



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

Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti?

Predavanje za predstavnike občinskih uprav

Matjaž Dolšek, Anže Babič, Jure Žižmond

Ljubljana, 25. 3. 2021



Vsebina

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

- **Osnove za razumevanje problema**
 - Potresna nevarnost & tveganje, povratna doba dogodka
- **Utemeljitev problema**
 - L'Aquila (2009), Petrinja (2021)
 - Gibanje tal
 - Državna analiza tveganja in pravne podlage za potresno odporno projektiranje objektov
 - Potresna nevarnost in globalni cilji
- **Seizmični stresni test stavbnega fonda v RS**
 - IKPIR, 2020. Seizmični stresni test stavbnega fonda Republike Slovenije (2020-2050). Strokovne podlage za pripravo Resolucije o programu krepitve potresne varnosti, Naročnik: MOP, pogodba št. 2550-20-530001, Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, April 2020.
- **Zaključek**

Osnove

IKPIR
50

POTRESNA NEVARNOST

- Kakšne potrese lahko pričakujemo?
- Kako pogosto se bodo pojavljali?
- Človek nima vpliva
- Karte potresne nevarnosti, funkcija potresne nevarnosti

POTRESNO TVEGANJE

- Kolikšno je tveganje za porušitev objekta ali izgubo življenja?
- Kolikšno je tveganje za denarne izgube, če poslovno dejavnost izvajal v stari ali novi stavbi?
- Povezano z dejanjem človeka
- Verjetnost izgube življenja, pričakovana letna denarna izguba (zavarovalnice)

Dolšek, Projektiranje konstrukcij na potresnih območjih – včeraj, danes, jutri, 2015,
http://videolectures.net/single_dolsek_projektiranje_konstrukcij/

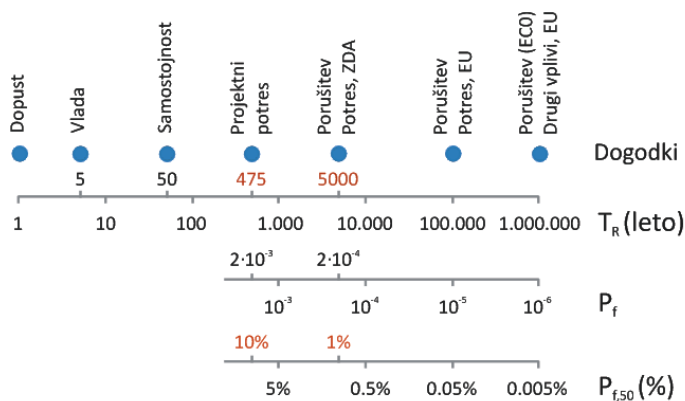
M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti?

Ljubljana, 25.3.2021

Osnove

IKPIR
50

- (Srednja) povratna doba dogodka
- Potresna nevarnost:
 - 475 let (npr. Evrokod)
- Sprejemljivo tveganje:
 - 100.000-1.000.000 (tudi Evrokod, vendar ne za potres)



Dolšek, Projektiranje konstrukcij na potresnih območjih – včeraj, danes, jutri, 2015,
http://videolectures.net/single_dolsek_projektiranje_konstrukcij/

M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti?

Ljubljana, 25.3.2021



Utemeljitev problema: Petrinja

• 17.2.2021

IKPIR
50



Foto: M. Dolšek, 2021

Petrinja

IKPIR
50



M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti?

Ljubljana, 25.3.2021

Foto: M. Dolšek, 2021

Petrinja



M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti?

Foto: M. Dolšek, 2021
Ljubljana, 25.3.2021

Petrinja



M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti?

Foto: M. Dolšek, 2021
Ljubljana, 25.3.2021

Petrinja

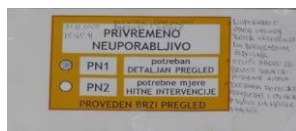


Foto: M. Dolšek, 2021

M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti?

Ljubljana, 25.3.2021



IKPIR
50



Foto: M. Dolšek, 2021

M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti?

Ljubljana, 25.3.2021

Petrinja



IKPIR
50

Foto: M. Dolšek, 2021

M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti?

Ljubljana, 25.3.2021

Petrinja



IKPIR
50

Foto: M. Dolšek, 2021

M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti?

Ljubljana, 25.3.2021



Petrinja



IKPIR
50

Foto: M. Dolšek, 2021

M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepitev potresno odpornost skupnosti?

Ljubljana, 25.3.2021

Utemeljitev problema

IKPIR
50

- Percepcija gibanja tal in potresnega tveganja

Ljubljana

Petrinja

150 km



PGA: 1 - 3 % g
(meritve: ARSO)

PGA: 40 - 50 % g
(ocena: INGV, USGS)

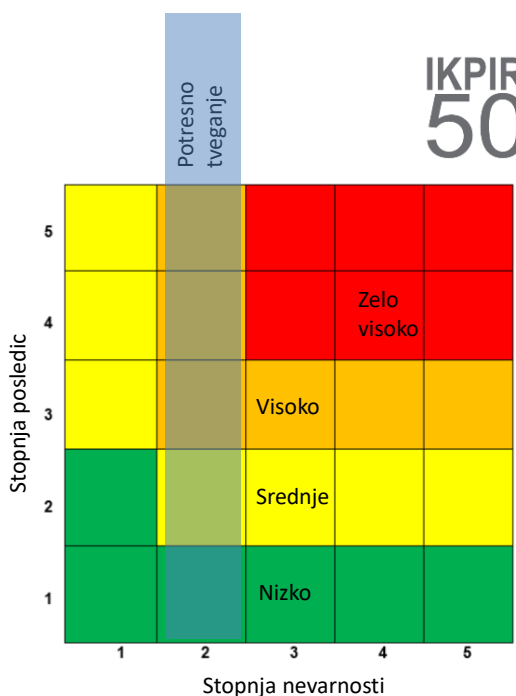
M. Dolšek. Razprava o potresni odpornosti Slovenije
37. nujna seja Odbora za IOP
Državni zbor, 21.1.2021

Legenda: PGA – Horizontalna komponenta maksimalnega pospeška tal

M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond:
Ali je treba v Republiki Sloveniji krepitev potresno odpornost skupnosti?
Ljubljana, 25.3.2021

Utemeljitev problema

- Državna ocena tveganj za nesreče (MOP, Vlada RS)
- Matrika tveganja (ogroženosti)
 - Stopnja nevarnosti: potresni scenarij – “200 letni potres”
 - Stopnja posledic 5: izgube > 2,4 % GDP



Dolšek, Projektiranje konstrukcij na potresnih območjih – včeraj, danes, jutri, 2015, http://videolectures.net/single_dolsek_projektiranje_konstrukcij/

M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti? Ljubljana, 25.3.2021

Utemeljitev problema

Pravna podlaga za potresno-odporno projektiranje:

- Pravilnik o bistvenih zahtevah za gradbene objekte (člen 2):
 - Mehanska odpornost in stabilnost pomeni...da obremenitve, ki se bodo **verjetno** pojavile med gradnjo in uporabo objekta ne bodo povzročile porušitve...
- Evrokod 8: Projektiranje potresno-odpornih konstrukcij (člen 1.1.1):
 - V primeru potresa omejiti škodo
 - zaščititi človeška življenja
 - zagotoviti funkcionalnost objektov, ki so pomembni za civilno zaščito

OPOMBA: Zaradi slučajne narave potresnih pojavov in omejenih sredstev, ki so na razpolago za preprečevanje njihovih posledic, je mogoče doseči te cilje samo deloma. Meriti jih je mogoče samo z verjetnostnimi izrazi. Pri načrtovanju obsega zaščite, ki jo je mogoče nuditi posameznim kategorijam stavb in ki jo je mogoče meriti samo z verjetnostnimi izrazi, je smiselno optimalno razporediti sredstva. Zato pričakujemo, da se bo obseg spreminjal v različnih državah, v odvisnosti od relativne pomembnosti potresne ogroženosti glede na ogroženost od drugih izvorov in glede na globalno ekonomsko moč države.

Dolšek, Projektiranje konstrukcij na potresnih območjih – včeraj, danes, jutri, 2015, http://videolectures.net/single_dolsek_projektiranje_konstrukcij/

Utemeljitev problema

- Potresna nevarnosti in globalni cilji



IKPIR
50

Utemeljitev problema

- Potresna nevarnost (povratna doba: 475 let) in globalni cilji

IKPIR
50

Ljubljana

Paris, Berlin

500 - 750 km



PGA: 25 % g

PGA: 1 % g

Legenda:
PGA - Maksimalna vrednost horizontalne komponente pospeška tal izražena v odstotku pospeška prostega pada

M. Dolšek. Razprava o potresni odpornosti Slovenije
37. nujna seja Odbora za IOP
Državni zbor, 21.1.2021

M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond:
Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti?
Ljubljana, 25.3.2021

Utemeljitev problema

Problem:

- Močni potresi povzročijo trpljenje ljudi
- Napačna percepcija potresnega tveganja ima za posledico napačne odločitve za krepitev potresne odpornosti skupnosti
- Ni pravne podlage za merjenje potresnega tveganja!
- Ocena tveganja na osnovi scenarija ne podaja celotne slike – zavajajoče
- Globalni cilji (npr. Pariški sporazum) zameglijo regionalne probleme

Rešitev:

- Fizikalne simulacije potresnega tveganja
- Širjenje rezultatov v družbo ne le v znanstvene revije in standarde

M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond:
Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti?
Ljubljana, 25.3.2021

Vsebina

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

- Osnove za razumevanje problema
 - Potresna nevarnost & tveganje, povratna doba dogodka
- Utemeljitev problema
 - L'Aquila (2009), Petrinja (2021)
 - Gibanje tal
 - Državna analiza tveganja in pravne podlage za potresnoodporno projektiranje objektov
 - Potresna nevarnost in globalni cilji
- Seizmični stresni test stavbnega fonda v RS
- Zaključek

Seizmični stresni test stavbnega fonda v Sloveniji

IKPIR
50

- **Teoretične osnove:**
 - Projekt STREST, Seizmični stresni test grajenega okolja, Raziskovalni program Potresno inženirstvo (ARRS)
- **Primer**
 - Ministrstvo za okolje in prostor
- **Procesi:**
 - 1. Faza 1: Priprava
 - 1. korak: Zbiranje podatkov
 - 2. korak: Določitev kazalnikov tveganja in ciljnega tveganja
 - 2. Faza: Analiza
 - 3. korak: Analiza in ovrednotenje tveganja
 - 3. Faza: Odločitev
 - 4. korak: Določitev kritičnih stavb
 - 5. korak: Določitev ukrepov
 - 4. Faza: Poročilo (digitalno)
 - 6. korak: Predstavitev rezultatov

M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti? Ljubljana, 25.3.2021

Seizmični stresni test stavbnega fonda v Sloveniji

IKPIR
50

- **Tehnični del:**
 - Cilj: Fizikalno osnovane simulacije
 - Aplikacija IKPIR za analize potresnega tveganja (Žižmond, Babič, Dolšek, 2020)
- **Modeli:**
 - Model potresne nevarnosti (časovno-opredeljen model, potresni scenarij)
 - Model izpostavljenosti stavbnega fonda in ljudi (500.000 stavb/delov, 97 milijard EUR)
 - Model ranljivosti stavbnega fonda (20 razredov ranljivosti, 5 diskretnih stanj poškodovanosti)
 - Model posledic potresov na stavbe in ljudi (časovno-opredeljen model, potresni scenarij)

M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti? Ljubljana, 25.3.2021

Aplikacija IKPIR za analizo potresnega tveganja

IKPIR
50

- Potresni scenarij v primerjavi s POTROGom

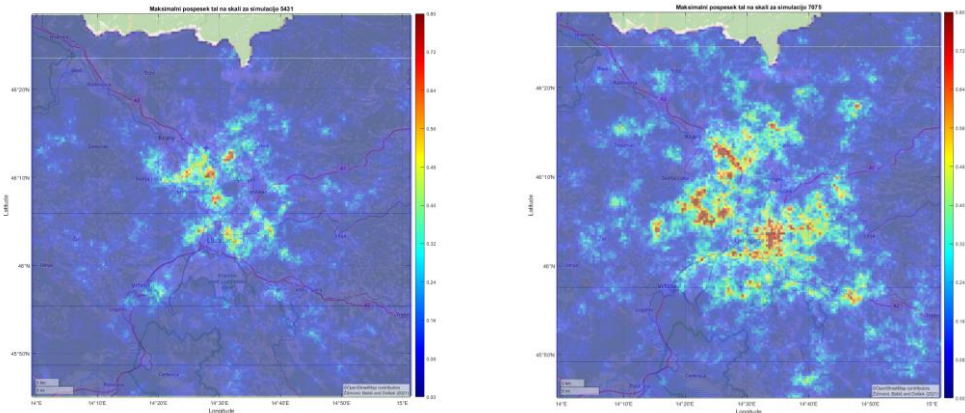
	Aplikacija IKPIR (2020)	POTROG (2011-2020) ZAG, Inštitut za vodarstvo d.o.o.
Izhodišče za potresni scenarij	Momentna magnituda M_w – merljiva, fizikalno opredeljena količina	Intenziteta EMS – temelji na (subjektivnih) opazovanjih
Mera za intenziteto gibanja tal (potresa)	PGA (zvezna količina) – merljiva, fizikalno opredeljena	EMS (I–XII) – temelji na (subjektivnih) opazovanjih
Določitev intenzitete gibanja tal (potresa)	Prostorski modeli gibanja tal – na osnovi meritev gibanja tal med potresi	Izbrana intenziteta EMS
Intenziteta potresa za opredelitev ranljivosti stavbe	PGA – merljiva, fizikalno opredeljena količina	EMS (A–F), RAN-Z (0–10) - subjektivno določne odnos med EMS in RAN-Z
Mejna stanja poškodovanosti	DS1–DS4 (HAZUS)	D1–D5 (EMS)
Določitev referenčne ranljivosti	Po literaturi (v obliki krivulj ranljivosti, korekcija zaradi spektra pospeškov)	Po literaturi (v obliki stopnje A–F)
Negotovosti gibanja tal	DA	NE
Negotovosti za ranljivost stavb	DA	NE
Negotovosti pri potresnem scenariju	DA	NE

M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti? Ljubljana, 25.3.2021

Seizmični stresni test stavbnega fonda v Sloveniji

IKPIR
50

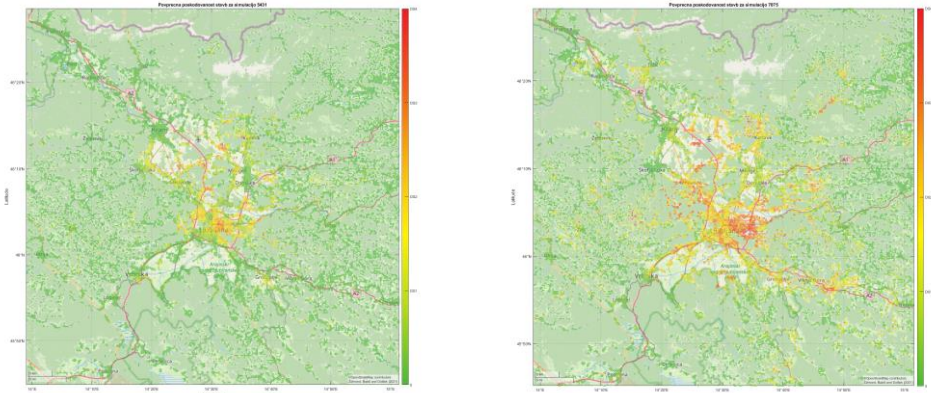
- Ocena tveganja na osnovi potresnega scenarija (Informativno):
 - Potres se zgodi ($M_w=6.4$, epicenter= 5 km N od Ljubljane)
 - Tla se začnejo gibati (prostorska porazdelitev PGA, 500 simulacij)



M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti? Ljubljana, 25.3.2021

Seizmični stresni test stavbnega fonda v Sloveniji

- Ocena tveganja na osnovi potresnega scenarija (Informativno):
 - Gibanje tal povzroči škodo na stavbah (4 diskretna stanja)
 - Negotovosti (500×20 =10.000 simulacij)



M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti? Ljubljana, 25.3.2021

Seizmični stresni test stavbnega fonda v Sloveniji

- Ocena tveganja na osnovi potresnega scenarija (Informativno):
 - Izgube (EUR, žrtve)
 - Rezultati so negotovi

	5. percentil	Mediana	95. percentil
Št. stavb /delov (popolna poškodovanost)	1.638	8.404	22.982
Žrtve ("letni" model populacije)	99	568	1.662
Loss (billion euros)	3.6	10.5	21.8



M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti? Ljubljana, 25.3.2021

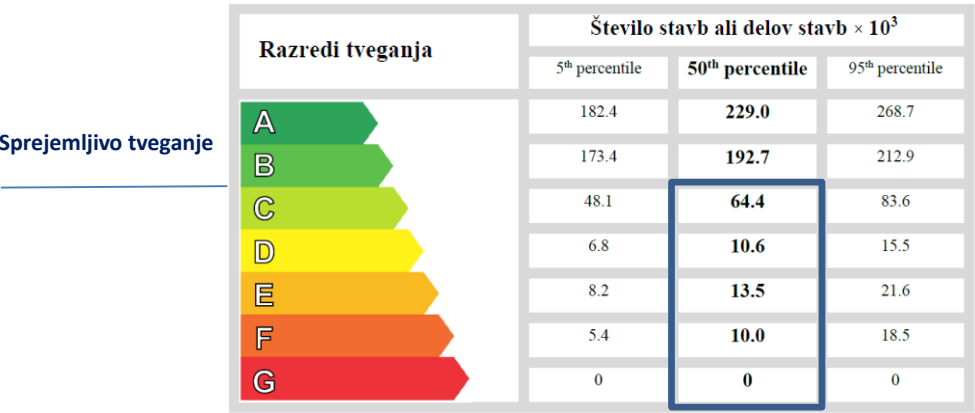
Seizmični stresni test stavbnega fonda v Sloveniji

- **(Časovno-opredeljena) Analiza potresnega tveganja:**
 - Težje razložiti
 - Enostavna razlaga:
 - Potresni scenariji so simulirani za zelo dolgo dobo opazovanja
 - Rezultati se nato povprečijo na izbrano časovno enoto (1 leto, 50 let)
 - Tveganje se ne meri kot direktna posledica enega potresa
 - Kazalniki tveganja:
 - Pričakovana letna škoda
 - Verjetnost popolne poškodovanosti v dobi 50 let
 - Število stavb v različnih razredih tveganja

M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti? Ljubljana, 25.3.2021

Seizmični stresni test stavbnega fonda v Sloveniji

- **Analiza potresnega tveganja:**
 - Certifikat potresne zmogljivosti stavbnega fonda



M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti? Ljubljana, 25.3.2021

Seizmični stresni test stavbnega fonda v Sloveniji

IKPIR
50

- **Analiza potresnega tveganja:**
 - Certifikat potresne zmogljivosti stavbnega fonda
 - Mediana

Dolgoročno dopustno tveganje za stavbe
običajne pomembnosti

~ 100.000 stavb oz. delov stavb
400.000 ljudi
18 milijard evrov



M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti? Ljubljana, 25.3.2021

Seizmični stresni test stavbnega fonda v Sloveniji

IKPIR
50

- **Odločitev:**
 - Rezultat seizmičnega stresnega testa je negativen
- **Ukrepi:**
 - Ukrepi za utrditev / nadomestitev stavb
 - Ukrepi za ovrednotenje potresne varnosti
 - Ukrepi za širjenje informacij o potresni varnosti
 - Ukrepi za zagotavljanje vzpodbud za krepitev potresne varnosti

M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti? Ljubljana, 25.3.2021

Zaključek

IKPIR
50

- **Petrinja: Veliko poškodovanih stavb kulturne dediščine in stavb, ki so bile energetske sanirane**
- **Rešen globalni problem – regionalni (lokalni) problem pa ostanejo (pametna mesta!)**
- **Ne moremo povsod na enak način renovirati stavb**
- **Zakaj se nič ne premakne?**
 - Nizka percepcija tveganja
- **Seizmični stresni test**
 - Preveč smo izpostavljeni tveganju
 - Verzija 0, različne stopnje natančnosti (nivo 0, 1, 2, 3)
 - 1-leto izkušenj: Fizikalno-opredeljene simulacije pomagajo, ampak...
 - Ni dovolj le utrjevati/nadomestiti stavbe, treba je postaviti celovit sistem za upravljanje s potresnim tveganjem

M. Dolšek, A. Babič, J. Žižmond: Ali je treba v Republiki Sloveniji krepiti potresno odpornost skupnosti? Ljubljana, 25.3.2021