovi stanovanjskega fonda. Pričujoči članek podrobneje obravnava le del izsledkov projekta, to je oceno potreb po prenovi nosilne konstrukcije z vidika potresne ogroženosti stavb.

Za oceno potresne ogroženosti smo uporabili rezultate zadnjega popisa prebivalcev, gospodinjstev in stanovanj zbranih s strani Statističnega urada Republike Slovenije v letu 2002 [popis, 2002], ki je vseboval tudi nekatere podatke o stavbah v katerih se posamezna stanovanja nahajajo. Na razpolago so bili podatki kot so leto izgradnje, število etaž, vrsta konstrukcijskega sistema, uporabljeni material nosilne konstrukcije, leto zadnje preнове stanovanja, namen uporabe in število stanovanj v stavbi. Ob razmeroma logični predpostavki, da so pri gradnji stavb upoštevali takrat veljavne predpise, lahko enostavno primerjamo zahteve takratnih predpisov s predpisi, ki veljajo danes in iz tega ocenimo, koliko je stanovanj, ki se nahajajo v "verjetno potresno nevarnih" stavbah, koliko je stanovanj, ki se nahajajo v "verjetno potresno manj varnih" stavbah in koliko je grajenih tako. kot to zahtevajo sodobni predpisi. Dobljena ocena je seveda približna, saj ni nujno, da so objekti iste višine iz istega materiala in iste starosti enako potresno ogroženi. (Potresna varnost je odvisna tudi od florisne razporeditve nosilnih elementov, zasnove konstrukcije, kvalitete izvedbe, detajlov itd.) Že uvodoma je potrebno poudariti, da lahko za celotni stanovanjski fond

Slovenije na podlagi podatkov zbranih s popisom podamo le splošne ocene o potrebah po prenovi nosilnih konstrukcij stavb iz različnega materiala. Točnejše ocene je mogoče dobiti le s podrobnejšo raziskavo stanja posameznih stavb ali pa morda z raziskavo posameznih manjših območij in njeno posplošitev na celotno Slovenijo.

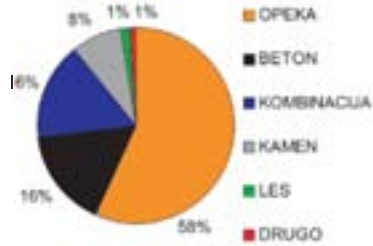
Vse tabele in slike podajajo stanovanjsko površino v m² (izraženo kot % celotne kvadrate stanovanjskega fonda), saj menimo, da je ta podatek za oceno cene preнове relevantnejši kot pa podatek o številu stanovanj ali številu stavb. V popisu je zajeta stanovanjska površina v različnih tipih stanovanjskih stavb (skupaj 58,031,187 m²). Stavbe so razdeljene po posameznih območjih pa tudi na mestna (48.4%) in nemestna (51.6%) območja. V prikazanih rezultatih so zaradi velikega obsega podatkov stanovanjske površine v različnih tipih stavb in po različnih območjih med seboj kar seštete po vseh območjih, prikazi veljajo torej za celotno Slovenijo skupaj.

Pretežno uporabljeni material in starost stanovanjskih stavb v Sloveniji

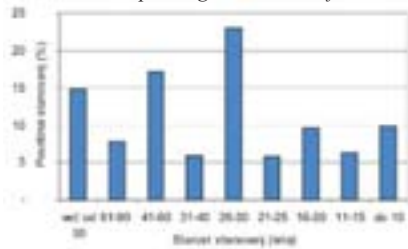
Stavbe glede na tip materiala izgradnje delimo na:

- **Opečne konstrukcije** (z ali brez AB vezi);
- **Betonske konstrukcije** (armirano betonske konstrukcije, konstrukcije iz betonskih zidakov, montažne betonske konstrukcije ipd.);
- **Kombinirane konstrukcije** (npr. opečne konstrukcije s kamnitimi pritličnimi etažami, armirano betonski okvirji z opečnimi polnili, konstrukcije kot kombinacija jekla in betona ipd.);
- **Kamnite in lesene konstrukcije** (te so v okviru obstoječega stanovanjskega fonda zastopane v manjši meri) in
- **Ostale konstrukcije.**

Delitev površine stanovanjskega fonda za celotno Slovenijo glede na material nosilne konstrukcije je prikazana na sliki 1. Starost stanovanjskega fonda je prikazana na sliki 2.



Slika 1: Stanovanjska površina glede na material nosilne konstrukcije.
Residential area depending on material of load bearing structure.



Slika 1: Stanovanjska površina glede na starost. (100%=58,031,187 m²).
Residential area depending on the building's age.

Vidimo lahko (slika 1), da je več od polovice stanovanjskih stavb (58%) zgrajenih iz opeke. Sledijo betonske in mešane konstrukcije (oboje 16%), ostali materiali so zastopani v manjši meri. Zanimiv je podatek, da je slaba polovica stavb (cca. 45%) starejših od 30 let (slika 2).

Značilna časovna razdobja izgradnje stavb

Z gradbeno-konstruktivskega vidika je najpomembnejša prenova nosilne konstrukcije. Poleg morebitnih potreb po sanaciji nosilnih konstrukcij stavb zaradi neenakomernega posedanja ali drugih poškodb, ki so posledica vertikalnih obremenitev, je izjemno pomemben vidik potresne varnosti objekta. Razvoj predpisov za potresno varno gradnjo je bil postopen, po vsakem močnejšem potresu pa so se pravila za protipotresno gradnjo dodatno razširila in zaostila. Prvi predpisi, ki so sploh vključevali potresno obtežbo kot poseben obtežni primer, so bili Privremeni tehnički propisi (PTP), ki so bili sprejeti leta 1948 v SFRJ. O potresni varnosti zgradb lahko torej grobo sodimo tudi po letu njihove izgradnje (v kombinaciji s podatkom o vrsti konstrukcijskega sistema, materialu in številu etaž). Ob pregledu zahtev predpisov o potresno varni gradnji, ki so se uporabljali na področju Slovenije v zadnjih 100 letih, lahko definiramo različna časovna razdobja izgradnje stavb, ki se razlikujejo glede na takrat veljavne predpise [Bubnov, 1996]. Na ta način lahko ocenimo delež stanovanjskih površin v stavbah, ki so potresno varne, potresno manj varne ali celo potresno ogrožene. Glede na zgodovinske mejnike in datume sprejema posameznih predpisov o potresnovarni gradnji, smo izbrali naslednja značilna obdobja izgradnje stavb:

Pred 1894 (obdobje pred ljubljanskim potresom leta 1995). Pravila potresno varne gradnje so se upoštevala pretežno izkustveno, kot na primer z omejitvijo višine stavb, povečevanjem debeline zidov v spodnjih etažah, znižanjem težišča stavbe ipd. Nekaterim takšnim stavbam se obdobje življenjske dobe konstrukcije morda že izteka. V takšnih primerih je potrebna njihova celovita prenova ali pa odstranitev. Nekatere takšne stavbe so pod spomeniškim varstvom in so zato potrebne posebne obravnave.

Od 1895 do 1945 (obdobje pred in med 1. in 2. svetovno vojno). Gradnja je potekala po takrat veljavnih avstrijskih gradbenih predpisih, ki so določali debelino opečnih zidov v posameznih etažah stavbe, širino medokenskih sklopov, izdelavo stropov, požarnih zidov, masivnih stopov ipd. Kot horizontalno obtežbo so upoštevali predvsem obtežbo vetra. To obdobje večinoma odlikuje dovolj solidna gradnja, tako po zasnovi, kot pri izvedbi detajlov in izbiri materialov. V tem času se šele začela uporaba armiranega betona, pojavljajo pa se že prve visoke stavbe, ki reagirajo na potresno obremenitev povsem drugače kot toge opečne stavbe prejšnjih stoletij (Ljubljanski nebotačnik 1933).

Od 1946 do 1963 (med in zgodnje povojno obdobje). Večina stavb iz tega obdobja je grajena v skladu s prvimi jugoslovanskimi predpisi za obtežbo zgradb (PTP, 1948), po katerih je bila Jugoslavija razdeljena na 3 potresne cone: a) cono manjših poškodb, b) cono velikih poškodb in c) cono katastrofalnih rušenj. Maksimalna potresna sila za cono c je znašala največ 3% stalne in polovice koristne obtežbe, kar je na posameznih potresno ogroženih področjih tudi od pet do deset krat manj od zahtev današnjih predpisov. Za to obdobje je značilen socialističen način gradnje, kvaliteta teh stavb je v splošnem najslabša. Omenjeni predpis je veljal do leta 1963.

Od 1964 do 1981 (obdobje po potresu v Skopju). Leta 1963 so bili sprejeti novi predpisi za potresno varno gradnjo, v katerih je predpisana uporaba spektra odziva, razporeditev horizontalnih sil po višini stavbe, vpliv nosilnih tal in drugo. V tem letu je bila sprejeta tudi nova seizmološka karta Slovenije, ki je realneje prikazovala področja različnih intenzitet. Povsem so bili spremenjeni predpisi za gradnjo zidanih konstrukcij na potresnih območjih, kjer so prvič predpisane tudi vertikalne AB vezi na vogalih stavbe in stikih zunanjih in notranjih nosilnih zidov. V splošnem imajo stavbe grajene v tem času precej večjo potresno odpornost, kot tiste grajene v prejšnjih obdobjih. Po potresu v črnogorskem primorju leta 1979 so bili obstoječi predpisi kritično analizirani, začela se je priprava novih jugoslovanskih predpisov za protipotresno gradnjo, ki so izšli leta 1981.

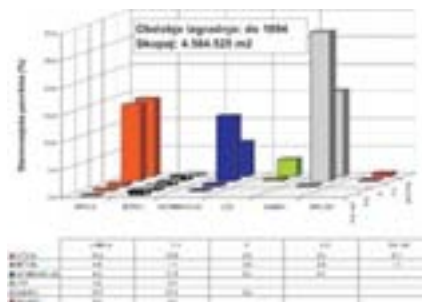
Od 1982 do 1999 (obdobje po izidu novih predpisov za potresno varno gradnjo). Kvaliteta gradnje in potresna varnost je višja kot v prejšnjih obdobjih. Te stavbe - razen morebitnih izjem - niso potrebne ojačitve nosilne konstrukcije.

Po letu 2000 (obdobje po sprejetju evropskega standarda Eurocode 2 in 8, 2000, 2001).

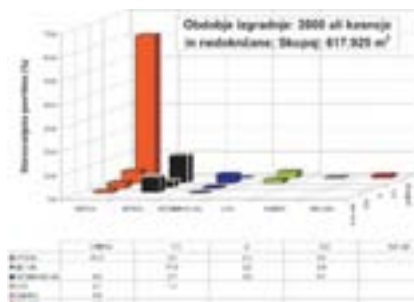
Delitev stanovanjskega fonda Slovenije po starosti, materialu in številu etaž

Slike 3 do 9 prikazujejo kompletan prikaz uporabe vseh materialov po omenjenih časovnih obdobjih za celotno Slovenijo. Poleg diagramov v odstotkih so prikazane tudi numerične vrednosti in skupno število površin stanovanj, tako da je mogoč natančen izračun površin. Na Statističnem uradu strogo upoštevajo določila o zaupnosti podatkov, ki jih določajo Zakon o popisu prebivalstva, gospodinjstev in stanovanj v RS v letu 2002 (Ur. l. RS, št. 66/00 in 26/01), Zakon o državni statistiki (Ur. l. RS, št. 45/95 in 09/01) in Zakon o varstvu osebnih podatkov (Ur. l. RS, št. 59/99), zato vse nizke vrednosti zakrijejo. V skupnem seštevku so ti podatki sicer vključeni, v posameznih delitvah pa so zakriti. Iz tega razloga seštevki posameznih delitev ne dajo celotne vsote.

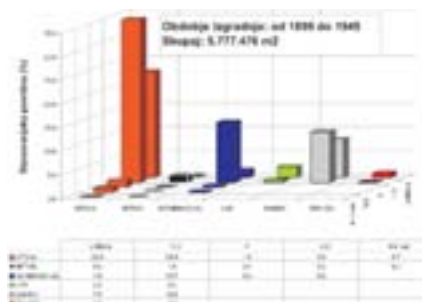
Razlike so razmeroma majhne, pomembnejše so le pri obravnavi majhnega števila podatkov iz ozkih časovnih obdobj (npr. če bi želeli pregledati vse stavbe, ki so višje od 9 etaž in so zgrajene v točno določenem letu). Tako lahko na primer vidimo, da je bilo v obdobju med 1982 in 1999 zgrajenih 3.3% stanovanj v



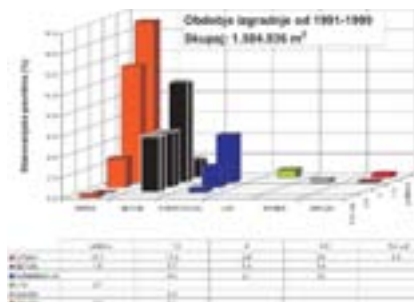
Slika 3: Obdobje do leta 1894.
 Period before 1894.



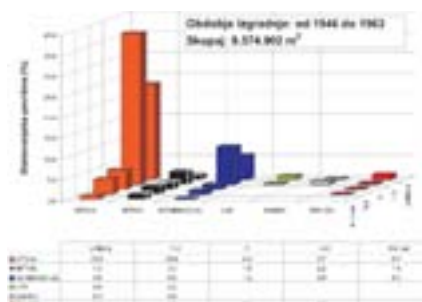
Slika 8: Obdobje po letu 2000.
 Period after 2000.



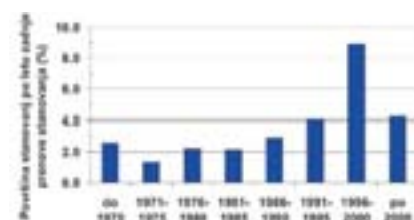
Slika 4: Obdobje od leta 1895 do leta 1945.
 Period from 1895 to 1945.



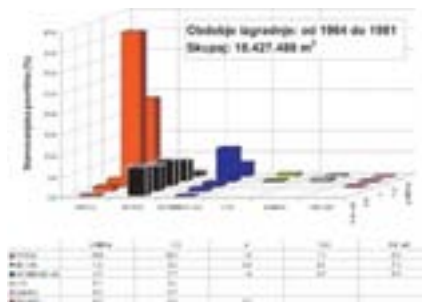
Slika 9: Zadnjih 10 let - mestna območja.
 Last 10 years - city areas.



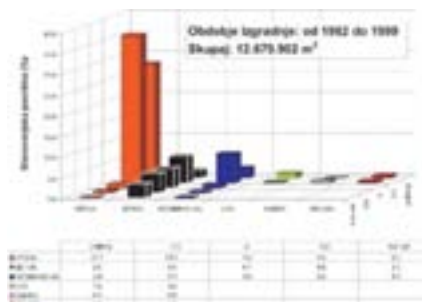
Slika 5: Obdobje od leta 1946 do leta 1963.
 Period from 1946 to 1963.



Slika 10: Stanovanjska površina glede na leto zadnje prenovitve.
 Residential area depending on the year of the last renovation.



Slika 6: Obdobje od leta 1964 do leta 1981.
 Period from 1964 to 1981.

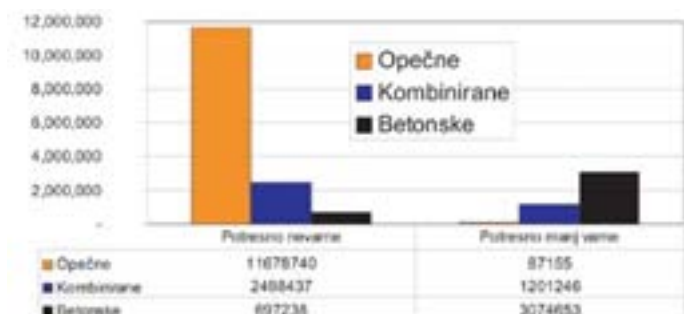


Slika 7: Obdobje od leta 1982 do leta 1999.
 Period from 1982 to 1999.

betonskih stavbah, ki so višje od 9 etaž (slika 7). V tem obdobju je bilo zgrajenih 12,679,902 m² stanovanj, površina stanovanj v betonskih stavbah, višjih od 9 etaž torej znaša 418,437 m². Zanimivo je, da je bilo po prejetih podatkih pred letom 1894 zgrajenih 0.1% stanovanjske površine v opečnih stavbah višjih od 9 etaž (slika 3). Površina takšnih stanovanj torej znaša 4585 m². Slika 9 prikazuje razrez po materialih in številu etaž za mestna območja za zadnjih 10 let (točneje 1991 - 2001). Viden je trend v visokogradnji, to je povišana uporaba armiranega betona in mešanih konstrukcij. Slika 10 prikazuje površino stanovanj glede na leto zadnje prenovitve. Vidimo lahko, da je bilo do leta 1970 prenovljenih le 2.3% površin stanovanj in da kar 71.7% površin stanovanj sploh ni bilo nikdar prenovljenih. Opazno je povečanje prenovitve po letu 1995. Na podlagi sheme potreb po vzdrževalnih delih je iz navedenih podatkov možno sklepati tudi na splošne potrebe po prenovi nosilnih in nenosilnih delov stavb (npr. fasad, tlakov, streh stopniv, oken ipd.).

Ocena potreb po gradbeno-konstrukcijski prenovi

Podatki, ki so vsebovani v popisu, žal ne omogočajo neposredne ocene potreb po gradbeno-konstrukcijski prenovi za posamezno stavbo. Možna je le določitev na podlagi splošnih podatkov, kot so leto izgradnje, material, število etaž, in leto prenovitve. Izhodiščni opisi so podani v poglavju o delitvah stavb na posamezna obdobja izgradnje. V nadaljevanju je podana okvirna delitev opečnih, kombiniranih in betonskih stavb (te zajemajo 90% stanovanjskega fonda) v tri razrede glede na verjetno stopnjo potresne ogroženosti (slika 11). Podatki so prikazani v odstotkih



Slika 11: Ocenjena površina stanovanj v m² v stavbah, ki niso potresno varne in v stavbah, ki so potresno manj varne.
Estimated residential area in m² of not earthquake resistant and less earthquake resistant buildings.

Stavbe, za katere obstaja velika verjetnost, da niso potresno varne (ojačitev nosilne konstrukcije je verjetno nujna):

Opečne konstrukcije

- visoke 5 ali več etaž, grajene pred letom 1981 (pred uporabo armirane zidovine): 1.4%,
- visoke 4 ali manj etaž, grajene pred letom 1964 (ni vertikalnih vezi): 18.7%.

Kombinirane konstrukcije

- grajene pred letom 1894 in med letoma 1946 in 1963 (premajhne potresne sile): 4.3%.

Betonske konstrukcije

- visoke 4 ali več etaž, grajene pred letom 1894 in med letoma 1946 in 1963 (premajhne potresne sile): 1.2%.

Stavbe, ki so potresno manj varne (ojačitev nosilne konstrukcije je priporočljiva):

Opečne konstrukcije

- visoke 5 ali več etaž, grajene med letoma 1982 in 1999 (v nasprotju z zahtevami predpisa Eurocode 8): 0.15%.

Kombinirane konstrukcije

- grajene med letom 1894 in letom 1945 (premajhne potresne sile, kvalitetnejša gradnja): 1.5%.
- visoke 4 ali več etaž, grajene med letoma 1964 in letom 1981 (premajhne potresne sile): 0.57%.

Betonske konstrukcije

- visoke 4 ali več etaž grajene med letom 1894 in letom 1945 (premajhne potresne sile, kvalitetnejša gradnja): 1.00%.
- visoke 5 ali več etaž, grajene med letoma 1964 in letom 1981 (premajhne potresne sile): 4.3%.

Stavbe, ki so verjetno potresno varne (ojačitev nosilne konstrukcije verjetno ni potrebna):

- Vse "preostale" opečne (37.8%), kombinirane (9.6%) in betonske konstrukcije (9.5%).

Vidimo lahko, da površina v verjetno potresno nevarnih stavbah, ki so nujno potrebne ojačitve nosilne konstrukcije, znaša 14.9 mio m² (cca. 26% celotnega stanovanjskega fonda). Večina teh stanovanj se nahaja v stavbah iz opeke ali mešanih konstrukcijah grajenih pred letom 1963. Površina stanovanj v stavbah, ki so vprašljive s stališča potresne varnosti, je glede na izbrane ključne precej manjša in znaša le 4.4 mio m² (7.5% celotnega stanovanjskega fonda). Najnovejši predpisi za gradnjo na potresnih območjih (Eurocode 8, 2000) v bistvu predpisujejo večje potresne sile za vse stavbe. V tem oziru, so vse stavbe, ki niso grajene v skladu z novim predpisom dimenzionirane na premajhne sile in niso v celoti v skladu z zahtevami najsodobnejših predpisov.

Potreba po vzdrževalnih delih

Pri gospodarjenju s stanovanji in stanovanjskimi hišami so

poleg ojačitev nosilne konstrukcije in prenovitvenih del pomembna tudi dela, ki jih zahteva redno vzdrževanje. Potrebe po prenovi in vzdrževanju glede na starost objekta so okvirno naslednje:

Na vsakih 10 let

Sliko-pleskarska dela, obnova zaščitnih premazov kovinskih in lesenih delov, manjša popravila fasad, ravnih streh, barvanje in popravila oken, manjša kleparska dela, popravila snegolovov, popravila dvigal.

Na vsakih 10 do 30 let

Obnova dela ali celotne kritine, dimnikov, večja popravila ravnih streh, večja kleparska dela, popravila fasad, zamenjava lesenih in kovinskih ograj, popravila/zamenjava oken in vrat ter okenskih polic, popravila ali zamenjava dvigal, zamenjava keramike na balkonih in terasah.

Na vsakih 30 do 60 let

Obnova trajnejših kritin, večja popravila fasad, zamenjava oken, vrat, parketov, generalna obnova kopalnic, tlakov, stopnic in zaščitnih slojev betona.

Na vsakih 60 do 80 let

Sanacija ali zamenjava lesenih in zunanjih kovinskih konstrukcij, zamenjava fasad in obnova izpostavljenih delov betonskih konstrukcij.

Po določenem času se življenjska doba objekta izteče. Po tem času je potrebno objekt celovito prenoviti ali pa zamenjati. Stanovanjska površina je bila v odvisnosti od starosti objekta je prikazana na sliki 2. V kombinaciji s podatki o starosti in materialu nosilne konstrukcije, ki so prikazani na slikah od 3 do 9, je mogoče oceniti tudi potrebe po ostalih vrstah prenove stanovanjskega fonda, ki so pred nami v naslednjih letih.

V članku je prikazana ocena potresne ogroženosti stanovanjskega fonda Slovenije, ki temelji na razpoložljivih podatkih iz popisa prebivalstva, gospodinjstev in stanovanj, ki je bil izveden leta 2002. Stavbe so razdeljene glede na leto izgradnje, material nosilne konstrukcije, število etaž in leto zadnje prenove v posamezna obdobja, o stopnji potresne varnosti pa lahko sklepamo iz poznavanja tedaj veljavnih predpisov. Rezultati kažejo, da se verjetno kar četrtina stanovanj (cca. 15 mio m²) nahaja v stavbah, ki niso grajene v skladu s sodobnimi predpisi o potresnovarni gradnji. Če upoštevamo, da že kozmetični stroški prenove stanovanj zlahka presežejo ceno 100 EUR za m² stanovanja, lahko dobimo sliko o vlaganjih v stanovanjski fond, ki bi morala biti pred nami v naslednjih letih.

Viri in literatura

Bubnov S., 1996: Potresi. Ljubljana, Mladinska knjiga.
 EUROPEAN STANDARD prEN 1998-1, Revised Final PT Draft (preStage 49), Draft May 2002 prEN 1998-1:200X, Doc CEN/TC250/SC8/N317.
 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, CEN, European Committee for Standardization.
 Statistični urad republike Slovenije, 2003: Popis prebivalstva, gospodinjstev in stanovanj Slovenije 2002, Izpisi izbranih križanj podatkov dobljenih s popisom.
 Paulay T., Priestley M.J.N., 1992: Seismic Design of reinforced concrete and masonry buildings. New York, John Wiley & Sons, Inc.
 Zupančič Strojani, T., Kilar, V., Novljan, T., Lah, L., Hočevar, M., Cirman, A., Hari, J., 2003: Konkurenčnost Slovenije 2001-2006. Težišče 3, Prenova stanovanjskega fonda : ciljni raziskovalni program : končno poročilo. Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo.

doc dr Vojko Kilar
Univerza v Ljubljani
Fakulteta za arhitekturo
vojko.kilar@arh.uni-lj.si