

Vojko Kilar, Martina Zbašnik-Senegačnik, Mitja Zorc: OCENA POTRESNE OGROŽENOSTI OSNOVNIH ŠOL V SLOVENIJI

ASSESSMENT OF EARTHQUAKE RISK OF PRIMARY SCHOOLS IN SLOVENIA

DOI: <https://doi.org/10.15292/IU-CG.2024.12.026-034> UDK: 699.8:727:373(497.4) SUBMITTED: November 2024 / REVISED: December 2024 / PUBLISHED: December 2024



1.02 Pregledni znanstveni članek / Review Scientific Article

POVZETEK

Slovenija sodi med potresno bolj ogrožene države v Evropi. Ocene kažejo, da v območje visokega potresnega tveganja sodi med 6 % in 14 % slovenskega stavbnega fonda. Bolj so ogrožene stavbe, zgrajene v obdobjih, ko še ni bilo predpisov za potresno odporno gradnjo oz. so bile zahteve v primerjavi z današnjimi bistveno manjše. Stavbe za vzgojo in izobraževanje, med njimi stavbe osnovnih šol, ki jih obravnava članek, niso izjema. Zaradi njihove družbene vloge je zahteva po potresni odpornosti še toliko bolj pomembna. Članek na podlagi analize osnovnih podatkov o fondu 766 stavb osnovnih šol v Sloveniji ugotavlja, kolikšno je število stavb, ki so bile zgrajene v obdobju veljavnosti posameznih predpisov s področja potresno odporne gradnje, koliko etaž imajo in iz kakšnega materiala je njihova nosilna konstrukcija. S posploševanjem je na osnovi teh podatkov možno sklepati na njihovo potresno odpornost. Za stavbe, ki so bile zgrajene po letu 1999 in so sledile zahtevam predpisa Evrokod 8, ter večino stavb, ki so bile zgrajene po letu 1981, lahko sklepamo, da so potresno varne. Velik delež stavb, ki so v uporabi še danes, pa je bil zgrajen v predhodnih zgodovinskih obdobjih in je ustrezal takrat veljavnim predpisom. Zanje lahko sklepamo, da so z vidika današnjih zahtev verjetno potresno manj varne ali celo nevarne in bi v prihodnjih letih potrebovale potresno utrditev, kot to predvideva tudi Resolucija o krepitvi potresne varnosti do leta 2050. Za natančno presojo potresne odpornosti pa bi bilo zaradi posebnosti prostorskih oz. konstrukcijskih zasnov potrebno preverjati vsako stavbo posamezno.

KLJUČNE BESEDE

šolske stavbe, potresna odpornost, ocena potresne ogroženosti, potresna utrditev šolskih stavb

ABSTRACT

Slovenia is one of the most earthquake-prone countries in Europe. Estimates show that between 6% and 14% of the Slovenian building stock is at high seismic risk, especially buildings that were built in periods when there were no regulations for seismic-resistant construction or the requirements were significantly lower than today. Elementary school buildings discussed in the article are no exception. Due to their significant role for the society, the requirement for their seismic resistance is of utmost importance. Based on the analysis of basic data from the fund of 766 elementary school buildings in Slovenia, the article determines the number of buildings that were built during the period of particular regulations for seismic-resistant construction, the number of floors and the material for the supporting structure. Based on these data it is possible to draw conclusions about seismic resistance of buildings. For buildings that were built after 1999 and according to Eurocode 8, and most of the buildings that were built after 1981, we can conclude that they are earthquake resistant. A large part of the buildings that are still in use today were built in past historical periods and corresponded to the building regulations in force at that time. We can conclude that from the point of view of today's requirements, these buildings are probably less seismically resistant or even dangerous and would in the coming years need seismic rehabilitation, as is planned by the Resolution on strengthening seismic resistance until 2050. However, for an accurate assessment of seismic resistance, it is necessary to examine each building individually due to its specific spatial or structural design.

KEY-WORDS

school buildings, earthquake resilience, assessment of earthquake risk, seismic rehabilitation of school buildings

UVODNIK
EDITORIAL
ČLANEK
ARTICLE

RAZPRAVA
DISCUSSION
RECENZIJA
REVIEW
PROJEKT
PROJECT
DELAVNICA
WORKSHOP
NATEČAJ
COMPETITION
PREDSTAVITEV
PRESENTATION
DIPLOMA
MASTER THESIS

1. UVOD

Na območju Slovenije je vpliv potresne obtežbe precej večji kot v državah severne in srednje Evrope. V Evropi so potresno ogrožene predvsem države ob Sredozemskem morju, zlasti Italija, Grčija, Hrvaška in Španija. Stavbe, ki stojijo na potresno ogroženih območjih, morajo biti grajene ustrezno potresno varno, kar pomeni, da mora konstrukcija imeti poleg zadostne vertikalne nosilnosti tudi ustrezno horizontalno nosilnost in ustrezno izvedene detajle, ki povezujejo nosilne elemente. Predpis evropskih držav za gradnjo potresno odpornih stavb Evrokod 8 (CEN, 2004) je sestavljen tako, da se konstrukcije, ki so sposobne prezvzeti v predpisih določene horizontalne potresne sile, tudi pri močnejših potresih ne porušijo, lahko pa se poškodujejo, vendar pa pri tem ne smejo biti ogrožena človeška življenja.

Z današnjim znanjem seizmologije ne moremo vnaprej napovedati natančnega časa, kraja in moči potresa, kljub temu pa lahko z ustreznimi pripravami preprečimo najhujše posledice potresa. Eden najpomembnejših ukrepov za zaščito pred potresi je gradnja objektov v skladu s potresnimi predpisi, ki določajo način utrjevanja stavb, izbiro materialov in konstrukcij. Z upoštevanjem navodil za obnašanje ob potresu ter načrtov za reševanje se lahko škodo precej omili. Nujno je pravočasno poskrbeti za potrebne utrditve in/ali potresno ojačitve delov stavb, ki bi lahko bili potencialno nevarni, kot so na primer dimniki, vitke (nekoč požarne) stene, stene (podstrešij) brez prečnih podpor, stavbe brez horizontalnih povezav med zidovi (plošč), stavbe iz materialov slabe kakovosti in podobnih, ki bi lahko ogrožale tako varnost stanovalcev kot tudi mimoidočih. V Sloveniji spada v območje visokega potresnega tveganja med 6 % in 14 % slovenskega stavbnega fonda s 130.000 do 300.000 ljudmi, kar je 6 % do 15 % celotne populacije države (MNVP, 2023; MO, 2018; Resolucija o krepitvi potresne varnosti do leta 2050 »PREHITIMO POTRES«, 2023; RTV SLO, 2023). To pomeni, da lahko veliko število ljudi živi v stavbah, ki niso dovolj potresno varne. Vrednost stavbnega fonda, ki je uvrščen v razred nedopustnega tveganja, znaša od 6,4 milijarde EUR do 13,4 milijarde EUR po vrednostih iz leta 2019 (Dolšek idr., 2021; 24ur, 2021). Samo v Ljubljani bi lahko bilo pri močnem potresu (osme stopnje po evropski makro-seizmični lestvici MSK) poškodovanih okoli 27.000 stavb, od tega polovica zmerno, tretjina hudo, desetina pa bi se jih morda celo porušila. Če bi bil že prvi potresni sunek dovolj močan, da bi porušil stavbe, bi lahko povzročil veliko smrtnih žrtev.

Med temi stavbami je tudi veliko šol, ki so bile zgrajene v času, ko sodobni predpisi za potresno odporno gradnjo še niso veljali. Bolj podrobne ocene in analize za mesto Ljubljana ugotavljajo, da je v Ljubljani močno potresno ogroženih vsaj 14 šol, grajenih s podobno arhitekturno zasnovo (MNVP, 2023; MO, 2018; Zorc, 2016; Zorc, 2024), podobnih šol v Sloveniji pa je še vsaj 25. Čeprav bi bilo pri šolah protipotresno utrjevanje iz več razlogov veliko lažje izvesti, država, razen v nekaj primerih, še ni ukrepala. Vsi tovrstni ukrepi, četudi jih lahko zahtevamo z resolucijami in zakoni, pa so finančno zelo zahtevni, še posebej, če potresna utrditev ni izvedena skupaj z energijsko in drugo prenovno, ki poveča splošno kvaliteto in vrednost stavbe. V splošnem velja, da naj imajo pri potresni utrditvi prednost tisti tako imenovani nevarni objekti, ki niso grajeni v skladu s slovensko zakonodajo, zato ogrožajo življenja ljudi in njihovega premoženja, pa tudi varnost sosednjih objektov.

Namen članka je ugotoviti, kolikšno je število šol v Sloveniji, ki so bile izgrajene v letih, ko sodobnejši predpisi še niso bili v veljavi, koliko etaž imajo, iz kakšnega materiala je njihova nosilna konstrukcija in ali so bile že statično utrjene oziroma ob-

novljene. Iz teh podatkov lahko sklepamo na število šol, ki bodo verjetno potrebovale potresno utrditev v prihodnjih letih, tako da se bodo občine lahko pripravile in izvajale potrebne ukrepe in priprave, ki jih zahteva tudi Resolucija o krepitvi potresne varnosti do leta 2050 »PREHITIMO POTRES« (2023) ob pomoči države in EU (ICOMOS, 2017).

Za učinkovito upravljanje potresnega tveganja resolucija predvideva pripravo akcijskih programov za spodbujanje delovanja družbe na področju krepitve potresne odpornosti stavbnega fonda. Usmerjeni bi bili v informiranje o potresnem tveganju, povečevanje ozaveščenosti družbe o potresni odpornosti in varnosti in izobraževanje strokovnjakov s tega področja. Predvidevajo tudi izvajanje ukrepov za vrednotenje potresne varnosti, postopno krepitev potresne odpornosti, sistemsko ureditev tega področja ter pridobivanje virov financiranja. Mnenja pa smo, da s potresno utrditvijo šol glede na njihovo izjemno občutljivo in dragoceno vsebino ne bi smeli odlašati.

1.1 Uporabljamo predvsem šolske stavbe iz preteklih obdobij

Fond stavb za vzgojo in izobraževanje (vrtci in šole za vse stopnje izobraževanja) obsega velik del javnega stavbnega fonda v Sloveniji. Gre tudi za stavbe, ki nas pomembno zaznamujejo, saj v njih, pri nas skoraj brez izjeme vsi, preživimo velik del našega življenja v obdobju, ki je za osebni razvoj najbolj odločilno. V prispevku se osredotočamo na stavbe javnih osnovnih šol v Sloveniji, splošne ugotovitve pa lahko prenesemo tudi na druge stavbe za vzgojo in izobraževanje (vrtce, stavbe za srednješolsko in visokošolsko izobraževanje). Stavbe javnih osnovnih šol so bile zgrajene v različnih zgodovinskih obdobjih, njihova zasnova odraža vsakokratne družbene, pedagoške, tehnološke in druge razmere, načela, zahteve in zmožnosti. To ne velja le pri novogradnjah šolskih stavb, temveč tudi pri naknadnih posegih vanje (obnovah, rekonstrukcijah, dozidavah itd.).

Na osnovi seznama javnih osnovnih šol, ki ga vodi Ministrstvo za vzgojo in izobraževanje RS, in drugih javno dostopnih podatkov, je bila v letih 2016–2017 opravljena analiza 766 stavb osnovnih šol v Sloveniji (Zbašnik-Senegačnik idr., 2019; Blenkuš in Zorc, 2017). Pregled glede na leto izgradnje (kot je opredeljeno v javno dostopnih evidencah podatkov) pokaže, da so za namen osnovnošolskega izobraževanja v uporabi stavbe, ki so bile zgrajene tako v obdobju habsburškega cesarstva oz. Avstro-Ogrske in Kraljevine Jugoslavije, kot SFRJ in Slovenije. Največji delež, 56,6 % oz. 433 stavb, izhaja iz obdobja 1958–1998, ko so bili v veljavi predpisi za gradnjo in načrtovanje šolskih stavb, ki so nastali po uvedbi šolske reforme v 50. letih 20. stoletja, ki je prinesla enotno osemletno osnovnošolsko izobraževanje (Blenkuš in Zorc, 2017). Število šol v tem obdobju je odraz tako še vedno trajajoče obnove in nadomeščanja v 2. svetovni vojni uničenih šolskih stavb kot povečanih prostorskih potreb zaradi naraščanja števila prebivalstva in težnje po bistvenem izboljšanju prostorskih pogojev za dejavnost vzgoje in izobraževanja (Ivanšek, 1954; Ostanek, 1973). Zadnji večji gradbeni zamah pri stavbah osnovnih šol je bil konec 90. let 20. stoletja in predvsem prvih 10–15 let 21. stoletja in je povezan s prilagoditvami ob uvedbi devetletnega osnovnošolskega izobraževanja ter ukinjanjem dvoizmenskega pouka. Razmeroma majhno število novogradenj v tem obdobju (7,8 % oz. 60 stavb) izpričuje, da so se prilagoditve ob uvedbi devetletke v različnih obsegih izvajale predvsem na stavbah iz starejših obdobij. Ali drugače, tudi za sodobno oz. aktualno vzgojno-izobraževalno delo uporabljamo predvsem šolske stavbe, ki so nastale v preteklih obdobjih.

V zadnjih 10 letih je veliko delnih prenov šolskih stavb, ki so osredotočene na izboljšanje energijske učinkovitosti stavbnega ovoja in vgrajenih tehnoloških sistemov ter zagotavljanje dostopnosti za gibalno ovirane osebe. Celostne prenovne starejših šolskih stavb, ki so manj pogoste, pa vključujejo tudi posege v konstrukcijo z namenom izboljšanja potresne odpornosti. Tako ob delnih kot celovitih prenovah se pogosto spremenijo, tudi izgubijo, prostorske oz. širše arhitekturne kakovosti stavb. Zato je potrebno pri posegih v obstoječe šolske stavbe glede tega biti še posebej pozoren. Najnovejše usmeritve za snovanje šolskih stavb, ki se uveljavljajo v Evropi, uvajajo prostorske koncepte, ki smo jih v preteklosti pri nas že poznali (npr. skupki učnih prostorov, šola kot družbeni, kulturni in športni center soseske ipd.), vendar v kasnejših obdobjih izgubili tako na ravni predpisov kot v gradbeni praksi (Zorc, 2024).

Potresna odpornost sodi med bistvene zahteve, ki jih morajo izpolnjevati stavbe. Na izpolnjevanje zahtev glede potresne odpornosti pa vpliva vrsta dejavnikov, ki so bodisi splošni (npr. čas gradnje oz. snovanja in s tem povezane normativne zahteve – predpisi s področja protipotresne varnosti), bodisi specifični (npr. lokacija stavbe in s tem izpostavljenost potresni nevarnosti oz. obremenitvi, sestava tal, konstrukcijska zasnova stavbe, uporabljeni materiali in tehnologije gradnje, obremenitve itd.). Poudariti velja, da je vsaka stavba vedno, ne glede na svojo vsebino in namembnost, v fazi načrtovanja podvržena statični analizi. Tako mora biti tudi šolska stavba s svojo prostorsko in oblikovno zasnovo načrtovana in izvedena v skladu z zahtevami za potresno odpornost. Iz tega razloga je tudi generalna ocena potresne ogroženosti šolskih objektov lahko precej spekulativna.

1.2 Časovna obdobja predpisov za večjo potresno odpornost

Za potrebe analize potresne ogroženosti stavbnega fonda osnovnih šol v Sloveniji je bil izdelan seznam časovnih obdobj izgradnje šolskih stavb, ki so jih obeleževali zgodovinski dogodki, in razvoj predpisov za potresno varno gradnjo. Iz teh lahko sklepamo o današnji potresni odpornosti stavb. Vendar pa se potresna odpornost stavb skozi zgodovino ni izboljševala linearno. Do 2. svetovne vojne je bila gradnja nižjih stavb iz opeke ali mešanice različnih gradiv, ki je upoštevala avstrijske predpise in smernice, sorazmerno dobra. V prvih letih socializma po 2. svetovni vojni se je kakovost precej poslabšala, zato lahko pri stavbah iz tega obdobja (ki so večinoma še v uporabi) najbrž govorimo o precej slabši potresni odpornosti. Leta 1981 so bili sprejeti novi jugoslovanski predpisi za protipotresno gradnjo, ki so zagotovili višjo potresno odpornost. Pobudo zanje je sprožil močan potres v črnogorskem primorju leta 1979. Potrebno je poudariti, da lahko na podlagi izbranih vhodnih podatkov podamo le splošne ocene o potresni ogroženosti in potrebah po prenovi nosilnih konstrukcij šol iz različnega materiala in števila etaž. Točnejše ocene za posamezne šole je mogoče dobiti le s podrobnejšo analizo posameznih stavb. Boljši vpogled bi dala raziskava posameznih manjših območij in inosplošitev na celotno Slovenijo.

2. METODOLOGIJA

Potresna odpornost stavb se praviloma določa na podlagi podrobnega pregleda načrtov ter na podlagi izračunov in analiz za vsako posamezno stavbo (glej npr. Tomažević, 1998; Fajfar idr., 2000; Dujič in Žarnić, 2008; Bosiljkov idr., 2008; Lutman idr., 2017; POTROG, 2019). Način je zaradi velikega obsega neizvedljiv, če bi želeli dobiti vpogled v vsak objekt v Sloveniji. Je pa že bilo izvedenih nekaj podobnih ocen za Ljubljano in določena

naselja v Sloveniji (Orožen Adamič, 1995; Orožen Adamič in Perko, 1996; Kilar in Kušar, 2009; Lazar Sinković idr., 2021; MNVP, 2023; MO, 2018).

Za oceno potresne ogroženosti smo v študiji uporabili rezultate, pridobljene v raziskovalnem projektu Analiza stanja na področju arhitekture javnih vrtcev in šol v Sloveniji – evidentiranje, vrednotenje in varovanje primerov kakovostne (trajnostne) arhitekturne prakse, Ciljni raziskovalni program – CRP 2016 (Zbašnik-Senegačnik idr., 2019). V projektu je bil med drugim izdelan seznam šolskih stavb v Sloveniji, ki obsega 766 objektov (podatki do leta 2016), vanje so bile uvrščene vse šolske stavbe, zgrajene do tega leta (novejše stavbe so grajene v skladu s trenutno zakonodajo, zato ne spadajo na seznam problematičnih). Evidentirani so bili podatki o letu izgradnje in letu obnove posameznih šol. Za potrebe potresne ogroženosti so uporabni tudi podatki o številu etaž (podatki o etažnosti so povzeti iz geodetskih podatkov in ne odražajo nujno število nadstropij, kar lahko predstavlja omejitev metode). V okviru obnove šolskih objektov so bile evidentirane tudi prenovne streh in fasad, drugih posegov v konstrukcijo šole ne navajajo. Podatki o konstrukcijskih sistemih in materialih v CRP 2016 niso bili zajeti. Analiza obstoječih šolskih stavb je vključevala še lokacijo (vaško, primestno oz. mestno okolje), velikost razredov, število učencev ter podatke o morebitnih predstavivah šol v tisku, nagradah in vključenosti v seznam kulturne dediščine. Te informacije za potresno odpornost niso relevantne, zato jih v tej študiji ne navajamo.

Predpostavljamo lahko, da so se pri gradnji upoštevali predpisi, ki so bili v času gradnje v veljavi. Tako je možno primerjati takratne zahteve z današnjimi predpisi in oceniti njihovo potresno odpornost. Na ta način lahko ocenimo tudi potresno odpornost šol – koliko stavb je »potresno verjetno nevarnih«, koliko »verjetno potresno manj varnih« in koliko šolskih stavb je grajenih v skladu z današnjimi predpisi in so verjetno »potresno varne«. Dobljena ocena je seveda približna, saj ni nujno, da so objekti iste višine in iste starosti enako potresno ogroženi. Potresna odpornost je odvisna tudi od uporabljenih konstrukcijskih materialov, tlorisne razporeditve nosilnih elementov in zasnove konstrukcije (Tomažević, 2009; Kilar in Kušar, 2009; Petrovič in Kilar, 2018; Petrovič in Kilar, 2022), kvalitete izvedbe in detajlov (Žarnić, 2005; Lutman idr., 2017) ter kakovosti tal in drugih dejavnikov (Oražem Adamič in Hrvat, 2001; Slak in Kilar, 2005).

3. GRADBENE ZNAČILNOSTI STAVB ŠOLSKIH OBJEKTOV

Večetažne šolske stavbe so v veliki meri zgrajene v kombinaciji armiranega betona in opečnih zidakov. Armirani beton je večinoma uporabljen v medetažnih konstrukcijah, stopniščnih ramah in prekladah, nosilne stene pa so največkrat grajene iz opeke, betona ali kot prefabricirani betonski elementi. V starejših šolah so v medetažnih konstrukcijah uporabljeni tudi leseni tramovi. V starejših stavbah so zidovi iz opeke, po 2. svetovni vojni pa je začela naraščati uporaba betona. Na uporabo betona je vplivalo dejstvo, da je bilo tovrstnega gradbenega materiala pri nas dovolj, nekaj je pri odločitvi za gradivo prispevala tudi modnost in uporabnost. Uporaba lesa je bila omejena na konstrukcijo ostrešja, jeklenih skeletnih konstrukcij v šolskih stavbah praktično ni. Nabor gradiv v šolah se je razširil šele v zadnjih desetletjih.

Konstrukcijski sistem šol je večinoma zasnovan individualno. Večina šolskih stavb v Sloveniji ima dvignjeno pritličje, v katerem je večinoma vhod v objekt. Vhodi v učilnice so iz skupnih hodnikov. Izjema je vsaj 38 brezkoridornih šol, ki jih je v 30. do 60. letih

20. stoletja zasnoval arhitekt Emil Navinšek (število je povzeto iz seznama brezkoridornih šol, kot jih navaja Emil Navinšek (Navinšek, 1978), kot kažejo novejša raziskave (Zorc, 2024) pa je število njegovih šol s prvimi brezkoridorne zasnove večje). Namesto hodnikov imajo osrednjo družabno-komunikacijsko avlo, iz katere se vstopa v posamezne učilnice. Po obodu so razvrščeni različni tipi učilnic. Učilnice imajo večinoma daljšo steno na fasadi, kar omogoča večjo osvetljenost z dnevno svetlobo. Organiziranost prostora (tlorisi) je po vseh etažah istega objekta praktično enaka, kar je posledica racionalne zasnove komunalne infrastrukture. Nekatere šole imajo stopnišča v sredini ali v njeni bližini. Da se omogoči osvetljevanje z naravno svetlobo, so stopnišča locirana ob fasadni steni. Starejše stavbe imajo višino etaž več kot 3 m. Novejše imajo nekoliko nižjo etažno višino, v pravilniku se priporoča vsaj 3 m svetle višine.

V projektu CRP 2016 je stavbni fond osnovnih šol v Sloveniji obsegal 766 stavb, najstarejša je iz leta 1675, najnovejša evidentirana v obstoječem seznamu je iz leta 2016. Seznama šol iz projekta CRP 2016 nismo posodabljali, saj v zadnjih letih grajeni objekti niso potresno ogroženi in ne spreminjajo števila potresno problematičnih šol.

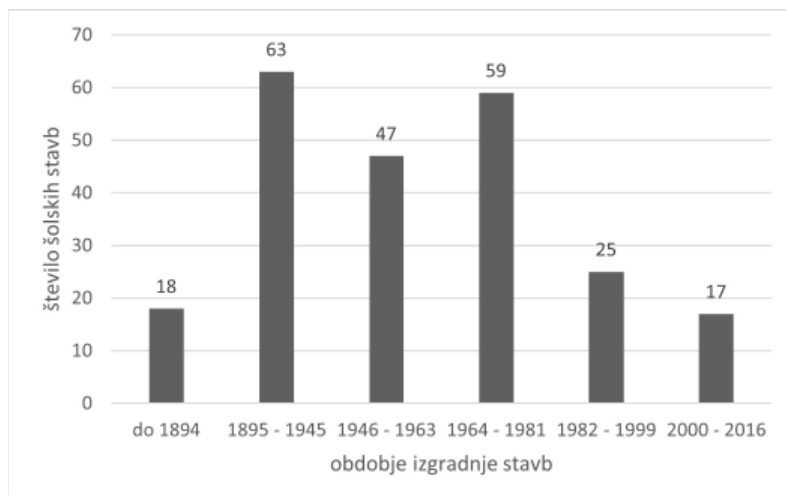
Število vseh šol po časovnih obdobjih izgradnje do leta 2016 je prikazano na sliki 1.

3.1 Razvoj potresnih predpisov in časovna obdobja izgradnje stavb

V zadnjih 100 letih, torej v obdobju, iz katerega izhaja večina šolskih stavb, je bilo v veljavi več predpisov za zagotavljanje potresne odpornosti stavb (Bubnov, 1983; Slak in Kilar, 2005; Žarnič, 2005; Kilar in Kušar, 2009; Fajfar, 2017). Nastajali so na osnovi izkušenj, pridobljenih v potresih doma in v tujini, in so se zaostrovali. Obdobje, v katerem je nastal posamezni objekt, je torej eden od načinov grobega ocenjevanja potresne odpornosti.

Časovna obdobja za ocenjevanje potresne odpornosti smo določili glede na datume sprejema posameznih predpisov o potresni varnosti stavb in nekatere zgodovinske mejnike. Izbrali smo pet značilnih obdobij izgradnje stavb osnovnih šol. Slike 2 do 7 prikazujejo število etaž (podatki o etažnosti so povzeti iz geodetskih podatkov in ne odražajo nujno števila nadstropij) posameznih šol, zgrajenih v posameznih časovnih obdobjih (Zbašnik-Senegačnik idr., 2019; Kilar in Kušar, 2009).

Slika 1: Skupno število šol v Sloveniji, zgrajenih v obravnavanih časovnih obdobjih, je 766.



3.1.1 Obdobje pred 1894 (obdobje pred ljubljanskim potresom leta 1895)

Pravila potresno varne gradnje so v tem času upoštevala predvsem izkustvenost in npr. omejevala višino stavbe, določala večjo debelino zidov v spodnjih etažah, znižanje težišča stavbe itd. Nekaterim takšnim stavbam se obdobje življenjske dobe določenih delov konstrukcije morda že izteka, kar zahteva celovito prenovno konstrukcije ali pa celo odstranitev. Nekatere takšne stavbe so pod spomeniškim varstvom in so zato potrebne posebne obravnave. Skupno število šol, zgrajenih v tem obdobju, je 48 (6,3 %).

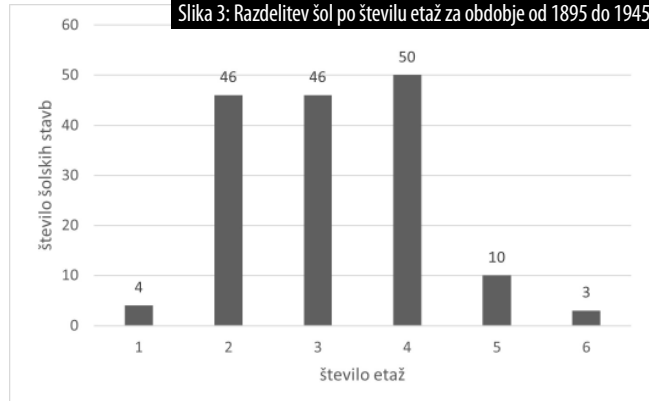
Slika 2: Razdelitev šol po številu etaž za obdobje do leta 1894.



3.1.2 Obdobje od 1895 do 1945 (obdobje pred in med 1. in 2. svetovno vojno)

Šolske stavbe iz tega obdobja so grajene po avstrijskih in starih jugoslovanskih gradbenih predpisih, veljavnih v tem obdobju.

Slika 3: Razdelitev šol po številu etaž za obdobje od 1895 do 1945.

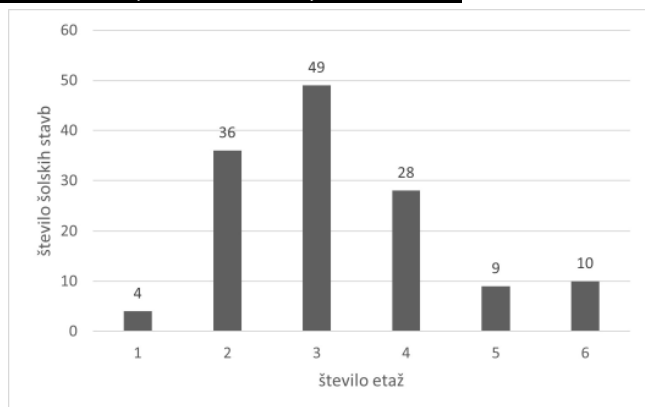


Ti so za posamezne etaže stavbe določali debelino opečnih zidov, širino sten med okenskimi odprtina, vrsto stropne konstrukcije, požarnih sten in masivnih sklopov (Stavbinski red za mesto Ljubljana, 1896; Gradbeni zakon, 1931). Kot horizontalno obtežbo so upoštevali predvsem obtežbo zaradi vetra. To obdobje večinoma odlikuje dovolj kakovostna gradnja tako po zasnovi konstrukcije kot tudi po izvedbi detajlov in izbiri gradiv. V tem obdobju se je v gradnjo začelo uvajati armirani beton, večati pa se je začelo število etaž, kar je pomenilo drugačne odzive stavb pri potresu v primerjavi s togimi opečnimi stavbami iz prejšnjih obdobij (npr. ljubljanski Nebotičnik, 1933). Skupno število šol, zgrajenih v tem obdobju, je 159 (20,8 %).

3.1.3 Obdobje od 1946 do 1963 (zgodnje povojno obdobje)

V tem obdobju so nastali prvi jugoslovanski predpisi za obtežbo stavb (PTP, 1948). Jugoslavija je bila v skladu s temi predpisi razdeljena na tri potresne cone glede na pričakovane poškodbe: a) cona manjših poškodb, b) cona velikih poškodb in c) cona katastrofalnih rušenj. Za cono c je maksimalna potresna sila znašala največ 3 % stalne in polovico koristne obtežbe, kar je na posameznih potresno ogroženih področjih tudi od pet do desetkrat manj od zahtev današnjih predpisov. Kakovost gradnje je bila v tem obdobju na splošno slaba, kar danes gotovo vpliva na stanje potresne odpornosti. Omenjeni predpis je veljal do leta 1963. Skupno število šol, zgrajenih v tem obdobju, je 136 (17,8 %).

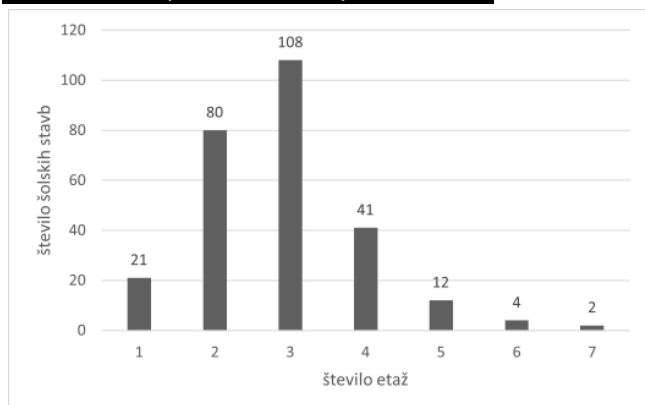
Slika 4: Razdelitev po številu etaž za obdobje od 1946 do 1963.



3.1.4 Obdobje od 1964 do 1981 (obdobje po potresu v Skopju)

Potres v Skopju je sprožil nov premislek o učinkovitosti predpisov. Leta 1963 so nastali novi predpisi za potresno varno gradnjo, ki so med drugim predpisovali tudi razporeditev horizontalnih sil po višini stavbe ter vpliv nosilnih tal na konstrukcijsko zasnovo. V istem letu je bila sprejeta tudi nova seizmološka karta Slovenije, ki je realneje prikazovala področja različnih intenzitet. Popolnoma nove so bile zahteve za zidane konstrukcije na potresnih območjih, ki so prvič predpisovale tudi vertikalne AB vezi na vogalih stavbe in na stikih notranjih in zunanjih nosilnih zidov. V splošnem imajo stavbe, grajene v tem času, precej večjo potresno odpornost kot tiste, ki so bile zgrajene v prejšnjih obdobjih. Že pred potresom v Skopju je bil rušilni potres v Črni gori (1979), ki je sprožil kritično analizo dotedanjih predpisov in

Slika 5: Razdelitev šol po številu etaž za obdobje od 1964 do 1981.

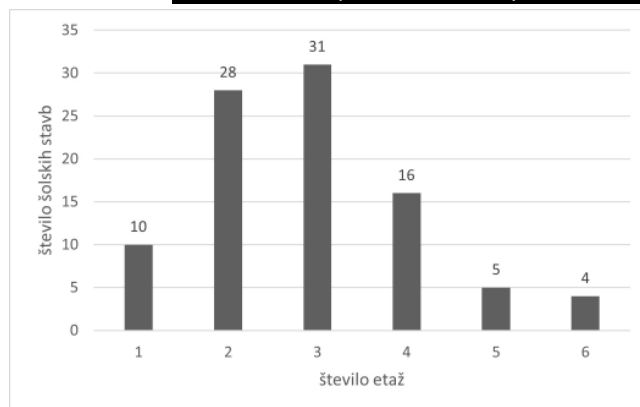


pripravo novih jugoslovanskih predpisov protipotresne gradnje, izšli so leta 1981 (Fajfar, 2017). Skupno število šol, zgrajenih v letih med 1964 in 1981, je 268 (35,0 %).

3.1.5 Obdobje od 1982 do 1999 (obdobje po izidu novih predpisov za potresno varno gradnjo)

Kakovost gradnje in potresna odpornost je višja kot v prejšnjih obdobjih. Te stavbe so – razen morebitnih izjem – potresno odporne in varne, dodatne ojačitve nosilne konstrukcije načeloma ne potrebujejo. Takih stavb je 94 (12,3 %).

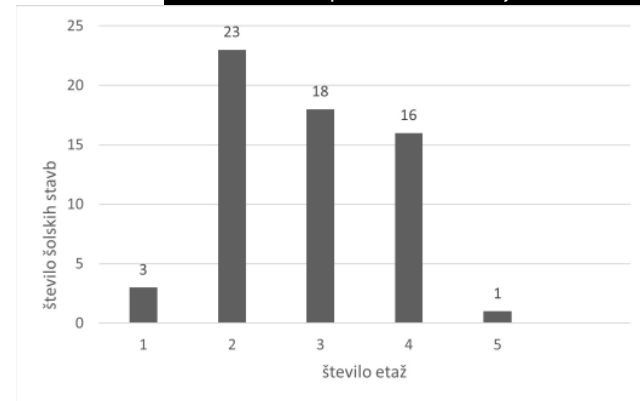
Slika 6: Razdelitev šol po številu etaž za obdobje od 1982 do 1999.



3.1.6 Obdobje po letu 2000 (obdobje po sprejetju evropskega standarda Evrokod 2 in 8, 2000, 2001)

Objekti iz tega obdobja so najkvalitetnejše grajeni in potresno najbolj varni. Do leta 2016 je bilo zgrajenih 61 takih objektov (7,8 %).

Slika 7: Razdelitev šol po številu etaž za obdobje od 2000 do 2016.



4. KRITERIJI ZA OCENO POTRESNE OGROŽENOSTI STAVB

Podatki, ki so bili zbrani, žal ne omogočajo neposredne ocene potresne ogroženosti stavb, tudi zato, ker je potresna odpornost odvisna od arhitekturne zasnove konkretnega projekta šole, ta pa zahteva statično presojo, katere del je tudi potresna odpornost. Možen je le vpogled oz. pavšalna ocena na podlagi splošnih podatkov, kot so leto izgradnje stavbe in število etaž. V okviru projekta CRP 2016 (Zbašnik-Senegačnik idr., 2019) so bili evidentirani posegi gradbenih sanacij šolskih stavb, ki pa so bili omejeni večinoma na obnovo streh in fasad, večjih konstrukcijskih posegov, razen dveh prizidkov, ni. Prav tako niso bili v zadostni meri evidentirani konstrukcijski materiali in vrsta konstrukcijskega sistema, ki bi bili lahko v dodatno pomoč pri statistični analizi potresne odpornosti šolskih stavb.

Potresna odpornost je poleg statične zasnove odvisna tudi od konstrukcijskih materialov in vrste konstrukcijskega sistema, saj se le-ti različno odzivajo na potresne obremenitve. Predvidevamo, da so šolske stavbe, grajene iz opeke, betona ali kombinacije teh dveh materialov, grajene po takrat uporabljenih tehnologijah bolj primerne za prenos vertikalne obtežbe kot pa za prenos horizontalne potresne obtežbe, ki ima svoje specifične in zahteve. Glede na verjetnost določene stopnje potresne ogroženosti smo izpostavili kritične vrste konstrukcij s specifičnimi lastnostmi. Ocena je vključevala predpise in priporočila, ki so veljala v obdobjih, ko so bile stavbe zgrajene.

4.1 Verjetno potresno NEVARNE stavbe

Glede na zahteve predpisov, ki so veljali v času projektiranja in izgradnje šol, lahko sklepamo, da za šolske stavbe z naslednjimi konstrukcijskimi lastnostmi obstaja velika verjetnost, da niso potresno varne, zato je verjetno potrebna utrditev njihove nosilne konstrukcije:

Opečne konstrukcije

Vse 5- ali več etažne stavbe, grajene pred 1981 (glede na zahteve sodobnih predpisov so stavbe previsoke, opečne stavbe takšne višine so dovoljene le v primeru uporabe armirane zidovine, pa še to le na manj potresno ogroženih območjih).

Poleg stavb iz predhodnega odstavka so verjetno potresno nevarne tudi vse 4- ali manj etažne stavbe, grajene pred 1964 (brez vertikalnih vezi, večinoma so brez horizontalnih vezi). Novejši predpisi za gradnjo na potresnih območjih namreč predpisujejo uporabo vertikalnih in horizontalnih armiranobetonskih vezi na ustreznih medsebojnih razmikih, ki povezujejo stavbo v celoto in povečujejo njeno nosilnost, betonirane pa morajo biti po končanem zidanju zidov (Bubnov idr., 1982; Tomažević, 2009).

Kombinirane konstrukcije

Vse stavbe (ne glede na število etaž), grajene pred letom 1894 ter med 1946 in 1963 (pri projektiranju računane s premajhnimi potresnimi silami, v kombinaciji z opečno gradnjo zelo verjetno manjkajo horizontalne in/ali vertikalne vezi).

Betonske konstrukcije

4- ali več etažne stavbe, zgrajene pred 1894 in med 1946 in 1963 (pri projektiranju računane z bistveno premajhnimi potresnimi silami, v nekaterih primerih so bili za gradnjo uporabljeni celo betonski zidaki brez ustrezne trdnosti in armature).

4.2 Verjetno potresno MANJ VARNE stavbe

Šolske stavbe, ki bi bile verjetno potresno manj varne, priporočamo se ojačitev nosilne konstrukcije:

Opečne konstrukcije

5- ali več etažne stavbe, grajene med 1982 in 1999, ki ne vključujejo zahteve predpisa Evrokod 8, ki pri tako visokih opečnih stavbah zahteva uporabo drugih vrst konstrukcij, kot na primer armiranobetonske stene ipd.

Kombinirane konstrukcije

Vse stavbe (ne glede na število etaž), grajene med 1895 in 1945, ki so bile projektirane na premajhne potresne sile, kakovost gradnje pa je verjetno dobra.

4- ali več etažne stavbe, zgrajene med 1964 in 1981, ki so bile

projektirane na premajhne potresne sile.

Betonske konstrukcije

4- ali več etažne stavbe, grajene med 1895 in 1945 (projektirane na premajhne potresne sile, kakovost gradnje je verjetno dobra).

5- ali več etažne stavbe, grajene med 1964 in 1981 (projektirane na premajhne potresne sile).

4.3 Verjetno potresno VARNE stavbe

Vse stavbe, ki niso uvrščene med verjetno potresno nevarne ali potresno manj varne po kriterijih 4.1 in 4.2, lahko uvrstimo med potresno verjetno varne stavbe. Pri njih ojačitev nosilne konstrukcije zaradi nevarnosti potresa verjetno ni potrebna.

5. UGOTOVITVE IN DISKUSIJA

Nedavna potresa v Zagrebu in Petrinji na Hrvaškem sta prav gotovo zastavila tudi vprašanje, kakšne bi bile posledice na stavbah šol, če bi do podobnega potresa prišlo v Sloveniji. V pregledu šolskih objektov, ki so trenutno v uporabi, smo ugotovili, da:

- vsaka arhitekturna in konstrukcijska zasnova šol zahteva svojo statično presojo, ki vključuje tudi potresno odpornost;
- za stanje potresne odpornosti šol iz trenutno zbranih statističnih podatkov lahko podamo le pavšalno oceno o potresni odpornosti;
- najbolj potresno nevarne so:
 - konstrukcijsko opečne šole, visoke 5 ali več etaž, zgrajene pred letom 1982, in vse ostale opečne šole (ne glede na število etaž), zgrajene pred letom 1964;
 - konstrukcijsko kombinirane šole, visoke 5 ali več etaž, zgrajene pred letom 1982, in vse ostale kombinirane šole (ne glede na število etaž), zgrajene pred letom 1964;
 - konstrukcijsko betonske šole, visoke 4 ali več etaž, zgrajene med letoma 1946 in 1963;

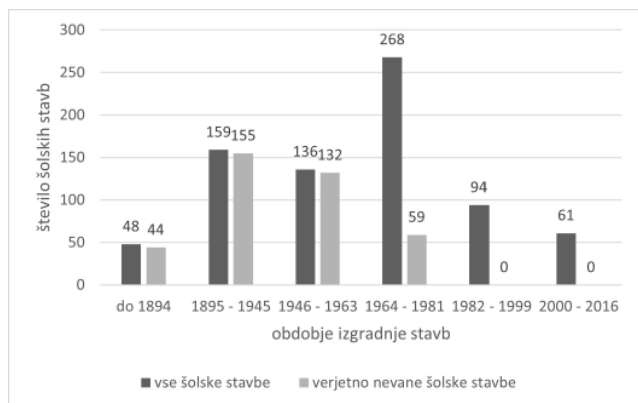
Enoetažnih šol, izgrajenih pred letom 1981, je 33 in jih nismo uvrstili med verjetno potresno nevarne šole.

Predpostavljamo tudi, da so šole, zgrajene v obdobju od 1895 do 1945 (obdobje pred in med 1. in 2. svetovno vojno), grajene boljše in niso med najbolj potresno ogroženimi.

Trenutno je v Sloveniji verjetno potresno nevarnih 390 od 766 vseh šolskih stavb, kar znaša 51 % vseh šol. Med ostalimi šolami, ki smo jih uvrstili med verjetno potresno varne šole, je 12 enoetažnih šol zgrajenih pred letom 1963, 209 šol (visokih 3 ali manj etaž), zgrajenih med 1964 in 1981, in vse ostale šole (155), zgrajene po letu 1981. Število vseh verjetno potresno nevarnih šol določenih po navedenih izbirnih ključih je prikazano na sliki 8.

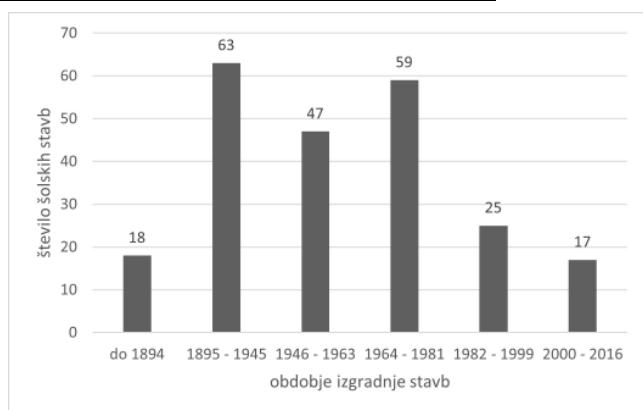
Med 390 verjetno potresno nevarnimi šolskimi stavbami, ki so po obdobjih leta izgradnje prikazane na sliki 8, pa je v Sloveniji v uporabi kar 229 šolskih stavb s 4 in več etažami (slika 9), ki so zaradi svoje višine gotovo bolj ogrožene kot ostale nižje šole. Pri 42 stavbah s 4 ali več etažami, grajenih po letu 1982, je verjetnost za potresno ogroženost majhna, saj so bile grajene v obdobjih, ko je bila potresna presoja obvezna. 187 stavb (24,4 %) pa je bilo zgrajenih pred letom 1981, torej v zgoraj opisanih bolj kritičnih obdobjih izgradnje, in predstavljajo delež stavb, ki so med vsemi najbolj ogrožene in za katere bi bilo povečanje potresne odpornosti konstrukcije (poglavje 6) najbolj nujno.

Slika 8: Število vseh šolskih stavb, zgrajenih do leta 2016, in število verjetno potresno nevarnih po posameznih obdobjih.



Za vse šole, ki so verjetno potresno nevarne, bi bila nujna takojšnja potresna analiza/presoja o stanju potresne odpornosti posamezne šole, tudi glede na vrsto uporabljenega nosilnega materiala, konstrukcijski sistem in stanje nosilne konstrukcije. Natančnejše potresne analize lahko potem dajo točnejši vpogled v stanje posamezne šole in potrebo po njihovi prenovi, kot tudi verjetno določijo vrstni red prioritet obnov. Menimo pa, da s potresno utrditvijo šol ne bi smeli odlašati. Nekaj šol in vrtecev je že bilo zelo uspešno prenovljenih z uporabo sanacijskih tehnik za povečanje trdnosti in duktilnosti zidov (glej npr. Mapei, 2020). V nadaljevanju je na kratko povzetih nekaj statičnih utrditvenih ukrepov, ki so najbolj pogosti pri prenovi konstrukcij in bi jih bilo potrebno uporabiti tudi pri utrditvi stavb šol. V splošnem velja, da naj imajo pri potresni utrditvi prednost tisti tako imenovani nevarni objekti, ki po Gradbenem zakonu (1931) ne izpolnjujejo bistvenih zahtev predpisov, tako da neposredno ogrožajo življenje ljudi, premoženje večje vrednosti, promet ali sosednje objekte. Iz analize trenutnega stanja šolskih stavb glede na obdobje gradnje in število etaž je razvidno, da je med šolskim stavbnim fondom veliko število starejših in višjih stavb, ki potencialno lahko sprožajo skrb in kličejo k preverjanju potresne ogroženosti.

Slika 9: Število šolskih stavb s 4 in več etažami po obdobjih gradnje.



6. SPLOŠNI KONCEPTI ZA POVEČANJE POTRESNE ODPORNOSTI KONSTRUKCIJ STAVB

V nadaljevanju je zbranih nekaj osnovnih konceptov za povečanje potresne odpornosti stavb, ki so primerni tudi za potresno utrditev šol, obravnavanih v tem članku. Gotovo je, da je uporaba teh ukrepov lahko zahtevna tako izvedbeno in časovno kot tudi v finančnem pogledu. Podrobnosti o načinih možnih potresnih utrditev lahko najdemo v literaturi, kratki povzetki

najpogosteje uporabljenih sanacijskih ukrepov, ki bi morali biti izvedeni tudi v primeru potresne utrditve šol, pa so povzeti v nadaljevanju.

A/ Povečanje trdnosti in duktilnosti zidov

Povečanje trdnosti in duktilnosti zidov (na primer v zidanih konstrukcijah) je mogoče doseči z vgradnjo dodatne jeklene armature v horizontalne in vertikalne spoje zidu, z izboljšanjem materialov zidov z injektiranjem fugirnih spojev in zidov z visokotrdnimi maltami ali epoksidnimi smolami, s površinsko ojačitvijo zidov z različnimi vrstami ometov (mikroarmirani cementni ometi, ometi s steklenimi ali karbonskimi vlakni, GFRP) ali z oblepljanjem zidov s trakovi iz plastike, iz steklenih ali karbonskih vlaken FRP (npr. Bosiljkov idr., 2008; Tomažević, 2009; Petrovčič in Kilar, 2022).

B/ Zagotovitev povezav med zidovi in preprečitev zvrčanja zidov izven ravnine

Zagotavljanje povezav med zidovi in preprečevanje porušitve zidov izven ravnine je ključno za izboljšanje stabilnosti zidanih konstrukcij, zlasti v potresno ogroženih območjih. Najpogosteje izvedemo različne vrste mehanskih povezav med zidovi, kot so sidra za povezavo pravokotnih zidov med seboj, horizontalne vezi na višini stropov ali medetažnih plošč in vertikalne armiranobetonske vezi na robovih zidov. Poskrbeti je potrebno tudi za sidranje zidov v medetažno ploščo in temelje ter poskrbeti za ustrezno pritrditve vseh nenosilnih elementov. Posebej je potrebno poskrbeti za vitke (morda nekoč požarne) stene (podstrešij) brez prečnih podpor, ki potrebujejo ustrezno sidranje v nosilno konstrukcijo (npr. Tomažević, 2009; CNR, 2018; Lutman idr., 2017).

C/ Utrditve in sanacija medetažnih konstrukcij

Zamenjava/ojačitev medetažnih konstrukcij je sicer potrebna predvsem v primerih, ko obstoječi (leseni) strop ne izpolnjuje sodobnih standardov za nosilnost, ki so določeni v gradbenih predpisih. Pogosti so tudi primeri, ko je treba tudi sicer vertikalno dovolj nosilne lesene ali montažne strope z jeklenimi nosilci pri potresni utrditvi zamenjati z armiranobetonsko ploščo. Leseni stropi pogosto niso ustrezno pritrjeni na zidove, kar povečuje tveganje za izpad zidov iz ravnine med potresom, kot tudi onemogoča razdelitev horizontalnih potresnih sil na zidove v ustrezni nosilni smeri. V primerih izvedbe medetažnih konstrukcij s slojem peska je priporočljivo sloj peska odstraniti in tako zmanjšati maso stavbe med potresom (npr. Tomažević, 2009; Lutman idr., 2017).

D/ Povečanje trdnosti temeljev

Povečanje trdnosti temeljev je ključno za izboljšanje stabilnosti stavbe in njeno odpornost proti različnim obremenitvam, ki jim je konstrukcija lahko izpostavljena med potresom. Najpogostejši načini so ojačitev obstoječih temeljev, povezovanje temeljev med seboj, podlivanje temeljev z injektiranjem cementne malte ali hitro utrjujočih pen za stabilizacijo tal in dvig temeljev, razširitev temeljev z dodajanjem armiranega betona ali jeklenih konstrukcij okoli temeljev in uporaba sidrskih sistemov za prenos obremenitev na trdnjše plasti tal. V posebnih primerih je mogoča tudi globinska ojačitev temeljev z mikropiloti (npr. Tomažević, 2009).

E/ Izboljšanje/spreminjanje zasnove konstrukcije

V mnogih primerih je mogoče pred uporabo dražjih in zamudnejših sistemov utrditve konstrukcije izboljšati obstoječo nosilno konstrukcijo v okviru danih možnosti in pogojev. Ti načini vključujejo na primer dodajanje armiranobetonskih stebrov in zidov, zapolnitev odprtih v okvirnih konstrukcijah, dodajanje ojačitev okoli vrat in oken, zmanjševanje teže zidov in stropov

(uporaba lažjih materialov za zgornje nadgradnje zmanjša obremenitev zidov). V posebnih primerih je mogoče razmišljati tudi o dodajanju zunanjih nosilnih konstrukcij (npr. Roške in Streliške stolpnice, 2023) iz armiranega betona ali jekla, ki pa jih je potrebno vključiti v novo arhitekturno prenovno stavbe (npr. Lutman idr., 2017).

7. ZAKLJUČEK – KAKO NAPREJ, RESOLUCIJA O KREPITVI POTRESNE VARNOSTI DO LETA 2050 »PREHITIMO POTRES«

Resolucija o krepitvi potresne varnosti do leta 2050 »PREHITIMO POTRES« (2023) poudarja preventivo kot ključno za dolgoročno zmanjšanje potresnih tveganj in predvideva potresno utrditev stanovanjskih ter javnih objektov, vključno z ustanovami vzgoje, izobraževanja, zdravstva in infrastrukture. Izpostavlja tudi pomen ozaveščanja prebivalcev in strokovne prenove objektov. Glavni cilji resolucije so:

1. OZAVEŠČANJE: Povečanje zavedanja o potresnih tveganjih in ukrepih za njihovo zmanjšanje.
2. VZPOSTAVLJANJE PRAVNO-SISTEMSKEGA OKVIRA: Ureditev zakonodaje za centralno vodenje projekta utrditve stavb.
3. USPOSABLJANJE IN IZOBRAŽEVANJE: Izobraževanje strokovnjakov in izvajalcev za uporabo ustreznih materialov in metod.
4. PREGLEDOVANJE STAVBNEGA FONDA: Strokovna ocena obstoječih stavb za določitev ogroženosti.
5. ZAGOTOVLJANJE FINANČNIH SREDSTEV ZA ZMANJŠANJE POTRESNEGA TVEGANJA: Zagotavljanje sredstev za prenovno in zmanjšanje potresnega tveganja.
6. PROJEKTIRANJE IN IZVEDBA POTRESNE UTRDITVE OGROŽENIH STAVB
7. SKRB ZA ZAGOTOVLJANJE USTREZNE KAKOVOSTI POTRESNIH UTRDITEV: Prednostna utrditev ali nadomestitev ogroženih stavb z upoštevanjem ekonomskih in okoljskih smernic.
8. EVIDENTIRANJE STANJA STAVB: Vzpostavitev javnega dostopa do podatkov o stopnji potresne odpornosti.

Resolucija predvideva, da bo v Sloveniji v naslednjih desetletjih potresno utrjenih ali nadomeščenih med 32.000 in 75.000 stavb. Ukrepi bodo postopni, zavedamo pa se, da staranje stavb in čas možnosti nastopa potresa povečujeta tveganje. Namen je doseči potresno tveganje pod sprejemljivo mejo, določeno z družbenim konsenzom in zmožnostjo obnove po rušilnem potresu. Vse podrobnosti lahko najdemo v Resoluciji o krepitvi potresne varnosti do leta 2050 »PREHITIMO POTRES« (2023).

Zahvala

Prispevek je rezultat raziskovalnega dela v okviru raziskovalnega programa Trajnostno oblikovanje kvalitetnega bivalnega okolja, P5-0068, ki ga podpira ARIS.

LITERATURA IN VIRI

- Blenkuš, M. in Zorc, M. (2017). Izsledki kvantitativne analize stavbnega fonda osnovnih šol v Sloveniji = The results of a quantitative analysis of the building fund for elementary schools in Slovenia. *AR: arhitektura, raziskave = architecture, research*, 2, 48–59.
- Bosiljkov, V., Page, A. W., Bokan-Bosiljkov, V. in Žarnić, R. (2008). Evaluation of the seismic performance of brick masonry walls. *Structural control and health monitoring*, 17(1), 239–249.
- Bubnov, S. (1983). *Potresna varnost starejših zgradb*. Univerzum.
- Bubnov, S., Fajfar, P., Fischinger, M., Ribarič, V., Tomaževič, M., Aničić, D., Poceski, A., Rosman, R. in Steinman, V. (1982). Izgradnja objekata visokogradnje u seizmičkim područjima: ocena pravilnika. *Publikacija IKPIR 25*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo: Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij: Seizmološki zavod SRS.
- CEN – European Committee for Standardisation (2004). *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings*. <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/02/en.1998.1.2004.pdf>
- CNR (2018). *Advisory Committee on Technical Recommendations for Construction: Guide for the Design and Construction of Externally Bonded Fibre Reinforced Inorganic Matrix Systems for Strengthening Existing Structures*.
- Dolšek, M., Babič, A. in Žizmond, J. (2021). *Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti?: usposabljanje predstavnikov lokalnih skupnosti in širše strokovne javnosti o širši, energetski in potresni prenovi stavb (U6-2)*. Life projekt CARE4CLIMATE, Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije.
- Dujič, B. in Žarnić, R. (2008). Vrednotenje potresne odpornosti lesene gradnje. V: Kitek Kuzman, M. (ur.), *Gradnja z lesom – izziv in priložnost za Slovenijo* (str. 176–181). Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Fajfar, P. (2017). Razvoj predpisov za potresno odporno gradnjo v Sloveniji. *Gradbeni vestnik*, 66, 82–96.
- Fajfar, P., Fischinger M. in Isaković T. (2000). Metoda procjene seizmičkog ponašanja zgrada i mostova. *Gradjevinar*, 52(3), 663–671.
- Gradbeni zakon*. 1931. Tiskovna zadruga.
- ICOMOS, 2017. *Pristopi k ohranjanju kulturne dediščine 20. stoletja: Madridsko-newdelhijski dokument 2017*. https://icomos.splet.arnes.si/files/2021/02/icomos_brosura_Web.pdf
- Ivanšek, F. (ur.) (1954). Od stare k novi šoli. Referati in material s posvetovanja o gradnji sodobne šole. *Arhitekt*, 12/13.
- Kilar, V. in Kušar, D. (2009). Assessment of the earthquake vulnerability of multi-residential buildings in Slovenia. *Acta geographica Slovenica*, 49(1), 89–118.
- Lazar Sinkovič, N., Dolšek, M. in Babič, A. (2021). Modeli komunikacije potresnega tveganja. *Ujma: revija za vprašanja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami*, 34/35, 409–416.
- Lutman, M., Capuder, F., Drobnič, D., Gams, M., Klemenc, I., Kramar, M., Pazlar, T., Weiss, P. (2017). *Posegi v nosilno konstrukcijo stavb*. Ministrstvo za okolje in prostor RS, Direktorat za prostor, graditev in stanovanja.
- Mapei (2020). *Protipotresna sanacija vrtcev in šol v Ljubljani*. <https://www.mapei.com/si/sl/novice-in-dogodki/podrobnosti-dogodka/2020/04/17/protipotresna-sanacija>
- MNVP – Ministrstvo za naravne vire in prostor RS (2023). *Ocena zmožnosti obvladovanja tveganja za potres*. https://www.gov.si/assets/ministrstva/MNVP/Dokumenti/Graditev/ocena_zmoznosti_obvladovanja_tveganja_za_potres.docx
- MO – Ministrstvo za obrambo RS (2018). *Ocena ogroženosti Republike Slovenije zaradi potresov*. https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/URSZR/Datoteke/Ocene-ogrozenosti/ocena_ogrozenosti_potres.pdf
- Navinšek, E. (1978). *S prostorno znanostjo in analizo do brezkoridorne arhitekture*. <http://www.dlib.si/?URN=URN:NBN:SI:DOC-2HLCTA35>
- Orožen Adamič, M. (1995). Earthquake threat in Ljubljana. *Geografski zbornik*, 35, 145–151.
- Orožen Adamič, M. in Hrvatini, M. (2001). Geografske značilnosti potresov v Posočju. *Geografski zbornik*, 41, 45–90.
- Orožen Adamič, M. in Perko D. (1996). Potresna ogroženost občin in naselij v Sloveniji. *Geografski zbornik*, 36, 7–45.
- Ostaneč, F. (ur.) (1973). *Razstava 5 let – 100 šol* (katalog ob razstavi). Slovenski šolski muzej,

Izobraževalna skupnost Slovenije.

Petrovič, S. in Kilar, V. (2018). Arhitekturno-tehnični vidik varovanja arhitekturne dediščine na potresno ogroženih območjih. *Annales : anali za istrske in mediteranske študije. Series historia et sociologia*, 28(3), 589–610.

Petrovič, S. in Kilar, V. (2022). Design considerations for retrofitting of historic masonry structures with externally bonded FRP systems. *International journal of architectural heritage : conservation, analysis and restoration*, 16(7), 957–976.

POTROG. 2019. *Raziskovalni projekt Potresna ogroženost v Sloveniji za potrebe Civilne zaščite*. <https://potrog2.vokas.si/>

PTP – *Privremeni tehnički propisi*. 1948. Beograd.

Resolucija o krepitvi potresne varnosti do leta 2050 »PREHITIMO POTRES« (ReKPV50). (2023). *Uradni list RS*, št. 122/2023. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=RESO150>

Roške in Streliške stolpnice (2023). *Protipotresna utrditev Roških in Strelških stolpnic*. <https://roskeinstreliskestolpnice.si/>

RTV SLO (2023). *Kakšne bi bile pri nas posledice rušilnega potresa?* <https://val202.rtvsllo.si/podkast/frekvenca-x/31057643/174938037>

Slak, T. in Kilar, V. (2005). *Potresno odporna gradnja in zasnova konstrukcij v arhitekturi*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo.

Stavbinski red za mesto Ljubljana, 1896. <http://www.dlib.si/?URN=URN:NBN:SI:DOC-SWFPDKPP>

Tomažević, M. (1998). *Ocenjevanje uporabnosti po potresu poškodovanih objektov*. Ministrstvo za obrambo, Uprava RS za zaščito in reševanje.

Tomažević, M. (2009). *Potresno odporne zidane stavbe*. Tehnis.

Zbašnik-Senegačnik, M., Blenkuš, M., Gregorski, M., Nardoni Kovač, Š., Zaviršek Hudnik, D., Zorc, M., Cencič, M. in Štemberger, T. (2019). *Analiza stanja na področju arhitekture javnih vrtcev in šol v Sloveniji – evidentiranje, vrednotenje in varovanje primerov kakovostne (trajnostne) arhitekturne prakse : raziskovalni projekt Ciljnega raziskovalnega programa »CRP 2016«*. Zaključno poročilo 2019. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo.

Zorc, M. (2016). *En sam, velik, svetel, uporaben prostor, 14 šol Emila Navinška v Ljubljani*. Galerija DESSA 7. 12.–21. 1. 2016, Razstava študentov Fakultete za arhitekturo Univerze v Ljubljani.

Zorc, M. (2024). Učilnice na kupu še ne naredijo skupka učnih prostorov. V Zbašnik-Senegačnik, M., Gregorski, M. in Zorc, M. (ur.), *Na poti k sodobni šolski arhitekturi* (str. 93–132). Zavod Republike Slovenije za šolstvo.

Žarnič, R. (2005). *Lastnosti gradiv*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

24ur (2021). *Bo Sloveniji, kjer je zelo nizka potresna odpornost, uspelo prehiteti potres?* <https://www.24ur.com/novice/slovenija/bo-sloveniji-uspelo-prehiteti-potres.html>

UVODNIK
EDITORIAL
ČLANEK
ARTICLE

RAZPRAVA
DISCUSSION
RECENZIJA
REVIEW
PROJEKT
PROJECT
DELAVNICA
WORKSHOP
NATEČAJ
COMPETITION
PREDSTAVITEV
PRESENTATION
DIPLOMA
MASTER THESIS