

# Utjecaj vlage i procesa pečenja na zaštitu pune opeke od elektromagnetskog neionizirajućeg zračenja

---

Vrdoljak, Ivan; Miličević, Ivana; Rupčić, Slavko

*Source / Izvornik:* **Zajednički temelji 2023. - uniSTem : deseti skup mladih istraživača iz područja građevinarstva i srodnih tehničkih znanosti, Split, 14.-17. rujna, 2023. : zbornik radova, 2023, 50 - 55**

**Conference paper / Rad u zborniku**

*Publication status / Verzija rada:* **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

<https://doi.org/10.31534/10.ZT.2023.02>

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:935054>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-16**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)





UDRUGA  
HRVATSKIH  
GRAĐEVINSKIH  
FAKULTETA



<https://doi.org/10.31534/10.ZT.2023.02>

## UTJECAJ VLAGE I PROCESA PEČENJA NA ZAŠTITU PUNE OPEKE OD ELEKTROMAGNETSKOG NEIONIZIRAJUĆEG ZRAČENJA

Ivan Vrdoljak<sup>1</sup>, Ivana Miličević<sup>1</sup>, Slavko Rupčić<sup>2</sup>

(1) Sveučilište Josip Juraj Strossmayer u Osijeku, Građevinski i Arhitektonski fakultet Osijek, Vladimira Preloga 3, 31000 Osijek, Hrvatska

(2) Sveučilište Josip Juraj Strossmayer u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Ul. Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska

### Sažetak

U današnjem modernom svijetu umjetni izvori neionizirajućeg elektromagnetskog zračenja postali su neizostavan dio naših života. Pitanje potencijalne zdravstvene ugroženosti prilikom izlaganja takvoj vrsti zračenja ostaje tema rasprave među znanstvenicima. U ovom radu analizira se utjecaj pečenja opeke i povećanja vlage u punoj opeci na rezultate zaštite od elektromagnetskog zračenja pri frekvencijama od 1.5 GHz do 6 GHz. Rezultati su pokazali kako vlažna opeka ima veliku sposobnost prigušenja elektromagnetskog zračenja, dok se sušenjem i pečenjem zaštita smanjuje. Dodavanje vlage u materijal povećalo je elektromagnetsku zaštitu, dok je pečenje rezultiralo njezinim smanjenjem. Rezultati su u suglasju s literaturom gdje je električna vodljivost materijala ključni faktor u elektromagnetskoj zaštiti. Ovaj rad pruža dodatno razumijevanje utjecaja vlage i pečenja na elektromagnetsku zaštitu materijala što može biti korisno za projektiranje nosivih konstrukcijskih elemenata s visokom učinkovitošću zaštite od elektromagnetskog zračenja.

*Ključne riječi: opeka, elektromagnetsko zračenje, elektromagnetska zaštita, konduktivnost*

## THE INFLUENCE OF HUMIDITY AND THE FIRING PROCESS ON THE PROTECTION OF SOLID BRICKS FROM ELECTROMAGNETIC NON-IONIZING RADIATION

### Abstract

In today's modern world, artificial sources of nonionizing electromagnetic radiation have become an indispensable part of our lives. The issue of potential health risks from exposure to this type of radiation remains a topic of discussion among scientists. In this paper, the influence of brick firing and the increase in humidity in solid bricks on the results of protection against EM radiation is analyzed at frequencies from 1.5 GHz to 6 GHz. Wet brick has the greatest ability to attenuate electromagnetic radiation, while drying and firing reduce this protection. Results showed that adding moisture to the material increased the electromagnetic shielding, while firing resulted in decreased shielding. The results are in agreement with the literature, where the electrical conductivity of the material is a key factor in electromagnetic protection. This work provides additional understanding of the influence of moisture and firing on the electromagnetic shielding of materials, which can be useful for the design of load-bearing structural elements with high efficiency shielding from electromagnetic radiation.

*Keywords: brick, electromagnetic radiation, electromagnetic shielding, electrical conductivity*

## **1. Uvod**

U današnjem, sve umreženijem svijetu, uređaji koji emitiraju elektromagnetsko zračenje postali su neizostavni dijelovi naših života. Bežični internet, 3G, 4G, 5G mreže, mobilni telefoni, radari i GPS sustavi samo su neki od izvora koji stvaraju elektromagnetske valove i čine naše živote lakšim i ugodnijim. Elektromagnetsko zračenje (EM) može se definirati kao zračenje u obliku električnih i magnetskih valova koji putuju brzinom svjetlosti i prenose energiju. Elektromagnetsko zračenje dijelimo na dvije vrste: ionizirajuće zračenje i neionizirajuće zračenje. Ovisno o frekvenciji, energija koju elektromagnetski valovi prenose se mijenja: što je frekvencija veća, energija koja se prenosi elektromagnetskim valom je veća. Ionizirajuće zračenje (gama zrake, rendgenske zrake...) zbog velike energije koju prenosi, ima sposobnost izbijanja elektrona iz jezgre čime se stanice u tijelu nepovratno oštećuju [1]. S druge strane, neionizirajuće zračenje je zračenje kojim smo gotovo u svakom trenutku izloženi, no prenosi puno manje količine energije. Kako se razvitkom električnih uređaja značajno povećala razina neionizirajućeg elektromagnetskog zračenja u prirodi [2], počela su se postavljati pitanja o mogućoj povezanosti izlaganja EM neionizirajućem zračenju sa zdravstvenim problemima poput raka, neuroloških problema i slično. Do sada je objavljen velik broj znanstvenih istraživanja na ovu temu, no zaključci su dosta često nedosljedni i kontradiktorni. Određeni broj znanstvenika u svojim radovima tvrdi kako neionizirajuće zračenje ne šteti ljudskom zdravlju ([3], [4]), dok ostali znanstvenici tvrde kako se dugoročnim izlaganjem neionizirajućem zračenju stvaraju potencijalno vrlo ozbiljne posljedice za zdravlje ([5]–[7]). Upravo iz navedenih razloga došlo je do porasta svijesti o potrebi kontrole razine ovog zračenja, kao i svijest o potrebi smanjenja EM zračenja, posebno u prostoru u kojem ljudi žive. Budući da dugoročni učinci još nisu jasno utvrđeni, iz predostrožnosti je osmišljeno nekoliko načina za zaštitu od neionizirajućeg EM zračenja. Posljednjih godina projektiranje nosivih konstrukcijskih elemenata koji imaju sposobnost visoke učinkovitosti zaštite od EM zračenja predmet je raznih istraživanja. Materijal djeluje kao štit protiv elektromagnetskih smetnji jer ograničava ulazak elektromagnetskih polja u prostor reflektirajući ih ili apsorbirajući barijerom od vodljivog materijala. Zaštita od elektromagnetskog zračenja ponekad može biti zahtjevan zadatak. Na elektromagnetska svojstva materijala utječu mnogi čimbenici: debljina materijala, električna vodljivost, poroznost, temperatura, magnetizam itd. Ovaj rad istražuje utjecaj vlage na sposobnost elektromagnetske zaštite pune opeke na frekvencijskom području od 1.5 GHz do 6 GHz. Također, u radu će se istražiti i sposobnost elektromagnetske zaštite sirove i pečene opeke na istom frekvencijskom području.

## **2. Eksperimentalni dio**

### **2.1. Materijali**

Glina je dobavljena iz lokalne tvornice opeke. Ispitni uzorci kružnog su poprečnog presjeka promjera 15 cm i debljine 12 cm. Debljina 12 cm usvojena je kako bi simulirala debljinu standardne pune opeke. Dobavljena glina miješana je s vodom kako bi se postigla željena

obradivost (oko 22 %). Nakon postizanja željene obradivosti, za osiguranje jednake zbijenosti svakog uzorka korišten je uređaj modificirani proctor. Nakon ukalupljivanja i izrade uzoraka, oni su postepeno sušeni u komori s povećanim postotkom vlage u zraku kako bi se izbjegla pojava pukotina. Nakon sušenja izloženi su temperaturama od 850 °C u električnoj peći.



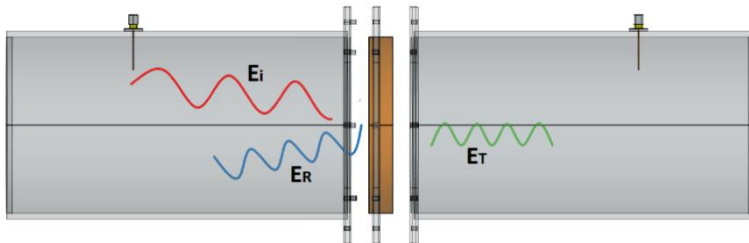
**Slika 1.** Električna peć



**Slika 2.** Pečena opeka

## 2.2. Metode ispitivanja

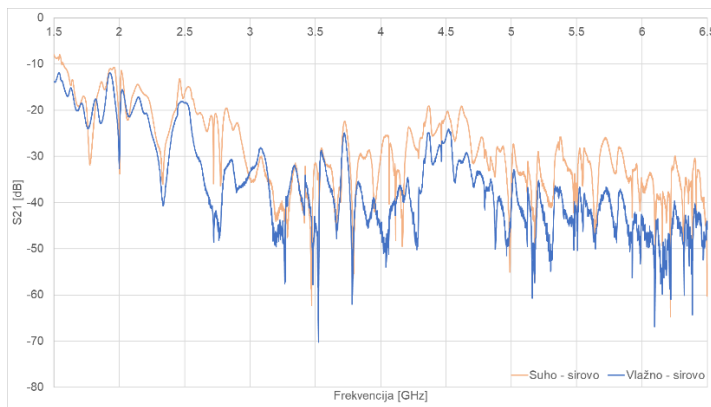
Mjerenje elektromagnetske zaštite rađeno je pomoću Anritsu ms2038c - ručnog vektorskog mrežnog analizatora te spektralnog analizatora i eksperimentalne postavke koja se sastoji od dva valovoda unutarnjeg promjera 16 cm. Mjerni uređaj sadržavao je dva aluminijska kružna valovoda između kojih je mjereni uzorak postavljen u čeličnu ploču. Elektromagnetska zaštita mjerila se pri frekvencijama 1.5 GHz – 6.5 GHz.



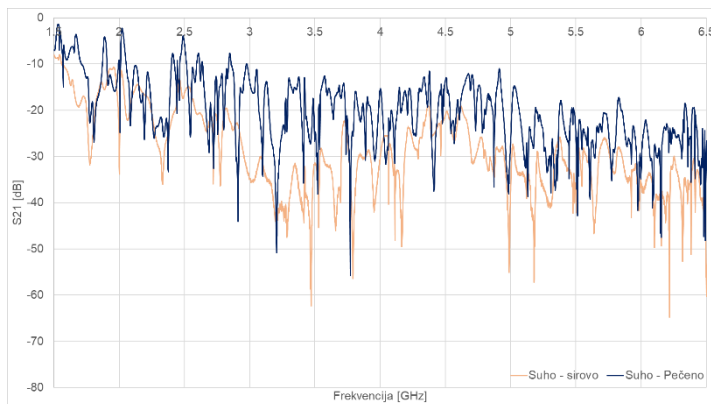
**Slika 3.** Eksperimentalna postavka

## 2.4. Rezultati eksperimenta

Rezultati mjerenja umanjavanja transmisije prikazani su na Slici 4. i 5. u nastavku:



Slika 4. Usporedba zaštite suhe i vlažne opeke



Slika 5. Usporedba zaštite sirove i pečene opeke

Tablica 1. Rezultati mjerenja EM zaštite

Vrijednost	Suho pečeno		Suho sirovo		Vlažno sirovo	
	Iznos [dB]	Frekvencija [GHz]	Iznos [dB]	Frekvencija [GHz]	Iznos [dB]	Frekvencija [GHz]
Prosjek	-20.29	-	-28.95	-	-35.84	-
Minimum	-55.78	3.77	-64.77	6.22	-70.27	3.52
Maksimum	-1.37	1.53	-7.98	1.54	-11.90	1.92

Slike 4. i 5. prikazuju usporedbu zaštite za suhe i vlažne sirove opeke te usporedbu zaštite sirove i pečene suhe opeke. Iz navedenih rezultata može se vidjeti kako opeke koje su izložene vlazi pokazuju najveće prigušenje EM zračenja. Prema Tablici 1. prosječna vrijednost zaštite vlažne opeke iznosila je -35.84 dB, dok je najveće prigušenje ostvareno u iznosu od -70.27 dB, pri frekvenciji od 3.52 GHz. Sirova opeka bez vlage pokazala je nešto niže vrijednosti prigušenja pa je tako prosječni iznos zaštite bio -28.95 dB, dok je najniže vrijednosti zaštite ostvarila pečena opeka, -20.29 dB.

### **3. Zaključak**

U radu je analizirana uloga vlage u zaštiti od elektromagnetskog zračenja, kao i učinak pečenja opeke na ukupnu zaštitu od elektromagnetskog zračenja. Prema prikazanim rezultatima može se zaključiti kako se kroz procese proizvodnje opeke postepeno smanjuje EM zaštita. U prvom koraku izrade opeka je vlažna zbog potrebne obradivosti i tada ima najveću sposobnost prigušenja EM zračenja. Sušenjem se ona postepeno smanjuje, da bi se posljednjim korakom, pečenjem, zaštita u najvećoj mjeri smanjila. Prilikom unošenja vlage u materijal ostvarilo se povećanje zaštite od prosječno 6.39 dB što je primjetna razlika. Također, valja napomenuti kako zaštita ovisi i o postoku vlage u materijalu. Procesom pečenja, dolazi do smanjenja zaštite prosječno od 8.66 dB. Ovakvi rezultati su u suglasju s literaturom. Naime, vrlo važan faktor u elektromagnetskoj zaštiti materijala je električna konduktivnost. Opće je poznato kako voda dobro provodi struju i samim time vlažniji materijali imaju veću konduktivnost što povećava EM zaštitu. Nadalje, procesom pečenja dolazi do složenih kemijskih procesa poput vitrifikacije i sinteriranja, gdje taljenjem gline i stvaranjem „staklene“ forme dolazi do smanjenja konduktivnosti.

### **Literatura**

- [1] Omer, H.: Radiobiological effects and medical applications of non-ionizing radiation, Saudi Journal of Biological Sciences, vol. 28, no. 10, pp. 5585 – 5592, 2021, doi: 10.1016/j.sjbs.2021.05.071.
- [2] Bandara, P. and D. O. Carpenter: Planetary electromagnetic pollution: it is time to assess its impact, The Lancet Planetary Health, vol. 2, no. 12, pp. e512 – e514, 2018, doi: 10.1016/S2542-5196(18)30221-3.
- [3] Haarala, C., M. Bergman, M. Laine, A. Revonsuo, M. Koivisto, and H. Hämäläinen: Electromagnetic field emitted by 902 MHz mobile phones shows no effects on children's cognitive function, Bioelectromagnetics, vol. 26, no. SUPPL. 7, pp. 144 – 150, 2005, doi: 10.1002/bem.20142.
- [4] Adey, W. R. *et al.*: Spontaneous and nitrosourea-induced primary tumors of the central nervous system in Fischer 344 rats exposed to frequency-modulated microwave fields, Cancer Research, vol. 60, no. 7, pp. 1857 – 1863, 2000.
- [5] Khurana, V. G., L. Hardell, J. Everaert, A. Bortkiewicz, M. Carlberg, and M. Ahonen: Epidemiological evidence for a health risk from mobile phone base stations, International Journal of Occupational and Environmental Health, vol. 16, no. 3, pp. 263 – 267, 2010, doi: 10.1179/oeh.2010.16.3.263.
- [6] Calvente, I., M. F. Fernandez, J. Villalba, N. Olea, and M. I. Nuñez: Exposure to electromagnetic fields (non-ionizing radiation) and its relationship with childhood leukemia: A systematic review, Science of the Total Environment, vol. 408, no. 16, pp.

- 3062 – 3069, 2010, doi: 10.1016/j.scitotenv.2010.03.039.
- [7] Havas, M.: When theory and observation collide: Can non-ionizing radiation cause cancer?, *Environmental Pollution*, vol. 221, pp. 501 – 505, 2017, doi: 10.1016/j.envpol.2016.10.018.