

**Nabijena zemlja za
modeliranje i normizaciju
u potresno aktivnim područjima**

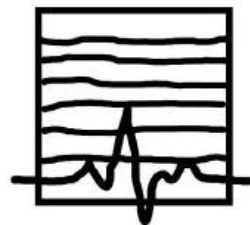


UIP-2020-02-7363

RE-forMS

Rezultati projekta i sažetci završne konferencije

**Nabijena zemlja za
modeliranje i normizaciju
u potresno aktivnim područjima**



RE-forMS

Rezultati projekta i sažetci završne konferencije

IMPRESUM

Izdavač: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek

Za nakladnika: prof. dr. sc. Hrvoje Krstić, dipl. ing. građ.

Urednici: izv. prof. dr. sc. Ivana Brkanić Mihić, mag. ing. arch.
izv. prof. dr. sc. Ivan Kraus, mag. ing. aedif.
dr. sc. Lucija Kraus, mag. ing. arch.

Lektorica: Nevenka Špoljarić, prof.

Tisak i uvez: Čarobni tim d.o.o. Osijek

CIP zapis dostupan je u računalnom katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem 001284295.

ISBN 978-953-6962-72-3 (tisak)

ISBN 978-953-6962-73-0 (pdf)

Copyright © 2025. Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek

Ni jedan dio ove knjižice ne smije se ni na koji način umnožavati ni preslikavati bez nakladnikova dopuštenja.

Tisak i lektura financirani su sredstvima Hrvatske zaklade za znanost u okviru projekta
UIP-2020-02-7363

SADRŽAJ:

O projektu	01
Zemljane kuće u svijetu	06
Zemljane kuće u Hrvatskoj	08
Izvođenje zemljanih kuća	10
Konstrukcija	12
Kuća u Aljmašu	13
Projekt kroz fotografiju	18
Sažetci radova	24
Pojmovnik	48
Rječnik	51

O PROJEKTU

- ukratko -

Akronim:
RE-forMS

Šifra projekta:
UIP-2020-02-7363

Vrsta projekta:
Znanstveno-istraživački

Financijer:
HRZZ - Hrvatska zaklada za znanost

Detalji financiranja:
UIP - Uspostavni istraživački projekti

Ukupan iznos financiranja projekta:
263.985,67 eura

Trajanje projekta:
31. 12. 2020. - 30. 12. 2025.

Ustanova:
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek

O PROJEKTU

- tim -

Voditelj projekta:

izv. prof. dr. sc. Ivan Kraus*

Članovi istraživačkog tima:

izv. prof. dr. sc. Ivana Brkanić Mihić*

dr. sc. Mihaela Domazetović*

doc. dr. sc. Marin Grubišić*

izv. prof. dr. sc. Dario Ijkić**

doc. dr. sc. Jelena Kaluđer*

dr. sc. Lucija Kraus*

izv. prof. dr. sc. Paulina Krolo***

Petra Olić Miloš*

dr. sc. Ana Perić Fekete*

doc. dr. sc. Ivana Varga**

* Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek

** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

*** Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci



O PROJEKTU

- opis -

Zemljane kuće rješavaju pitanje stanovanja za 30 posto svjetske populacije. Dostupni dokazi ističu baranjske zemljane kuće kao najbolja ostvarenja hrvatskog seljačkog graditeljstva, a hrvatske tradicijske zemljane kuće svrstavaju u narodno bogatstvo jer utjelovljuju autentičnost. Iako prisutne, zemljane kuće u Hrvatskoj su napuštene, a kao domovi za suvremeno stanovanje se zaobilaze zbog povezivanja sa siromaštvom. Iako superiorna u pogledu ekološkog i održivog građenja, zemljin Kriptonit su mala krutost i niska čvrstoća. Hrvatska je smještena na trusnom području gdje je nužno projektirati potresno otporne kuće. No, aktualne norme za projektiranje ne prepoznaju nabijenu zemlju kao nosivi element te time ne podržavaju građenje novih ili rekonstrukcije postojećih zemljanih kuća.

Glavna hipoteza projekta utjelovljuje sinergiju suvremenog oblikovanja armiranobetonskih zidova i tradicionalnog građenja nabijenom zemljom. Terenskim istraživanjima će se prikupiti podatci i uzorci iz zemljanih kuća. Kontroliranim uzgojem i ispitivanjem svojstava više ratarskih kultura će se odrediti prirodna vlakna za strateško ojačavanje zidova od nabijene zemlje. Eksperimentalno će biti ispitana mehanička svojstva stabljika različitih ratarskih kultura za mikroarmaturu, a analogija armiranja betonskih zidova će biti primijenjena na nabijenu zemlju. U laboratorijima će se odrediti svojstva tradicijskih zemljanih uzoraka prikupljenih na terenu te poboljšanih i prirodnim vlaknima ojačanih zemljanih mješavina. Eksperimentalnim ispitivanjima zidova i modela kuća od nabijene zemlje istražiti će se njihovo toplinsko ponašanje te ponašanje na simulirano potresno djelovanje. Mjereni podatci će biti korišteni za studije primjenom nelinearnih računalnih simulacija.

Projekt je transformacijski s očekivanim učinkom na očuvanje kulturne baštine, poticanje održivog građenja te izradu normi za projektiranje kuća od nabijene zemlje u potresno aktivnim područjima.

O PROJEKTU

- ciljevi -

C1

Uspostaviti interdisciplinarni istraživački tim, osigurati stimulativno istraživačko okruženje za razvoj neovisnih istraživačkih karijera prije i nakon stjecanja titule doktora znanosti te opremiti i nadograditi postojeću opremu laboratorija pri Građevinskom i arhitektonskom fakultetu Osijek radi stvaranja lokalne istraživačke platforme za inoviranje i razvoj potencijala nabijene zemlje.

C2

Istražiti i odrediti fizikalna, mehanička i toplinska svojstva tradicijskih i probnih zemljanih mješavina za odabir optimalnih mješavina za projektiranje kuća u potresno aktivnim područjima te kroz višegodišnja ispitivanja istražiti utjecaj starenja na promatrana svojstva.

C3

Ekperimentalnim ispitivanjima i primjenom nelinearnih numeričkih simulacija ponašanja modela zidova i kuća pri djelovanju imitiranog potresnog opterećenja razviti stratešku raspodjelu optimalnih zemljanih mješavina različitih svojstava i udjela prirodnih vlakana za projektiranje novih i obnovu postojećih zemljanih kuća u potresno aktivnim područjima.

C4

Na razini nosivih elemenata i modela kuća eksperimentalno istražiti toplinska svojstva tradicijskih i poboljšanih zemljanih mješavina za građenje nabijenom zemljom u svrhu poticanja građenja novih ekološki prihvatljivih i energetske učinkovitih kuća.



C5

Usporedbom svjetskih norma i primjenom novih znanja razvijenih u okviru projekta izraditi preporuke i smjernice za projektiranje novih i obnovu postojećih konstrukcija od nabijene zemlje u potresno aktivnim područjima, usmjerene na nadopune i poboljšanja aktualnih hrvatskih norma.



C6

Izraditi javno dostupnu bazu eksperimentalno dobivenih podataka za buduće kalibriranje, validacije i verifikacije numeričkih i analitičkih modela, provedbe statističkih analiza i parametarskih studija na numeričkim modelima za unaprjeđenja i razvoj norma za projektiranje.



C7

U svrhu nastavka znanstvenoga razvoja članova istraživačke skupine i osiguranja održivosti istraživačke skupine te stvaranja mogućnosti provođenja istraživanja i nakon završetka projekta, izraditi i uputiti novi projektni prijedlog za vrednovanje drugim kompetitivnim izvorima financiranja.



C8

Istražiti utjecaj biljne vrste te mineralne gnojidbe na parametre stabljike i koncentraciju kemijskih elemenata radi odabira optimalne ratarske kulture za ojačavanje zemljanih zidova.



C9

Promicati rezultate projekta dobivene eksperimentalno i provedbom nelinearnih numeričkih analiza te širiti novo znanje i iskustvo putem radionica i mini-simpozija u organizaciji Re-forMS tima.

ZEMLJANE KUĆE U SVIJETU



Tlo se kroz povijest, a često i danas koristi kao građevni materijal na svim kontinentima osim Antartike. Od tla su izvedeni mnogi objekti, počev od obiteljskih kuća, gospodarskih objekata pa sve do onih vjerskih i trgovačkih.

U Kini su osim kuća i gospodarskih objekata, dijelovi kineskog zida također izrađeni tehnikom nabijanja zemlje. Osim toga, i dijelovi sporednih građevina uz piramide u Egiptu građeni su primjenom tla, konkretno ćerpiča. Spomenute građevine izgrađene su prije više od 2000 godina, a njihovi dijelovi se mogu vidjeti i danas. To dovoljno svjedoči o trajnosti zemljane arhitekture. Uz to, valja istaknuti da se značajan broj povijesnih zemljanih građevina nalazi na popisu UNESCO-ove Svjetske baštine.

Oko 1830. godine u Njemačkoj je izgrađena stambena zgrada na šest katova sa zidovima od nabijene zemlje. Ovo je jedan izvrstan primjer domišljatosti i učinkovite primjene ekološki prihvatljivog materijala za građenje životnog prostora. Moderne primjere kuća, osim u Njemačkoj, moguće je pronaći u Austriji, Francuskoj, Indiji i Australiji. Upravo su u Australiji konstrukcije od nabijene zemlje česte (npr. muzeji, galerije i vinarije) jer izvrsno reguliraju temperature unutar prostorija, čineći ih ugodnim za boravak ili skladištenje proizvoda koje je potrebno čuvati na relativno niskim temperaturama. Tlo je moguće miješati s cementom kako bi zidovi od nabijene zemlje imali veću čvrstoću i nosivost, te je tako moguće izgraditi zidove visoke i do 12 metara. Navedene karakteristike kuća od tla, sve veća svijest čovječanstva o potrebi očuvanja okoliša te prelasku na održivo građenje ukazuju na to da će se ovaj građevni materijal u budućnosti još više koristiti.

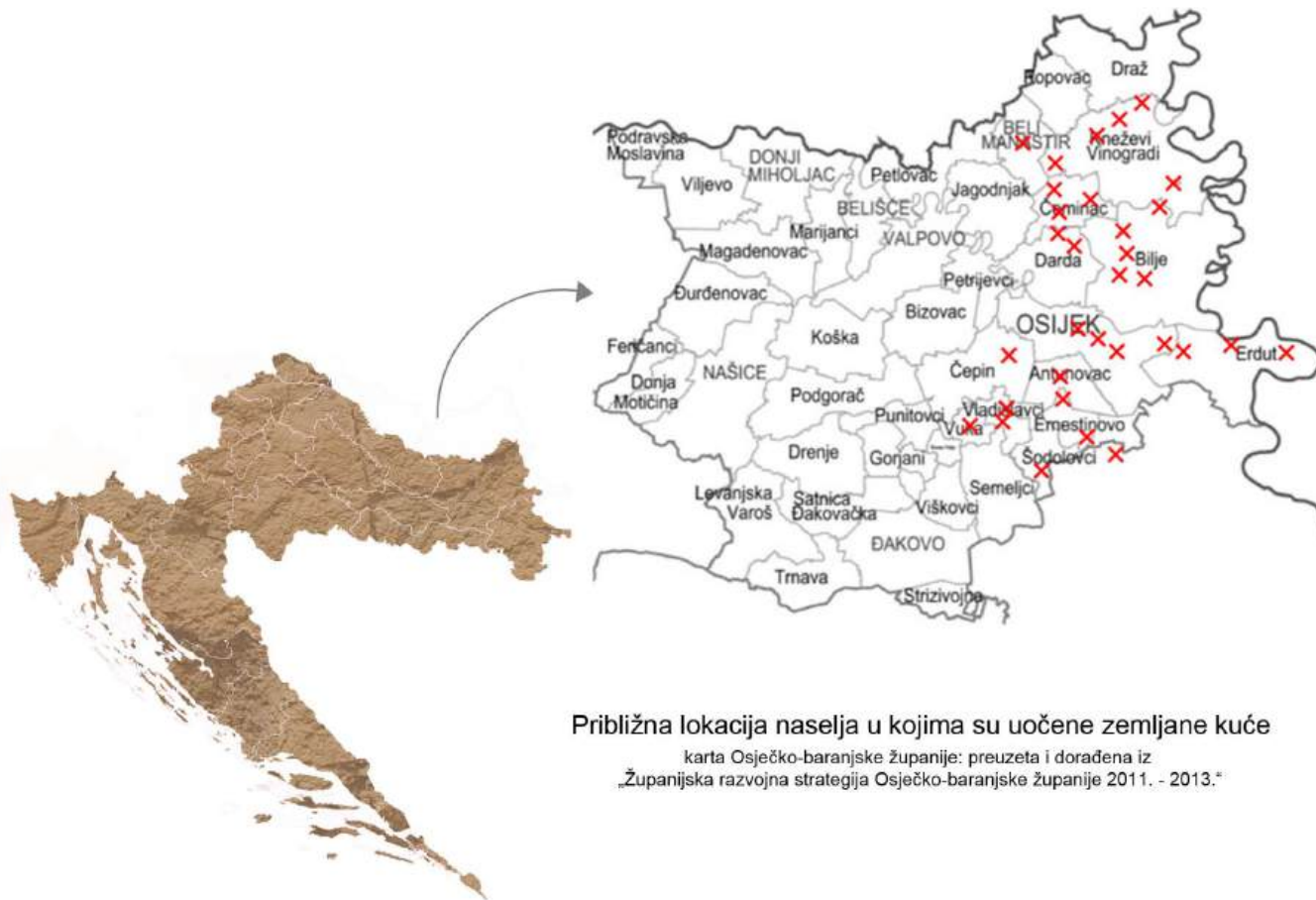
ZEMLJANE KUĆE U HRVATSKOJ

Slavonsko i baranjsko selo karakteriziraju ulice flankirane nizom od oko 25 metara širokih, a ponekad i preko 100 metara dugih pravokutnih parcela, najčešće orijentiranih u smjeru istok-zapad. Tradicijska kuća je, također, izduženog oblika, najčešće izgrađena kao objekt u kojemu se prostorije nižu jedna za drugom, u većini slučajeva povezanih s južno orijentiranim trijemom. Promatrajući stare kuće slavonsko-baranjskih sela može se uočiti jako velik broj izduženih kuća sa zabatom orijentiranim prema ulici. U manjem, ali ne zanemarivom broju zastupljene su i kuće koje su svojim dužim pročeljem paralelne s ulicom. Ostalih oblika kuća, u obliku tzv. ključa, u obliku slova „E“ ili „U“ puno je manje.

Zbog nemogućnosti gradnje kuća od trajnijih materijala poput kamena, kao glavni građevinski materijal upotrebljavala se zemlja. Nosivi zidovi kuća su građeni od nabijene zemlje (ove se kuće nazivaju i nabijačama), ćerpiča, a kasnije i opeke.

Terenskim istraživanjem je obuhvaćeno 31 naselje i 2 grada iz 12 općina Osječko-baranjske županije te jedno naselje iz Općine Tordinci u Vukovarsko-srijemskoj županiji. Na području Slavonije identificirano je 136 zemljanih objekata, dok ih je u Baranji 283. Dio objekata je izveden: u kombinaciji ćerpiča i opeke, ćerpiča i nabijene zemlje te samo od nabijene zemlje.

Na području Baranje ukupno su uočene 62 nabijače. Najviše zastupljenih je na području Općine Kneževi Vinogradi (ukupno 46), dok je deset i više nabijača u naseljima Kneževi Vinogradi i Karanac. Na području Slavonije uočene su 44 nabijače. Naselja s deset i više kuća od nabijene zemlje su: Tenja (Grad Osijek) i Bijelo Brdo (Općina Erdut).



Približna lokacija naselja u kojima su uočene zemljane kuće

karta Osječko-baranjske županije: preuzeta i dorađena iz
„Županijska razvojna strategija Osječko-baranjske županije 2011. - 2013.“

IZVOĐENJE ZEMLJANIH KUĆA



izvor ilustracije: Keable, J. i Keable, R. (2011), Rammed Earth Structures. A Code of Practice, Practical Action Publishing, Rugby, str.7

Kuće i gospodarski objekti čiji su zidovi izrađeni od nabijene zemlje (kolokvijalno nazvani nabijače) gradile su se na povišenim lokacijama radi zaštite od poplava. Iako se kao osnovni materijal za građenje zidova koristi tlo, zanimljivo je da se u razgovoru i pismu ustalio izraz nabijena zemlja.

Zidovi od nabijene zemlje izvode se nabijanjem mješavine tla, dodataka (npr. slame, industrijske konoplje, trske, loze ili pljeve) i vode, najčešće u drvenoj, a rjeđe i u čeličnoj oplati. Nabijanje se provodi na rastresitim slojevima materijala približne debljine 15 centimetara. Mješavina usipana u oplatu prvo se gazi, a potom se zbija drvenim ili čeličnim nabijačem. Zbijeni sloj mješavine najčešće ima debljinu između 5 i 10 cm, dok su zidovi najčešće debljine od 40 do 70 cm. Tlo prikladno za građenje zidova od nabijene zemlje često se dobiva na dubinama većim od 3 metra (kopanjem podruma, bunara), dok tlo s površine nije prikladno jer sadrži značajan udio organske tvari.

Mješavina prikladnog tla, dodatka i vode miješala se u prethodno pripremljenoj rupi, obično promjera oko 3 metra. Tako pripremljena mješavina prije ugradnje stajala bi oko 24 sata, kako bi se tlo dobro proželo vodom. Da bi mješavinu bilo moguće kvalitetno ugraditi te kako bi postizala što veću moguću čvrstoću po uklanjanju oplata, bilo je nužno odrediti optimalnu količinu vode. Danas za to postoje normirane procedure, no nekada se optimalna vlažnost mješavine određivala 'od oka' (gruda od vlažne mješavine tla, dodatka i vode, ispuštala bi se s visine od 1,5 metra na tvrdu i ravnu podlogu).

Slama, industrijska konoplja ili pljeva dodavali bi se u mješavinu tla i vode kako bi se minimiziralo površinsko raspucavanje zidova prilikom sušenja. No, danas znanstvena istraživanja potvrđuju da dodatak određenih biljnih vlakana može povećati otpornost zidova na, primjerice, djelovanje potresa.

Nakon uklanjanja oplata, na očvršle zidove rukom bi se u više slojeva nanosilo blato, tj. vlažna i žitka smjesa gline i praha (žbukanje zidova blatom). Ovisno o vrsti minerala koji prevladava u smjesi kojom bi se žbukao zid, dovršena i osušena površina bi bila smeđa, siva ili crvena. Tradicijska kuća od nabijene zemlje, karakteristična za područje Slavonije i Baranje gradila se između dva i tri tjedna, dok je očvršćivanje zida trajalo i do dvije godine.

KONSTRUKCIJA

Terenskim istraživanjem detektirano je više od 400 zemljanih objekata. Jedna od obiteljskih kuća prikazana je u nastavku kroz snimak postojećeg stanja.

Objekti su bili većinom stambene ili gospodarske namjene. Danas ih je većina napuštena ili se koriste kao pomoćni gospodarski objekti. Iako je velika većina objekata u lošem građevinskom stanju, mogu se uočiti neke njihove sličnosti i karakteristike:

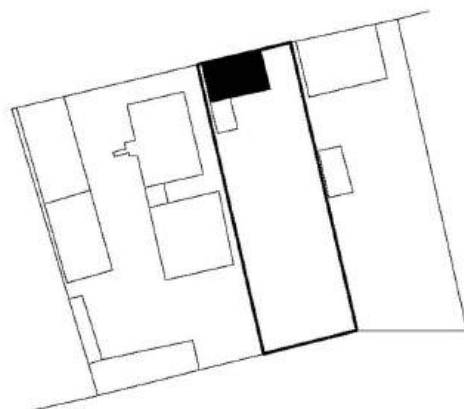
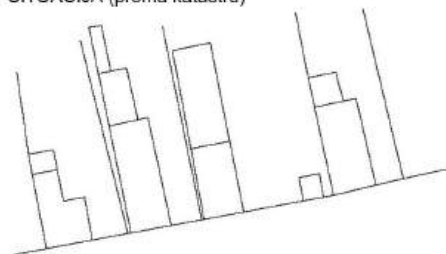
ulaz:	od jugozapada do istoka
nosiva konstrukcija:	zidovi od nabijene zemlje
raspon zidova:	370-566 cm (prosjeak 430 cm)
debljina nosivih zidova:	40-50 cm (prosjeak 47,5 cm)
materijali:	zidovi – nabijena zemlja i ćerpič podnožje – opeka stupovi – opeka i ćerpič strop – drveni grednik krovište – dvostrešno drveno podroženičko krovište



KUĆA U ALJMAŠU

Aljmaš, Zlatna ulica
stambeni objekt - nabijača

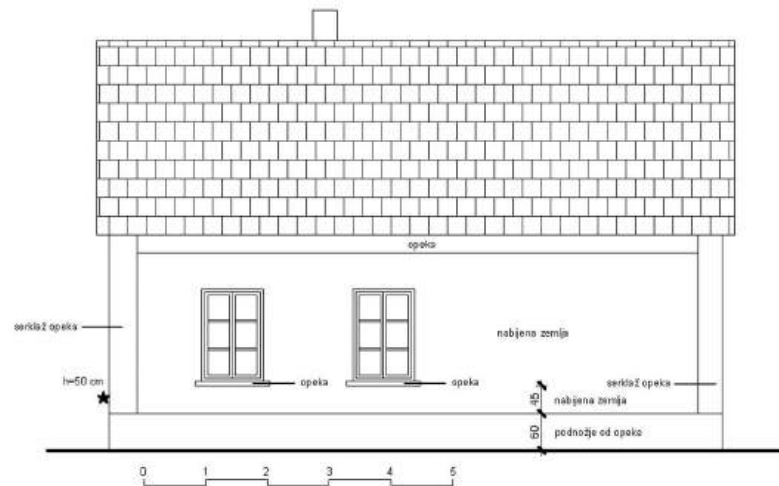
SITUACIJA (prema katastru)

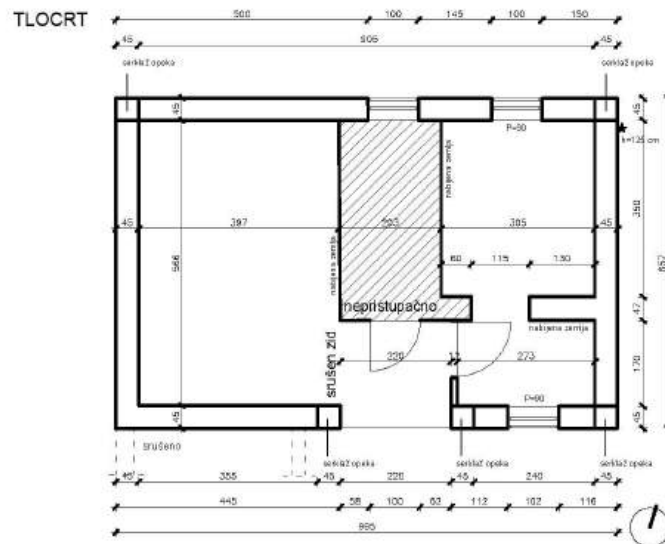


0 10 20 30 40 50

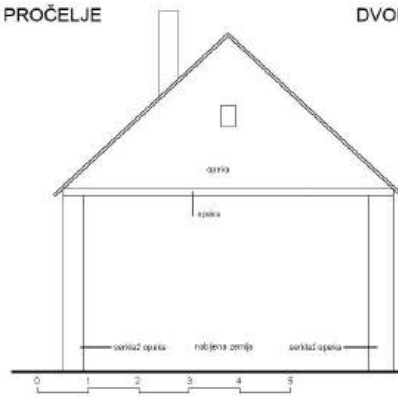


ULIČNO (SJEVERNO) PROČELJE

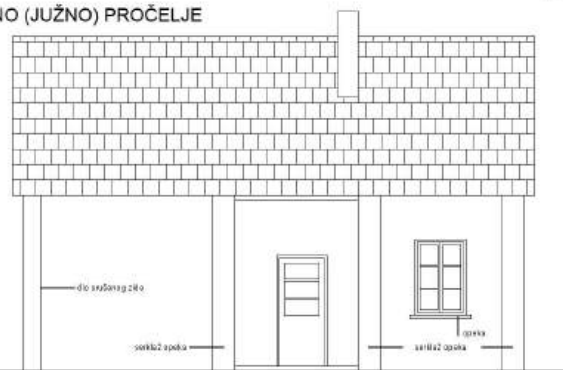




ISTOČNO PROČELJE



DVORIŠNO (JUŽNO) PROČELJE







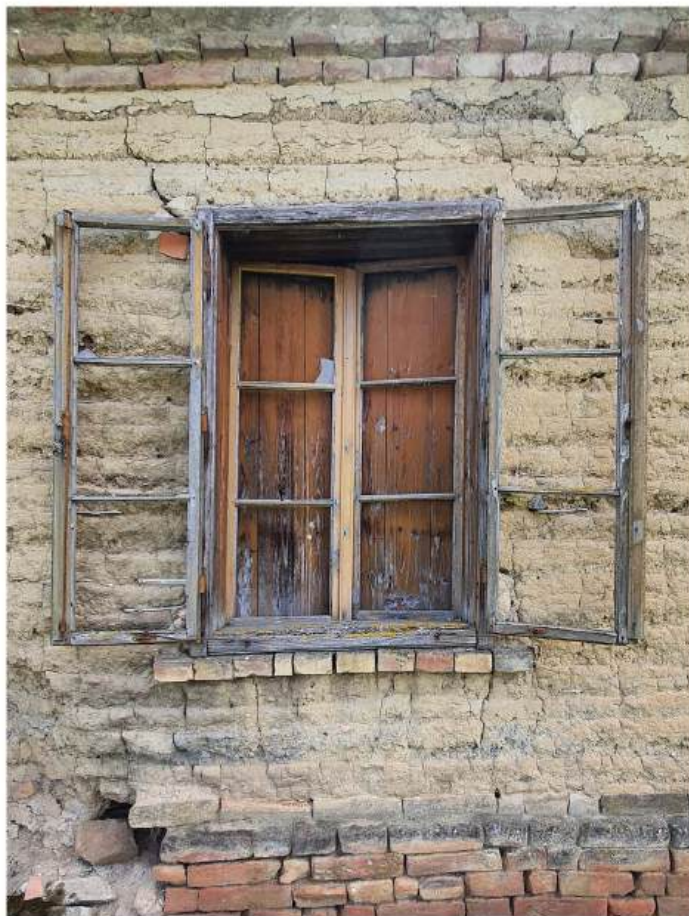
O KUĆI:

Kuća je pravokutnog tlocrtnog oblika, sastoji se od tri prostorije i ulazne niše. Dio kuće (srednja prostorija) je nepristupačan.

Vanjski zidovi do visine od 60 cm, te njihov završetak u visini od 30 cm, kao i zabatni zidovi iznad drvenog stropa izvedeni su od pečene opeke. Svi ostali dijelovi vanjskih zidova i unutarnji zidovi izvedeni su od nabijene zemlje u slojevima visine od 10 cm. Debljina vanjskih zidova je 45, a unutarnjih 47 cm. Vanjski zidovi su u svojim uglovima ojačani „vertikalnim serklažem“ od opeke približne širine 45 cm.

Strop je izveden kao drveni grednik, a nosi dvostrešno drveno roženičko krovništvo. Pokrov je crijep. Kuća ima dva prozora na sjeveru, i jedan na jugu. Ispod svakog prozora izveden je red opeke, a nadvoji su drvene daske približne debljine 4 cm.

Kuća je u dotrajalom stanju. Jedan od zidova ulazne niše je srušen, žbuka je otpala s cijelog sjevernog pročelja, vidljive su pukotine.



PROJEKT KROZ FOTOGRAFIJU



Terensko istraživanje: detektiranje, mapiranje i dokumentiranje kuća od nabijene zemlje



Njega uzoraka za određivanje fizikalnih i mehaničkih svojstava nabijene zemlje



Ispitivanje posmične čvrstoće tla



Ispitivanje tlačne čvrstoće



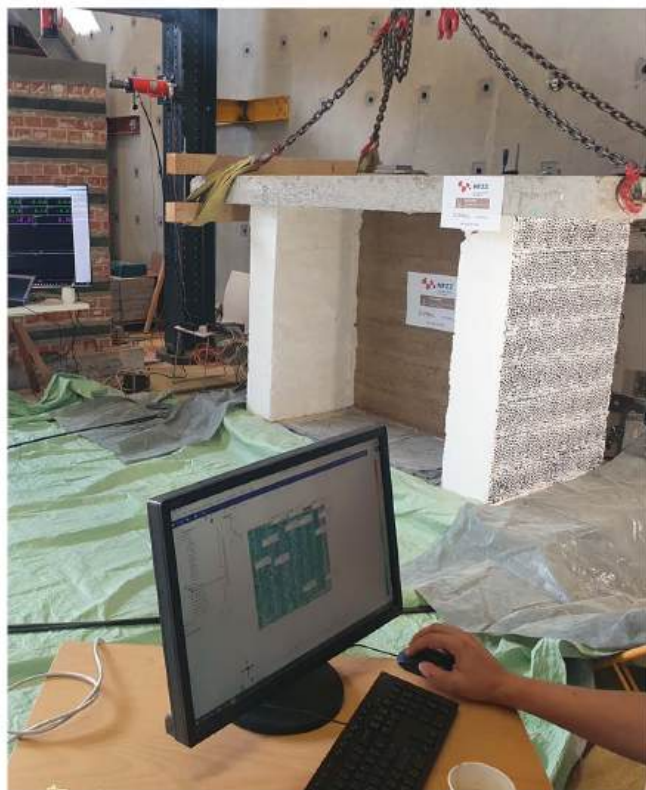
Uzorci za ispitivanje toplinske provodljivosti zemlje



Bilježenje deformacija zemljanog zida pri cikličkom djelovanju



Ispitivanje ravnog zemljanog zida na simulirano djelovanje potresa



Ispitivanje zemljanog C-zida



Uzorak zemlje snimljen elektronskim mikroskopom (uvećanje x 1000)



Model zemljane kuće s tradicijskom stropnom konstrukcijom



Model zemljane kuće za ispitivanje na potresnom stolu

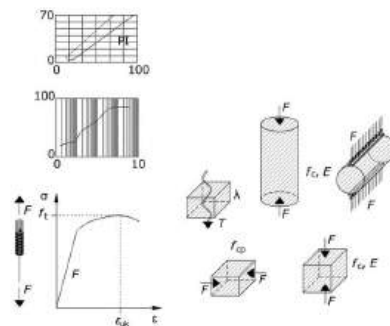
SAŽETCI RADOVA

izv. prof. dr. sc. Ivan Kraus: Projekt RE-forMS: kontekst, pristup i tim	26
izv. prof. dr. sc. Ivana Brkanić Mihić: Tradicionalne kuće od nabijene zemlje u Slavoniji i Baranji: terensko istraživanje i katalog kuća	28
Petra Olić Miloš, mag. ing. aedif: Eksperimentalna karakterizacija mehaničkih svojstava zemljanih mješavina za tradicijske konstrukcije u Hrvatskoj	30
doc. dr. sc. Jelena Kaluđer: Fizikalna svojstva tla iz kuća od nabijene zemlje u Hrvatskoj	32
dr. sc. Ana Perić Fekete: Potresno ponašanje tradicijskih zidova od nabijene zemlje s područja istočne Hrvatske	34

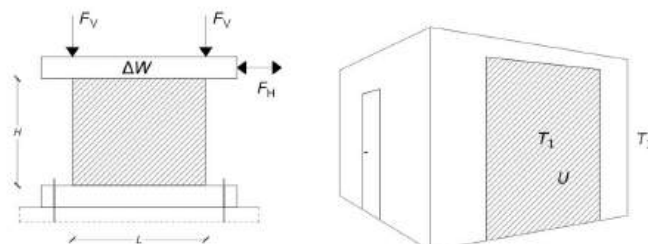
doc. dr. sc. Ivana Varga:	
Morfološke karakteristike i sadržaj makroelemenata, hemiceluloze, celuloze i lignina u stabljici industrijske konoplje ovisno o predstetvenoj gnojdbi kalijem	36
izv. prof. dr. sc. Dario Iljkić:	
Potencijal korištenja stabljike žitarica u nabijenoj zemlji	38
izv. prof. dr. sc. Paulina Krolo:	
Mehanička svojstva vlakana žitarica za ojačanje zidova od nabijene zemlje	40
dr. sc. Lucija Kraus:	
Promjene koeficijenta toplinske provodljivosti zemljanih mješavina tijekom vremena	42
dr. sc. Mihaela Domazetović:	
In-situ ispitivanja U-vrijednosti zidova od nabijene zemlje	44
izv. prof. dr. sc. Ivan Kraus:	
Osvrt i poruka: znanje za sanacije, obnovu i nove kuće	46

Projekt RE-forMS: kontekst, pristup i tim

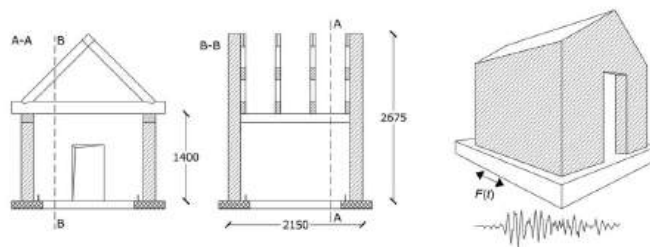
1



2



3



Ključne riječi: nabijena zemlja; tradicijske kuće;
potresna otpornost; numeričko modeliranje;
laboratorijska ispitivanja.

RE-forMS je petogodišnji uspostavni projekt (UIP-2020-02) koji odgovara na potrebu Hrvatske: stvoriti znanje, podatke i alate za sigurno i održivo korištenje nabijene zemlje u potresno aktivnim područjima. Tradicijske zemljane kuće vrijedan su dio baštine, ali ne postoje hrvatske norme koje bi omogućile njihovo sustavno saniranje niti gradnju novih, iako je zemlja gradivo s niskom ugrađenom energijom i potencijalom za održivo stanovanje. Zato je oblikovan okvir koji spaja terenska snimanja, laboratorijska ispitivanja, numeričko modeliranje i evaluaciju toplinskih svojstava, te istraživanje mikroarmature prirodnim vlaknima. Projekt okuplja interdisciplinarni tim GrAFOS-a, FAZOS-a i Građevinskog fakulteta u Rijeci; istraživanja se provode na postojećoj i novoopremljenoj infrastrukturi.

Metodologija je oslonjena na aktualne norme: određuju se fizikalna, mehanička i toplinska svojstva tradicijskih i probnih mješavina; 12 zidova ispituje se ciklički u ravnini, šest zidova ugrađuje se u komoru za mjerenje zrakopropusnosti i koeficijenta prolaska topline, a dva modela kuće ispituju se na potresnom stolu; paralelno se provode nelinearne statičke i dinamičke analize za kalibraciju i verifikaciju modela.

Ciljevi obuhvaćaju: uspostavu istraživačke platforme, karakterizaciju zemljanih mješavina, razvoj optimalnih receptura i raspodjele materijala uz prirodna vlakna, istraživanje toplinskih svojstava, izradu smjernica usklađenih s Eurokodom, javnu online bazu podataka i nove prijave te sustavnu diseminaciju kroz radionice, simpozije i publikacije. Kvantitativno, plan uključuje približno 945 uzoraka mehaničkih svojstava, 153 uzorka toplinske provodljivosti, 12 zidova opterećenih ciklički, 6 zidova u komori te 2 modela kuća na potresnom stolu, uz višegodišnje praćenje utjecaja starenja mješavina i biljnih vlakana. Takvim integriranim planom RE-forMS pretvara tradicijsku gradnju od zemlje u suvremeni, mjerljiv i primjenjiv sustav znanja – od procjene pouzdanosti postojećih kuća do projektiranja novih, otpornijih i energetski učinkovitijih konstrukcija. Rezultati se objavljuju kao javno dostupne baze podataka i izvješća, znanstveni radovi u časopisima otvorenog pristupa te nacrt smjernica i preporuka za projektiranje i modeliranje zidova, a projekt predviđa radionice i mini-simpozij radi transfera znanja prema struci i zajednici.

Tradicijske kuće od nabijene zemlje u Slavoniji i Baranji značajna su ostvarenja hrvatskog tradicijskog graditeljstva. Ove kuće predstavljaju vrijedan segment ruralne arhitekture te svjedoče o tradiciji lokalne gradnje koja je prilagođena dostupnim prirodnim resursima, lokalnim uvjetima i klimi.

Terenskim istraživanjem provedenim u razdoblju od ožujka 2021. do siječnja 2024. godine obuhvaćena su 32 naselja na području 12 općina Osječko-baranjske županije te Općine Tordinci u Vukovarsko-srijemskoj županiji. Vizualnim pregledom identificirano je ukupno 419 zemljanih objekata od kojih 106 ima zidove od nabijene zemlje. Za 22 kuće dobivena je dozvola za detaljni pregled, a za njih 12 učinjen je snimak postojećeg stanja. Sve kuće su fotografirane, skicirani su njihovi karakteristični građevinski elementi, a podatci o njihovoj konstrukciji, dimenzijama i materijalima su uneseni u unaprijed pripremljene obrasce.

Na temelju prikupljenih podataka izrađen je katalog kuća od nabijene zemlje koji sadrži 12 kataloških jedinica. Informacije o svakoj kući nalaze se sistematizirane unutar šest cjelina: 1) opći podatci; 2) podatci o lokaciji; 3) arhitektonski snimak koji za svaku kuću uključuje minimalno tlocrt te presjek ili jedno pročelje; 4) arhitektonsko-urbanistički podatci o objektu - površina, katnost, pozicija ulaza, osvjetljenje i sl.; 5) konstrukcijsko-tehnički podatci o konstrukcijskom sustavu, najvećem rasponu, dimenzijama, tipu stropne i krovne konstrukcije, materijalima; 6) opis građevine s fotografijama.

Sistematizirani podatci daju uvid u trenutno arhitektonsko i građevinsko stanje kuća od nabijene zemlje i daju vrijedne podatke o njihovoj prostornoj organizaciji, dimenzijama, načinu gradnje te korištenim građevnim materijalima. Podatci se mogu koristiti u svrhu očuvanja, obnove i zaštite kuća od nabijene zemlje, kao i u edukacijske svrhe jer su kuće od nabijene zemlje ključni dio materijalnog kulturnog naslijeđa Slavonije i Baranje čije je očuvanje od iznimne važnosti za zaštitu identiteta i tradicije lokalne zajednice. Izrađeni katalog kuća od nabijene zemlje planira se proširivati kroz nova terenska istraživanja jer samo sustavno proučavanje, dokumentiranje te konzervacija kuća od nabijene zemlje jamči njihovo očuvanje te omogućuje prijenos znanja o njihovoj gradnji budućim generacijama.

Petra Olić Miloš, mag. ing. aedif.

Eksperimentalna karakterizacija mehaničkih svojstava zemljanih mješavina za tradicijske konstrukcije u Hrvatskoj

Ključne riječi: nabijena zemlja; zemljane mješavine;
mehanička svojstva; tlačna i vlačna čvrstoća; modul
elastičnosti; laboratorijska ispitivanja.



Tradicijske kuće od nabijene zemlje predstavljaju vrijedan i sve rjeđi segment hrvatske arhitektonske baštine. Mnoge od njih još su u upotrebi, često preuređene u ugostiteljske svrhe, ali kvaliteta takvih intervencija nerijetko je upitna. Istodobno, brojne zemljane građevine zapuštene su i postupno nestaju zbog nedostatka svijesti o njihovoj kulturnoj i građevinskoj vrijednosti. U potresno aktivnom području poput Hrvatske, razumijevanje njihove mehaničke otpornosti i ponašanja tijekom potresa postaje nužno za sigurnu obnovu i očuvanje.

Cilj provedenog istraživanja bio je eksperimentalno ispitati fizikalno-mehanička svojstva sedam zemljanih mješavina starosti 24 mjeseca (720 dana), kako bi se definirali referentni parametri za numeričke modele. Analizirane mješavine razlikovale su se po sastavu: jedna je sadržavala vapno, jedna reciklirani zemljani materijal, dvije su bile ojačane usitnjenim stabljikama pšenice i industrijske konoplje, dok su dvije izrađene primjenom lokalno dostupnog tla. Sve su imale više od 30 posto čestica gline i praha, uz različite udjele pijeska i šljunka.

Uzorci (kocke $15 \times 15 \times 15$ cm, valjci 15×30 cm, prizme $4 \times 4 \times 16$ cm) su ispitani radi utvrđivanja tlačne i vlačne čvrstoće te modula elastičnosti. Prije ispitivanja provedena je njega uzoraka (105°C , 24 h). Ispitivanja su provedena koristeći univerzalni uređaj Shimadzu AG-X (300 kN i 50 kN), nakon njege u kontroliranim uvjetima ($50 \pm 5\%$ RH, $20 \pm 5^\circ\text{C}$).

Tlačne čvrstoće kretale su se od 0,79 do 2,97 N/mm² (srednja vrijednost 1,99 N/mm²), vlačne od 0,06 do 3,58 N/mm² (srednja vrijednost 0,78 N/mm²). Prosječne vrijednosti modula elastičnosti bile su 103 N/mm² (kocke), 168 N/mm² (valjci) i 68 N/mm² (prizme), dok je metodom digitalne korelacije slike (sustavom Aramis) zabilježen modul elastičnosti i do 4000 N/mm².

Uočeno je znatno rasipanje rezultata i osjetljivost materijala, što upućuje na potrebu za standardizacijom postupaka. Dobiveni podatci predstavljaju važan temelj za daljnje numeričke analize i procjenu faktora ponašanja zemljanih konstrukcija u potresnim uvjetima, čime će se pridonijeti razvoju nacionalnih smjernica za sigurnu obnovu tradicijskih zemljanih kuća te održivu gradnju.

Fizikalna svojstva tla iz kuća od nabijene zemlje u Hrvatskoj

Ključne riječi: nabijena zemlja; fizikalna svojstva tla;
granulometrijski sastav; Atterbergove granice;
tradicijska gradnja; istočna Hrvatska.



Kuće od nabijene zemlje tradicionalno su se u prošlosti gradile na području istočne Hrvatske. Odabir materijala i znanja potrebna za gradnju prenosila su se s koljena na koljeno, stoga danas postoji malo zapisa vezanih uz gradnju takvih kuća. Prilikom odabira tla potrebno je voditi računa o odgovarajućem granulometrijskom sastavu, Atterbergovim granicama, udjelu organskih tvari i ostalim svojstvima tla.

Budući da ne postoji norma za područje Republike Hrvatske vezana uz gradnju i/ili obnovu kuća od nabijene zemlje s kriterijima za odabir prikladnog tla, provedena su ispitivanja na uzorcima iz više kuća od nabijene zemlje u sklopu znanstvenog projekta „Nabijena zemlja za modeliranje i normizaciju u potresno aktivnim područjima – RE-forMS“ kako bi se dobio uvid u svojstva tala korištenih za gradnju. Na pojedinim objektima uzorkovanje je bilo otežano pa su provedena ispitivanja za samo neka fizikalna svojstva tla.

Dobiveni rezultati granulometrijskog sastava tla pokazali su kako je korišteno tlo s visokim udjelom praha i gline te najvećim zrnem u rasponu od 4 do 16 mm za promatrane objekte. Usporedbom granulometrijskog sastava tla iz promatranih kuća od nabijene zemlje s rezultatima objavljenim u literaturi, uočena su znatna odstupanja u udjelu krupnozrnih tala koja su znatno manje zastupljena na promatranim uzorcima s područja istočne Hrvatske. Granice tečenja i plastičnosti na promatranim uzorcima tla bile su u granicama vrijednosti objavljenih u literaturi, dok je udio organskih tvari za pojedine uzorke bio nešto viši nego li je objavljeno za druge objekte od nabijene zemlje.

Navedenim usporedbama se željelo vidjeti kolika su odstupanja pojedinih fizikalnih svojstava tla iz kuća od nabijene zemlje s područja istočne Hrvatske te primjenjivost preporuka i norma dostupnih za druga područja. I usporedbom rezultata s pojedinim preporukama zaključeno je da veći dio promatranih tala nema zadovoljavajući granulometrijski sastav i udio organskih tvari. Budući da su promatrani uzorci tla uzeti iz objekata od nabijene zemlje koji se ili koriste ili mogu koristiti, može se zaključiti da je za područje istočne Hrvatske potrebno razmotriti uvođenje drugih kriterija vezanih za granulometrijski sastav tla, dok se za Atterbergove granice mogu preuzeti kriteriji objavljeni u literaturi.

Potresno ponašanje tradicijskih zidova od nabijene zemlje s područja istočne Hrvatske

Ključne riječi: nabijena zemlja; potresno ponašanje;
tradicionalne kuće; eksperimentalno ispitivanje;
numeričko modeliranje; faktor ponašanja; Eurokod 8.



Drevne tehnike zemljane gradnje, nastale prije pojave konvencionalnih građevinskih materijala, ponovno su zaokupile pozornost znanstvene i šire javnosti početkom 21. stoljeća. Kako bi se shvatio napredak u razumijevanju istraživanja zemljanih kuća diljem svijeta, proveden je pregled literature, koji je obuhvatio nekoliko priručnika i normativnih dokumenata te više od 50 istraživačkih radova. Provedeno je istraživanje postojećih zemljanih kuća u istočnoj Hrvatskoj te prikazano pet dokumentiranih kuća i raspravljen njihov prostorni raspored i uporaba, čime je stvorena baza podataka zemljanih kuća istočne Hrvatske. Ključna zapažanja odnose se na razlike u sastavu materijala, dok su plastičnost i tlačna čvrstoća tla u skladu s većinom preporuka. Temeljem pregleda literature i terenskim uvidom definirano je eksperimentalno istraživanje. Četiri zida ispitana su u ravnini, variranjem režima pobude, sastava materijala i razdoblja sušenja, no razlike nisu značajno utjecale na nosivost zidova niti na faktor ponašanja konstrukcije.

Rezultati eksperimenta korišteni su za provođenje validacije numeričkog modela u programu ANSYS. Provedena je parametarska analiza koja se sastoji od 54 numerička modela. Analizirano je ukupno 18 različitih zidnih sustava koji se mogu naći u tradicionalnim (tradicijskim) kućama od nabijene zemlje istočne Hrvatske, primjenom tri razine vertikalnog naprezanja na vrhu zida. Parametarska analiza je pokazala da se zidovi od nabijene zemlje ne bi trebali smatrati samostojećim jedinicama, odvojenim od ostalih zidova u konstrukciji jer bi nosivost i potresna otpornost mogla biti precijenjena. Međutim, duljina poprečnih zidova ne mora biti duža od 50 posto duljine promatranog zida. Određen je faktor ponašanja konstrukcije u iznosu 2.0. Primijenjena su dva pristupa za određivanje krivulja spektra odziva: trenutna generacija Eurokoda 8 te nacrt nove generacije norme. Prema nacrtu nove generacije Eurokoda 8, očekuje se da bi tradicionalni zidovi od nabijene zemlje mogli izdržati intenzitet potresne aktivnosti koje se mogu očekivati u istočnoj Hrvatskoj, ali samo uz najkraći povratni period. Međutim, trenutna generacija Eurokoda 8 daje negativniju procjenu, budući da zidovi od nabijene zemlje nemaju zadovoljavajuće potresno ponašanje u nijednom promatranom slučaju.

Morfološke karakteristike i sadržaj makroelemenata, hemiceluloze, celuloze i lignina u stabljici industrijske konoplje ovisno o predsjetvenoj gnojidbi kalijem

Ključne riječi: industrijska konoplja; kalijeva gnojidba; morfološka svojstva; biljna vlakna; lignocelulozni sastav; ojačanje zemlje.



Industrijska konoplja, kao izvor prirodnog biljnog vlakna, u posljednje je vrijeme privukla sve veću istraživačku pozornost. Gnojidba kalijem je jedna od najvažnijih čimbenika koji utječe na debljinu stabljike, no još uvijek nije jasno kako formulacija K gnojiva utječe na morfologiju stabljike i njezinu vlačnu čvrstoću. Cilj ovoga istraživanja bio je ispitati utjecaj različitih izvora kalijevog gnojiva na svojstva stabljike industrijske konoplje, s posebnim naglaskom na vlakna, kako bi se procijenio njihov potencijal za upotrebu kao materijal za ojačanje nabijene zemlje u održivoj gradnji.

Postavljen je poljski pokus s različitim formulacijama kalijevog gnojiva primijenjenima kao predstetveno gnojivo u sljedećim dozama: K0 — kontrola, K1 — 100 kg ha⁻¹ KCl i K2 — 100 kg ha⁻¹ K₂SO₄. Različita K gnojidba nije imala značajan utjecaj na visinu stabljike (prosječno 71,2 cm) niti na promjer stabljike (prosječno 3,4 mm). U pogledu sadržaja makroelemenata u stabljici industrijske konoplje (N, P i K), tretmani kalijevim gnojivom značajno su utjecali ($p < 0,05$) na njihovu akumulaciju. Prosječni sadržaj N, P i K u stabljici iznosio je 0,78 %, 0,72 % i 1,26 %.

Prosječni sadržaj celuloze, hemiceluloze i lignina nije se značajno razlikovao među tretmanima. Sadržaj celuloze u suhoj tvari stabljike kretao se od 57,8 % (K0) do 59,0 % (K1), hemiceluloze od 11,0 % (K2) do 11,6 % (K0 i K1), a lignina od 10,2 % (K2) do 10,5 % (K0).

Ovo istraživanje daje doprinos razumijevanju utjecaja kalijeve gnojidbe na novije genotipove industrijske konoplje, područje koje je u novije vrijeme nedovoljno istraženo. Budući da industrijska konoplja ima veliki potencijal u različitim industrijskim granama, rezultati također doprinose razvoju ekološki prihvatljivih i obnovljivih materijala na bazi konopljinih vlakana za mješavine s nabijenom zemljom.

Izv. prof. dr. sc. Dario Iljić

Potencijal korištenja stabljike žitarica u nabijenoj zemlji

Ključne riječi: stabljika; pšenica; ječam; raž; zob;
gnojdba; godina ispitivanja.



Žitarice su najvažnija skupina viših biljaka s aspekta posijanih površina i proizvodnje u svijetu. Imaju nezamjenjivu ulogu u prehrani ljudi, ishrani domaćih životinja i služe kao sirovina za mnoge industrije. Glavni razlog uzgoja je dobivanje zrna dobre kvalitete, dok se ostatak biljke koristi na razne načine među kojima upotreba u izgradnji zidova od nabijene zemlje ima važan značaj. Stabljika žitarica je uspravna, cilindričnog oblika i šuplja, a sastoji se od 3 do 6 koljenaca i međukoljenaca. Kako bi mogla biti tolerantna na nepovoljne uvjete uzgoja, karakterizira je istovremeno svojstvo čvrstoće i elastičnosti na koje utječe genetska osnova, agroekološki uvjeti i agrotehničke mjere.

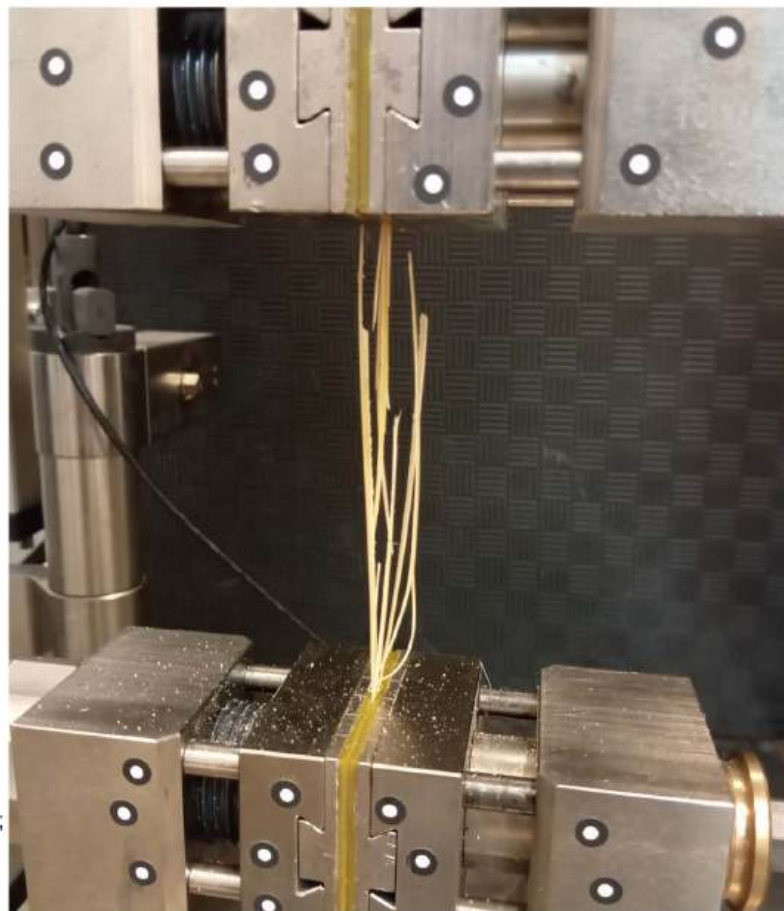
U svrhu odabira optimalne kulture provedeno je višegodišnje istraživanje (2021. - 2024.) u poljskim uvjetima. Ispitivan je utjecaj pšenice, ječma, raži i zobi te mineralne gnojidbe na morfološka svojstva i koncentraciju kemijskih elemenata. Temeljem analize uzoraka utvrđeno je variranje ispitivanih parametara, ovisno o biljnoj vrsti, godini ispitivanja (vremenskim prilikama) i gnojidbi. U prosjeku visina stabljike žitarica je iznosila 83,4 cm, debljina 3,72 mm, a masa stabljike 1,52 g. Najnižu stabljiku je imala pšenica, a zatim ječam, zob i raž, dok je u pogledu promjera najtanju stabljiku imao ječam, a zatim pšenica, zob i raž. Masa stabljike je bila najmanja kod pšenice, a zatim ječma, raži i zobi.

Općenito, stabljike pšenice i ječma su bile niže, tanje i lakše, a raži i zobi teže, deblje i veće. Usvajanjem mineralnih elemenata iz tla moguće je postići bolja svojstva stabljike koja se koriste kao mikroarmatura u zidovima od nabijene zemlje. U provedenom istraživanju stabljike su usvojile u prosjeku 781 mg/kg fosfora (P), 3355 mg/kg kalcija (Ca), 17 173 mg/kg kalija (K) i 0,41% dušika (N). Utvrđene su razlike između godina ispitivanja kao i između tretmana mineralnih gnojiva. Općenito, djelovanje genetske osnove i vanjskih čimbenika utječe na kemijski sastav i morfološki izgled stabljike, a daljnje istraživanje je potrebno kako bi se utvrdilo djelovanje specifičnih sila u zidovima od nabijene zemlje i ponašanje stabljike unutar njih.

Izv. prof. dr.sc. Paulina Krolo

Mehanička svojstva vlakana žitarica za ojačanje zidova od nabijene zemlje

Ključne riječi: vlakna žitarica; pšenica; vlačna čvrstoća;
održiva gradnja; mehanička svojstva; tradicijska
arhitektura.



Vlakna žitarica, poput pšenice, raži, zobi i ječma stoljećima se koriste kao dodatak smjesi tla i vode pri izradi zidova od nabijene zemlje. Osim što doprinose estetskom dojmu i održivosti gradnje, danas se sve više istražuje njihov doprinos mehaničkoj otpornosti zidova, osobito s obzirom na potrebu za seizmičkom otpornošću. Suvremeni zahtjevi za održivim građevinskim materijalima, niskim ugljičnim otiskom i očuvanjem tradicijske arhitekture u seizmički aktivnim područjima istočne Hrvatske potaknuli su istraživanje mehaničkih svojstava vlakana s ciljem njihove primjene kao prirodnih mikroarmatura u konstrukcijama od nabijene zemlje.

U okviru projekta RE-forMS provedena su laboratorijska ispitivanja vlačnih svojstava vlakana navedenih kultura. Uzorci su prikupljeni tijekom vegetacijskih sezona u razdoblju trajanja projekta na pokusnim parcelama u Osijeku. Mehanička ispitivanja provedena su u laboratoriju za konstrukcije Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, na univerzalnom stroju Zwick/Roell Z600 pri konstantnoj brzini pomaka od 0,5 mm/min. Svaki uzorak prethodno je geometrijski karakteriziran, a rezultati su analizirani na temelju dobivenih krivulja sile i pomaka.

Uzorci vegetacijske sezone 2020./2021. pokazali su da pšenična vlakna imaju najvišu prosječnu vlačnu čvrstoću (39,61 MPa) i modul elastičnosti, što ih čini najpogodnijima za primjenu u nosivim dijelovima zidova. Vlakna raži i zobi pokazala su slične vrijednosti (33,50 MPa i 33,72 MPa), ali uz veću varijabilnost. Ječmena vlakna imala su najnižu prosječnu čvrstoću (23,66 MPa), što ograničava njihovu primjenu u konstrukcijama koje zahtijevaju veću otpornost.

Dobiveni rezultati potvrđuju da vlakna žitarica, osobito pšenice, mogu značajno doprinijeti mehaničkoj otpornosti zidova od nabijene zemlje. Njihova primjena omogućuje očuvanje tradicijskih tehnika gradnje, ali i razvoj suvremenih, održivih konstrukcijskih rješenja. Istraživanje pruža temelje za daljnji razvoj bioarmiranih zemljanih konstrukcija te otvara prostor za optimizaciju obrade i tretmana vlakana u svrhu povećanja njihove trajnosti, otpornosti na vlagu i učinkovitosti u realnim uvjetima.

Dr. sc. Lucija Kraus

Promjene koeficijenta toplinske provodljivosti zemljanih mješavina tijekom vremena

Ključne riječi: zemljani materijali; toplinska svojstva; koeficijent toplinske provodljivosti; starenje materijala; održiva gradnja; energetska učinkovitost.



Istraživanje je usmjereno na ispitivanje koeficijenta toplinske provodljivosti (λ) zemljanih materijala radi procjene njihove energetske učinkovitosti i potencijala primjene u suvremenoj održivoj gradnji. Laboratorijsko istraživanje obuhvatilo je: (1) pripremu materijala, (2) izradu uzoraka malih dimenzija ($30 \times 150 \times 150$ mm) te (3) mjerenje toplinskih svojstava. Sva su ispitivanja provedena u laboratorijima Građevinskog i arhitektonskog fakulteta Osijek.

Prikladnost lokalnog tla za izradu uzoraka određena je na temelju ranijih terenskih istraživanja, laboratorijskih analiza i konzultacija s lokalnim graditeljima. Koeficijent toplinske provodljivosti (λ) određen je pomoću instrumenta za mjerenje protoka topline FOX 200, u skladu s normom ISO 8301:1991. Ispitivanja su provedena na pet reproduciranih zemljanih mješavina, pri čemu je za svaku mješavinu pripremljeno po tri uzorka analiziranih u različitim fazama starenja tijekom godinu dana.

Rezultati pokazuju tendenciju povećanja koeficijenta toplinske provodljivosti tijekom vremena, pri čemu je prosječna vrijednost uzoraka na početku iznosila $0,3422 \text{ W/(mK)}$, dok je nakon godinu dana starenja prosječna vrijednost porasla na $0,4901 \text{ W/(mK)}$, što ukazuje na smanjenje izolacijskih svojstava materijala tijekom promatranoga razdoblja.

Dobiveni rezultati naglašavaju važnost razmatranja vremenski ovisnog ponašanja zemljanih materijala pri projektiranju održivih i energetski učinkovitih građevinskih sustava. Pažljiv odabir sastava tla, metoda stabilizacije i uvjeta starenja ključni su za dugoročno očuvanje željenih toplinsko-izolacijskih svojstava, a daljnja istraživanja bit će usmjerena na analizu dugoročnog starenja, optimizaciju sastava mješavina i poboljšanje ukupnih toplinskih performansi materijala.

In-situ ispitivanja U-vrijednosti zidova od nabijene zemlje

Ključne riječi: nabijena zemlja; toplinska svojstva;
U-vrijednost; in-situ mjerenja; nerazorne metode.



Preliminarna eksperimentalna ispitivanja toplinskih svojstava na razini građevnih elemenata obuhvatila su izvedbu i testiranje zida od nabijene zemlje. Cilj istraživanja bio je procijeniti toplinsku učinkovitost zidova od nabijene zemlje te usporediti rezultate dobivene in-situ mjerenjima s teorijskim proračunima. Zidovi su izrađeni u prirodnoj veličini korištenjem tradicijskih tehnika gradnje čime se nastojalo simulirati stvarne uvjete primjene ovog materijala u građevinarstvu. Eksperimenti su provedeni u kontroliranim laboratorijskim uvjetima bez utjecaja vanjskih atmosferskih čimbenika, kako bi se osigurala točnost i ponovljivost rezultata.

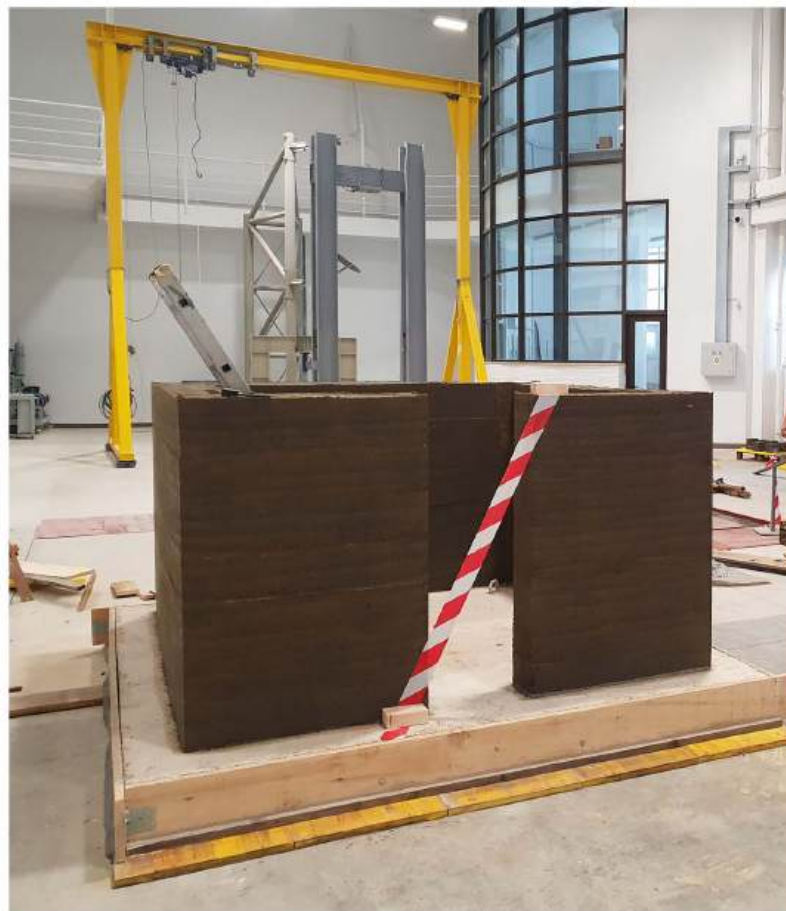
Za određivanje U-vrijednosti korištene su dvije nerazorne in-situ metode: metoda mjerenja protoka topline (engl. Heat Flow Meter Method, HFM) i temperaturna metoda (engl. Temperature Based Method, TBM). Tijekom mjerenja održavana je temperaturna razlika između unutarnjeg i vanjskog prostora, a podatci su se kontinuirano prikupljali tijekom više dana. Rezultati su pokazali da su eksperimentalno dobivene U-vrijednosti znatno veće od onih izračunatih teorijskim putem. Kao glavni uzroci odstupanja identificirani su: sadržaj vlage, način nabijanja te uvjeti očvršćivanja, koji se razlikuju u slučaju malih i velikih uzoraka. Dodatno, gruba i neravna površina zidova predstavljala je izazov pri preciznom postavljanju senzora, što je utjecalo na točnost mjerenja.

Ovi preliminarni rezultati ukazuju na važnost provođenja laboratorijskih i terenskih metoda ispitivanja, kao i na potrebu za dodatnim istraživanjima radi boljeg razumijevanja toplinsko-izolacijskog potencijala zidova od nabijene zemlje u stvarnim uvjetima uporabe.

Izv. prof. dr. sc. Ivan Kraus

Osvrt i poruka: znanje za sanacije, obnovu i nove kuće

Ključne riječi: kuće od nabijene zemlje; numerički modeli; eksperimentalna ispitivanja; normizacija; otvoreni pristup podacima.



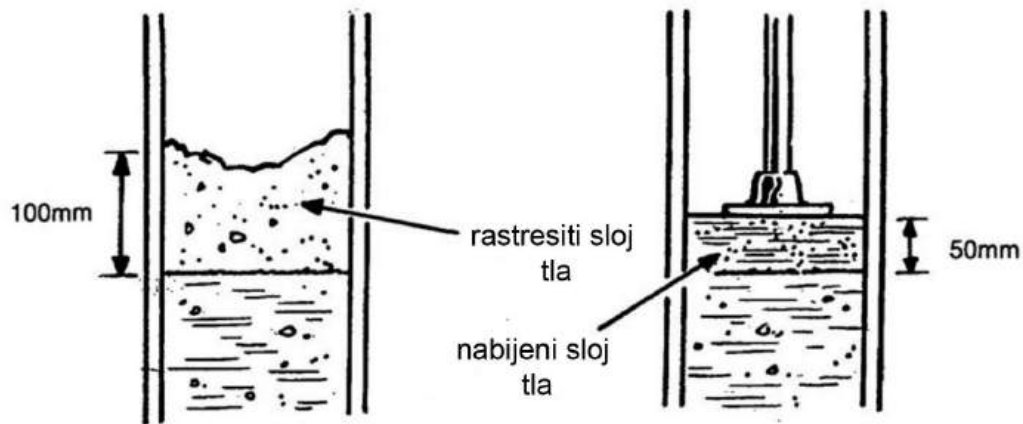
RE-forMS je od početka bio usmjeren na praktičan ishod: omogućiti Hrvatskoj da raspolaže provjerenim znanjem, postupcima i alatima potrebnima za kvalitetnu sanaciju i obnovu postojećih kuća od nabijene zemlje te za promišljenu, sigurnu gradnju novih. To znanje nije apstraktno: ono se gradi na mjerljivim svojstvima tradicijskih i poboljšanih mješavina, na ispitivanjima zidova u realnim režimima opterećenja, na potresnim ispitivanjima modela kuća i na validiranim numeričkim modelima koji proizlaze iz tih eksperimenata. Time se otvaraju dvije komplementarne staze primjene. Prva je neposredna: projektanti, konzervatori i lokalne zajednice dobivaju recepture, granična stanja, krivulje sposobnosti, U-vrijednosti i smjernice za procjenu i poboljšanje otpornosti postojećih konstrukcija. Druga je strateška: izrađuje se nacrt smjernica i preporuka usklađenih s Eurokodom kao podloga za nadopune propisa, normizaciju i izradu nacionalnih aneksa. U srži poruke projekta stoje održivost i otpornost: zemlja kao lokalno, nisko-ugljično gradivo, prirodna vlakna kao obnovljiv resurs za mikro-armaturu, te energetska učinkovitost potvrđena mjerenim koeficijentima prolaska topline i zrakopropusnosti. Takav pristup izravno podupire SDG 11 (Održivi gradovi i zajednice), SDG 12 (Odgovorna potrošnja i proizvodnja) i SDG 13 (Klimatska akcija), kao i načelo 3S – Safe, Sound, Sustainable – istaknuto na razini europske inženjerske zajednice. Diseminacija je namjerno otvorena: javne baze podataka, upute za izradu i ispitivanje, radionice i mini-simpozij služe stvaranju stručne zajednice koja može samostalno provoditi preglede, ispitivanja i projektne zahvate. Objave u otvorenom pristupu i predstavljanje na konferencijama ubrzavaju prijenos znanja i njegovo ugrađivanje u praksu.

Zaključno, ostvareno znanje i rezultati RE-forMS-a čine koherentan „paket“ za struku i donositelje odluka: (1) znanstveno utemeljeni ulazni podatci za proračune i procjene rizika; (2) validirane metodologije ispitivanja i modeliranja; (3) nacrt smjernica i preporuka kao most prema standardizaciji; (4) edukacijske forme za priručnike i cjeloživotno učenje. Sve to je bilo vođeno misijom: osigurati da Hrvatska može odgovorno sanirati i obnoviti svoje postojeće kuće od nabijene zemlje te – kada postoje potrebe – graditi nove u skladu sa smjernicama i nadopunama normi usklađenih s Eurokodom, kroz nacionalne anekse, pilotske projekte te konzervatorsku praksu.

POJMOVNIK

AGREGAT	Agregat je zrnati materijal prirodnog ili umjetnog podrijetla koji čini osnovnu masu betona ili zemljane smjese, služi kao punilo te daje materijalu mehaničku čvrstoću, stabilnost i otpornost na deformacije.
CEMENT	Cement je fino usitnjeno anorgansko hidrauličko vezivo koje, u dodiru s vodom, stvrdnjava i povezuje čestice agregata u kompaktan i trajan materijal.
ČERPIČ	Čerpič je blok izrađen od nabijenog tla osušenog na suncu. To je oblikovana (obično pravokutnog oblika) mješavina tla i vode (i eventualno dodataka) koja se suši kako bi se stvrdnula. Lako ga je pohraniti i graditi zidove. Kada se peče, čerpič postaje cigla (opeka). Kolokvijalno je nazvan prisna cigla ili prijesna cigla.
GLINA	Glina je nevezana fino zrnata stijena s promjerom čestica manjim od 0,002 mm.
ILOVAČA	Tlo koje sadrži pijesak, prah i glinu.
NABIJENA ZEMLJA	Nabijena zemlja odnosi se na tradicijsku tehniku građenja zbijanjem mješavine zemlje u pripremljenu oplatu, tj. kalup. Zbijanje tla se obično provodi ručnim, ali i pneumatskim nabijačima. Kolokvijalni naziv je naboj, nabijača.
NADVOJ	Nadvoj je gornji završetak zidnog otvora. Služi za premošćivanje otvora u zidu. Može biti greda ili luk.

OPLATA	Oplatu čini drveni ili čelični sustav u koji se ugrađuje pripremljena mješavina tla, dodataka i vode kako bi, nakon otvrdnuća, poprimila željeni oblik.
PIJESAK	Pijesak su sitna, sipka zrnca tvrdih minerala, uglavnom stijena. Dobiva se prirodnim ili umjetnim drobljenjem stijena. To je nevezana stijena, tj. agregat, kojoj se veličina zrna kreće između 0,063 i 2 milimetra.
PLJEVA	Pljeva su ljuščice žitnog zrnja (koje otpadaju pri vršidbi pšenice ili drugih žitarica).
SLAMA	Slama se odnosi na osušene stabljike žitarica i biljaka mahunarki koje ostaju poslije vršidbe i izdvajanja sjemena.
TEMELJ	Temelj je donji dio građevine koji sigurno prenosi opterećenja na tlo.
TLO	Tlo se odnosi na gornju koru Zemljine površine. Jedan je od najstarijih i najčešćih građevinskih materijala. Sastoji se od gline, mulja, pijeska i šljunka. Tlo može sadržavati i organske tvari, no takvo tlo nije pogodno za građenje.
TRIJEM	Natkriven, vanjski prostor uz kuću kojemu obično uzdužnu stranu čini zatvoreni zid, a drugu stranu niz stupova (drvenih ili od opeke) koji nose krovnu konstrukciju.
VITLOVI	Vitlovi su drveni štapovi ili letve, obično dužine između 60 i 100 cm, omotane slamom i premazane finom mješavinom tla i vode. Promjer vitlova je u prosjeku 15 cm.
ZABAT	Zabat je obično trokutasti dio zida na bočnim završetcima krovišta, odnosno to je zid koji zatvara krovšte i slijedi njegov obris.



Izvođenje zidova - nabijanje tla u slojevima

RJEČNIK

HRVATSKI

agregat
cement
čerpič
glina
ilovača
nabijena zemlja
nadvoj
oplata
pijesak
pljeva
slama
temelj
tlo
trijem
zabat

ENGLESKI

aggregate
cement
adobe
clay
loam
rammed earth
lintel
formwork
sand
chaff
straw
foundation
soil
porch
gable

BILJEŠKE:



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek



HRZZ
Hrvatska zaklada
za znanost



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
**Fakultet agrobiotehničkih
znanosti Osijek**



Sveučilište
u Rijeci
**Građevinski
fakultet**

Osijek, 2025.