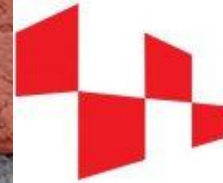




**BRAVOBRIK**



**HrZZ**

Hrvatska zaklada  
za znanost

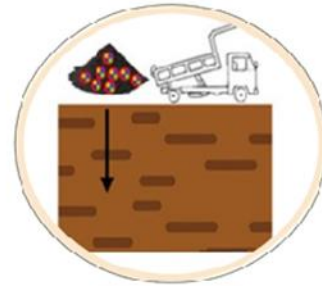
# Ugradnja mulja/pepela u opeku

Anđelina Bubalo

[andelina.bubalo@grad.unizg.hr](mailto:andelina.bubalo@grad.unizg.hr)

13. srpnja 2022.

# Mogućnosti zbrinjavanja pepela



Visoki troškovi odlaganja i štetan utjecaj na okoliš



Zamjenska sirovina za glinu

IZDVAJANJE P

Izdvajanje vrijednih materijala iz pepela

# Zamjena gline u proizvodnji opeke sa suhim muljem

- Najčešće uloge koje otpadni materijali imaju u keramičkoj matrici su uloga stvaranja pora, uloga sredstva za taljenje i uloga goriva unutar tijela opeke.
- Mulj i pepeo s visokim udjelom ugljika mogu imati ulogu goriva unutar tijela opeke zbog visokog udjela organske tvari.
- Uloga postizanja poroznosti opeke podrazumijeva otpad koji sadrži visok udio organske tvari čijim sagorijevanjem nastaju pore.
- Poroznost je poželjno svojstvo za dobivanje zvučnih i toplinski izolirajućih proizvoda, dok sredstva za taljenje i goriva unutar tijela opeke rezultiraju uštedom energije.

# Zamjena gline u proizvodnji opeke s pepelom

Pepeo ima slična kemijska svojstva kao poznati keramički materijali i pri toplinskoj obradi postiže se željeno zgušnjavanje, povećanje čvrstoće i smanjenje apsorpcije.

Upotreba pepela smanjuje plastičnost smjese što dovodi do većih potreba za vodom u procesu oblikovanja.

Oksidi  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  i  $\text{P}_2\text{O}_5$  prisutni u pepelu pogoduju poboljšanju svojstva taljenja što dopušta niže temperature pečenja

Pepeo ima slična kemijska svojstva kao poznati keramički materijali i pri toplinskoj obradi postiže se željeno zgušnjavanje, povećanje čvrstoće i smanjenje apsorpcije.

Prisutnost topljivih soli u pepelu može potencijalno utjecati na estetiku proizvoda, pojavom bijelog filma na površini opeke.

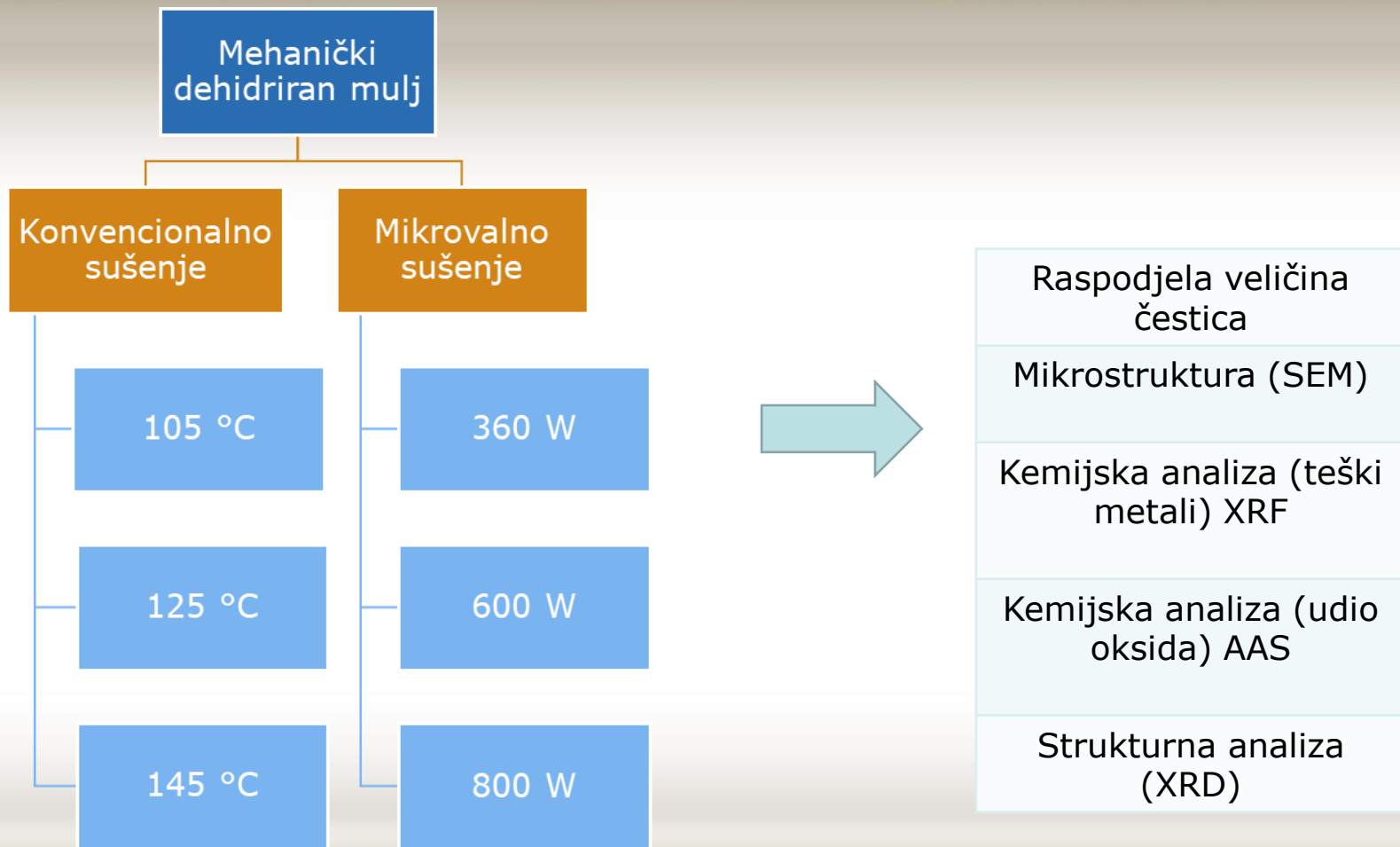
Potencijalne koristi od upotrebe pepela u proizvodnji opeke uključuju imobilizaciju teških metala u tijelu opeke i dobru otpornost na mraz.

# METODOLOGIJA I PLAN ISTRAŽIVANJA

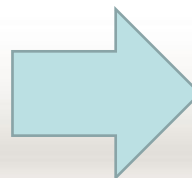
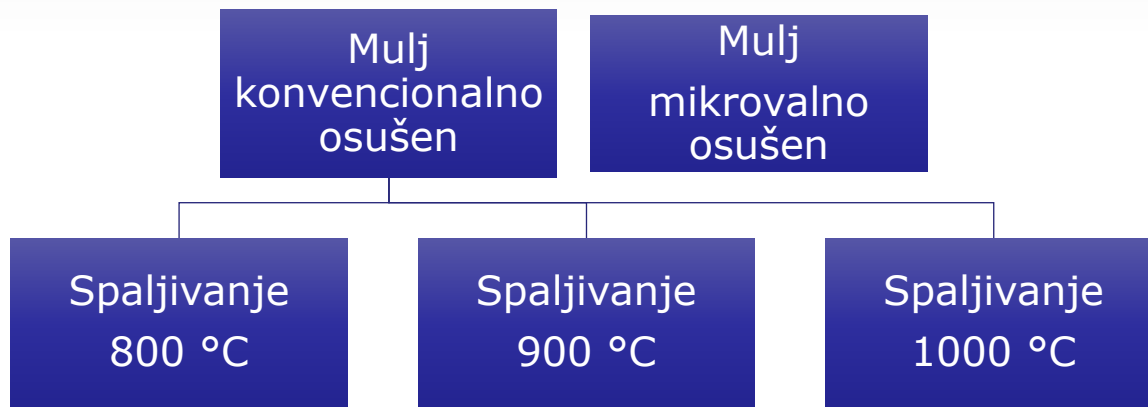
## Materijali

- **Glina** od proizvođača opeke Termoterra d.o.o. iz Topuskog
- **Mulj** iz UPOV-a Zagreb i Karlovac
- **Pepeo** dobiven termičkom obradom gore navedenih muljeva.

# Termička obrada mulja s UPOV-a i proizvodnja mulja poboljšanih karakteristika za ugradnju u opeku

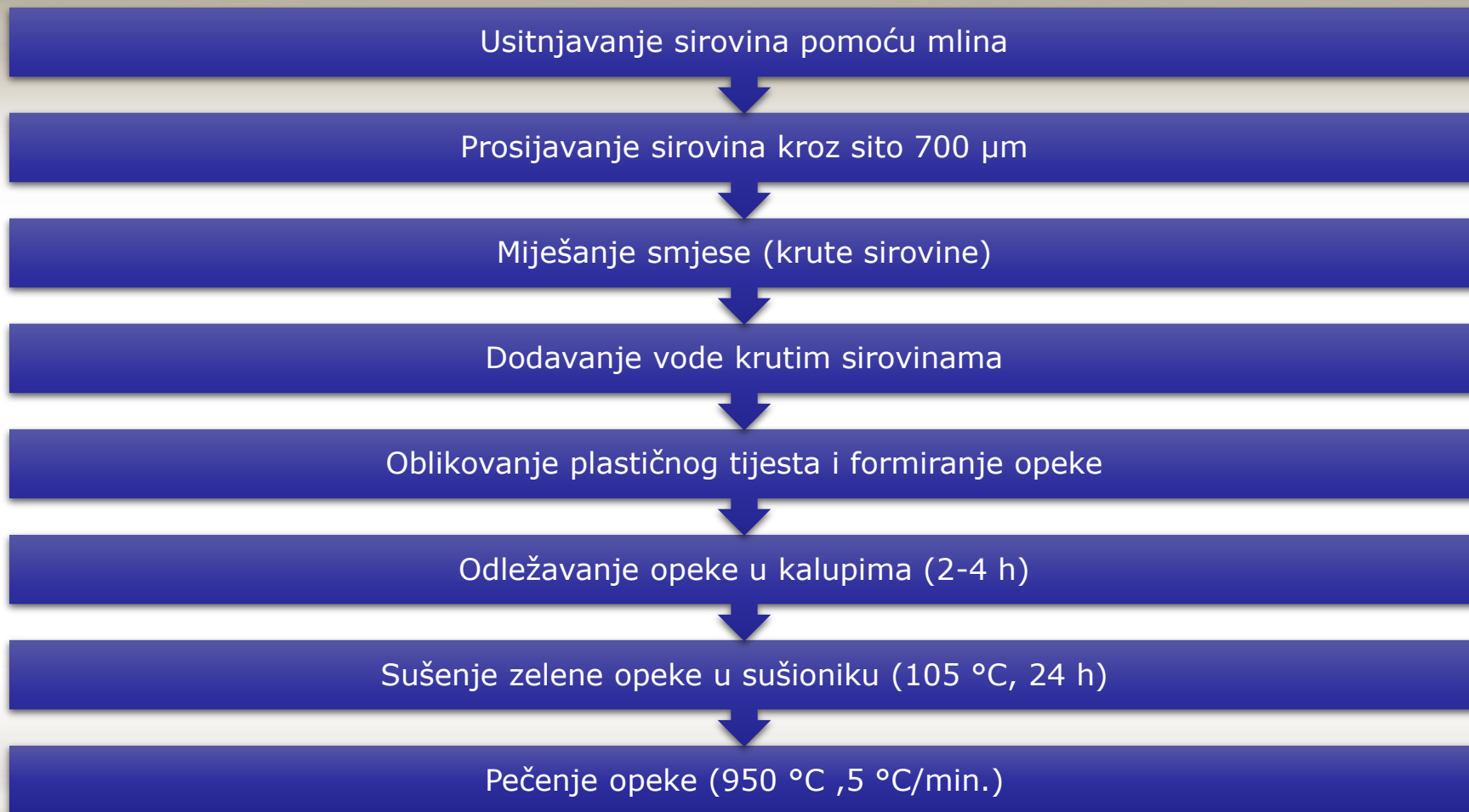


# Viši stupanj termičke obrade mulja s UPOV-a i proizvodnja mulja poboljšanih karakteristika za ugradnju u opeku



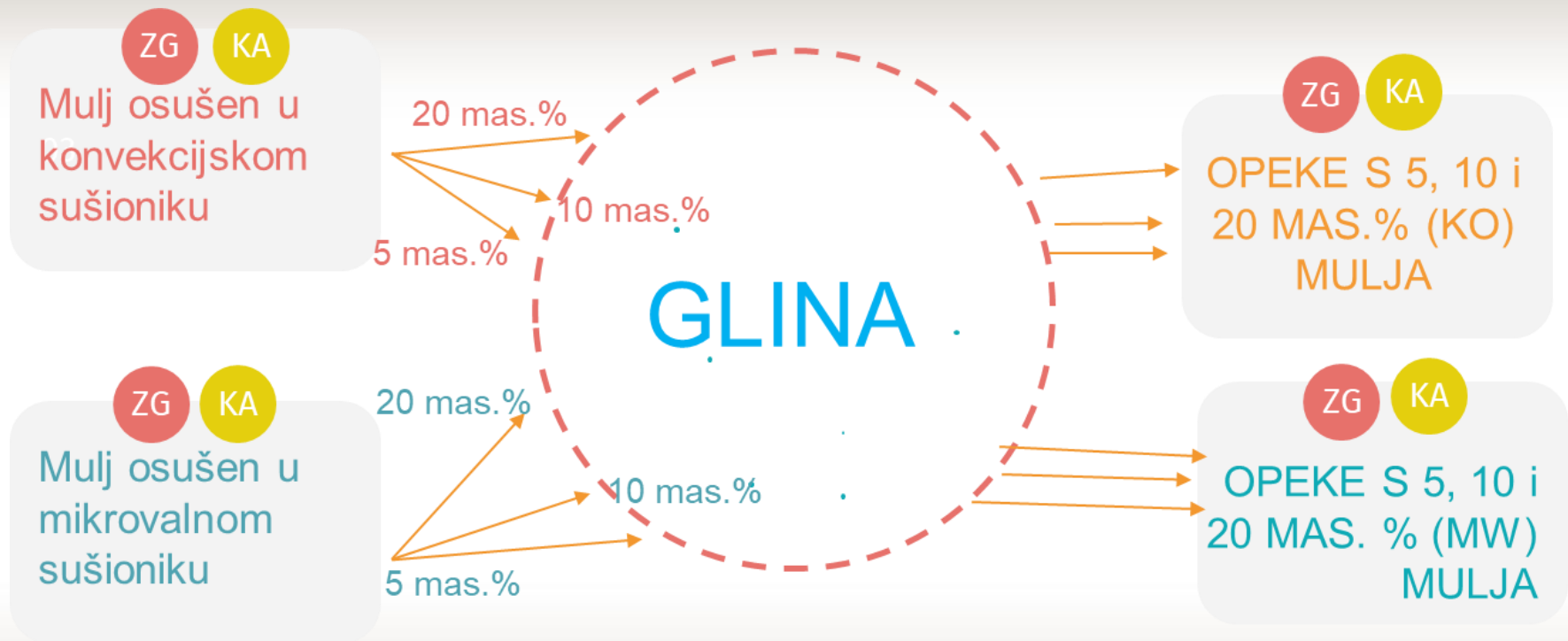
| Pepeo                               | Glina                               |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Raspodjela veličina čestica         | Raspodjela veličina čestica         |
| Mikrostruktura (SEM)                | Mikrostruktura (SEM)                |
| Kemijska analiza (teški metali) XRF | Kemijska analiza (teški metali) XRF |
| Kemijska analiza (udio oksida) AAS  | Kemijska analiza (udio oksida) AAS  |
| Strukturna analiza (XRD)            | Strukturna analiza (XRD)            |
|                                     | Indeks plastičnosti                 |

# Proizvodnja opeke s dodatkom obrađenoga mulja s UPOV-a

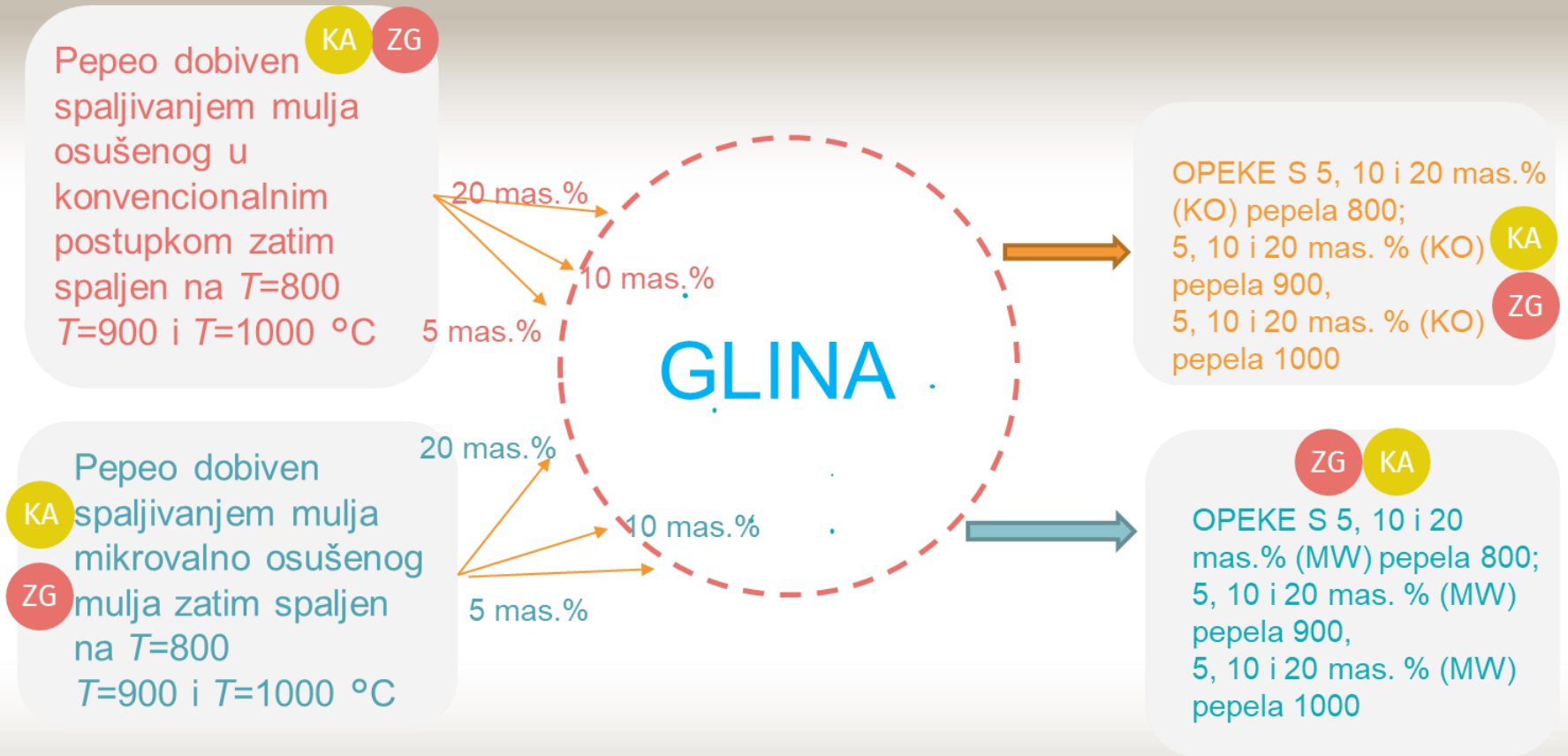




# Opeke od suhog mulja



# Opeke od pepela



# Ispitivanje na opeki s dodatkom obrađenoga mulja s UPOV-a

Proizvedene su 2 vrste opeke:

a. od suhog mulja (konvencionalno osušen) s različitim udjelom mulja

1. Opeka s masenim udjelom od 5 % mulja
2. Opeka s masenim udjelom od 10 % mulja
3. Opeka s masenim udjelom od 20 % mulja

b. suhog mulja (mikrovalno osušen) s različitim udjelom mulja

1. Opeka s masenim udjelom od 5 % mulja
2. Opeka s masenim udjelom od 10 % mulja
3. Opeka s masenim udjelom od 20 % mulja

# Ispitivanje na opeki s dodatkom pepela

Proizvedene su 3 vrste opeke od različitih pepela generiranih pri temperaturama 800, 900 i 1000 °C s različitim udjelima

a. Opeka s pepelom dobivenim pri temperaturi od 800 °C

1. Opeka s masenim udjelom od 5 % pepela
2. Opeka s masenim udjelom od 10 % pepela
3. Opeka s masenim udjelom od 20 % mulja

b. Opeka s pepelom dobivenim pri temperaturi od 900 °C

1. Opeka s masenim udjelom od 5 % pepela
2. Opeka s masenim udjelom od 10 % pepela
3. Opeka s masenim udjelom od 20 % pepela

c. Opeka s pepelom dobivenim pri temperaturi od 1000 °C

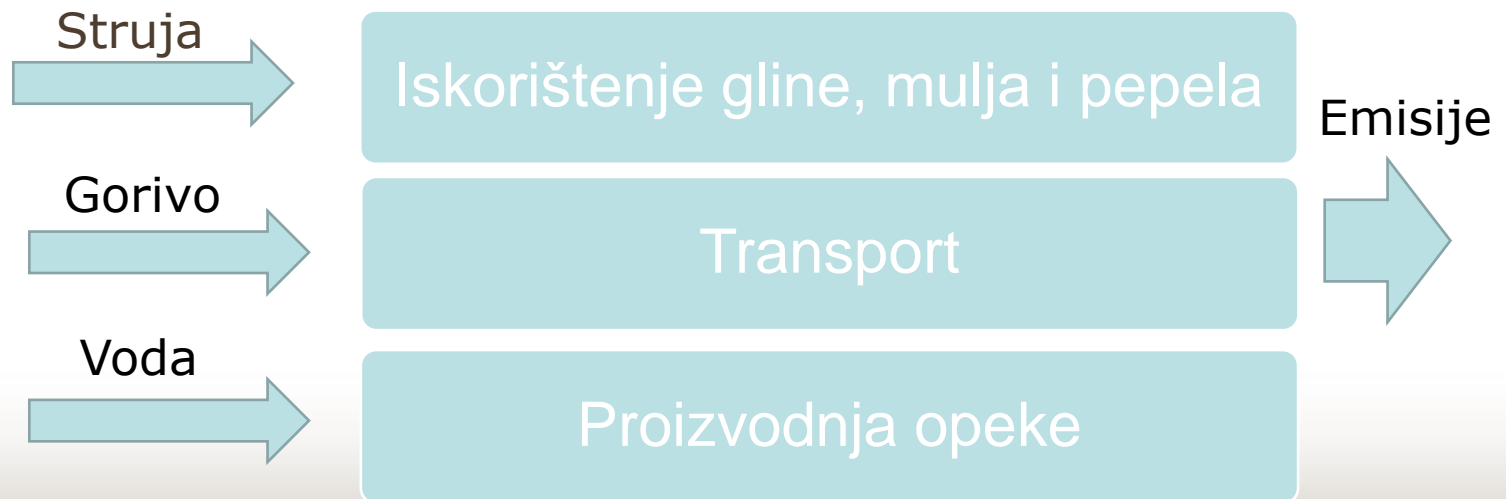
1. Opeka s masenim udjelom od 5 % pepela
2. Opeka s masenim udjelom od 10 % pepela
3. Opeka s masenim udjelom od 20 % pepela

# METODE ISPITIVANJA

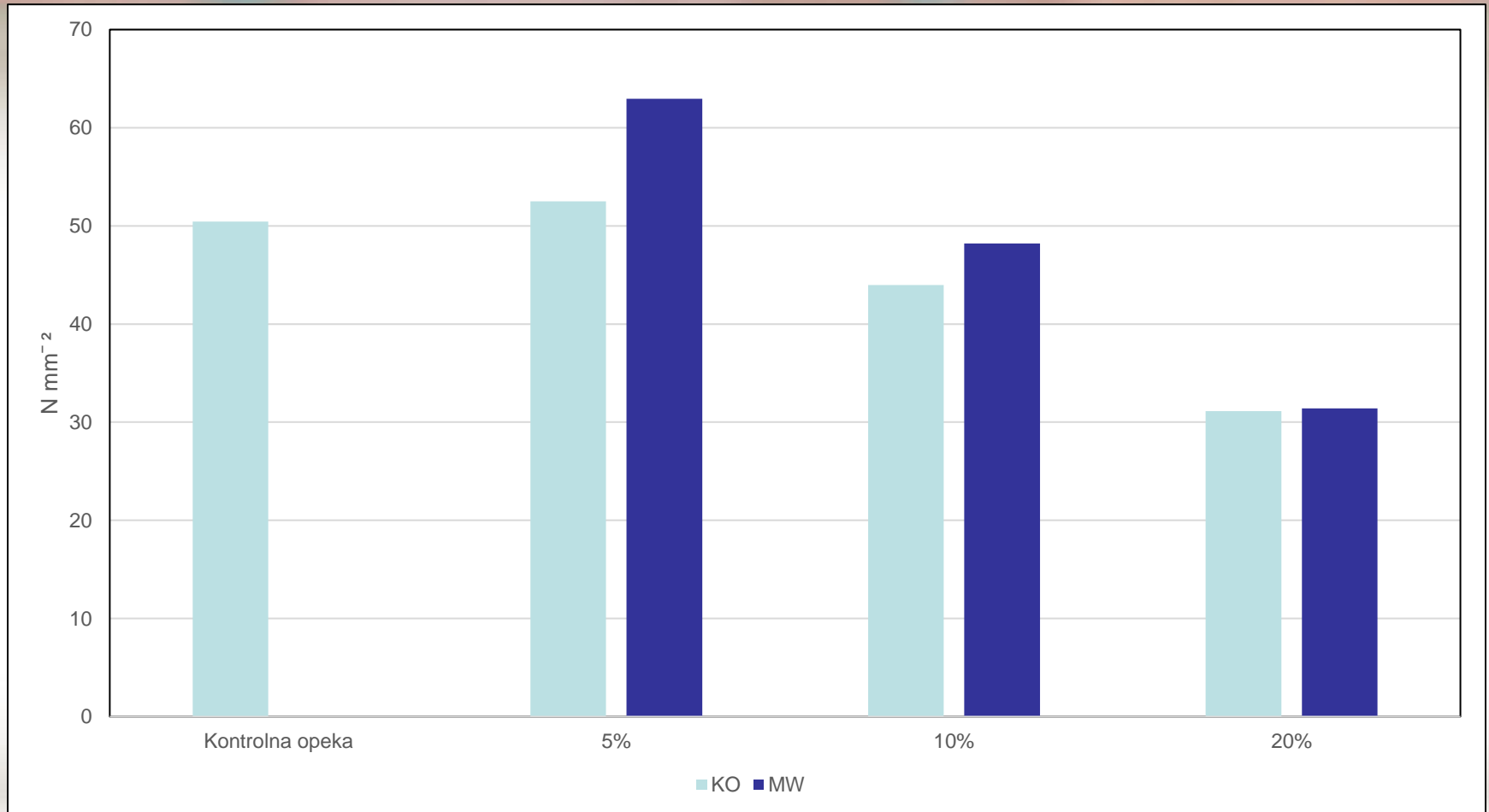
- RH 2009. uvodi Eurokod
  - Svaki zidni element mora zadovoljavati kriterije
  - HRN EN 771-1 određuje karakteristike i zahtjeve s obzirom na opečne zidne elemente
1. Izmjere i odstupanja ( HRN EN 772-16)
  2. Tlačna čvrstoća (HRN EN 772-1)
  3. Toplinska svojstva (HRN EN 1745)
  4. Otpornost na smrzavanje i odmrzavanje (HRN EN 772-22)
  5. Vodoupojnost (HRN EN 772-21)
  6. Volumenska masa (HRN EN 772-3)
  7. Sadržaj topivih soli (HRN EN 772-5)
  8. Reakcija pri požaru (HRN EN 13501-1)

# METODE ISPITIVANJA

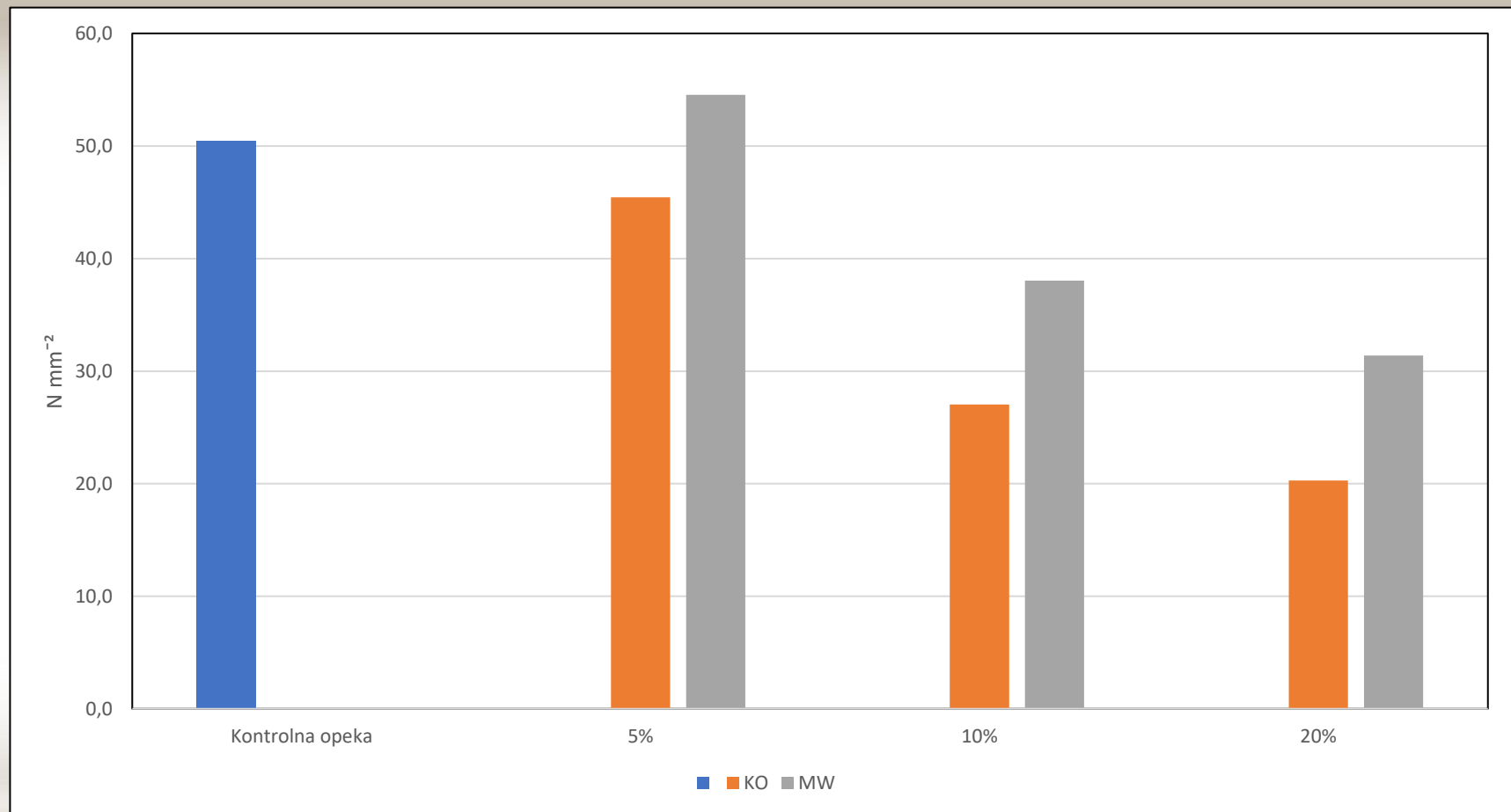
- Izluživanje teških metala prema metodi EN 13657 za Cr, Cu, Pb, Cd, Zn and Ni, EN ISO 11969 za As, EN ISO 12846 za Hg i EN ISO 15586 za Mo
- Testovi ekotoksičnosti
- Izrada procjene životnog ciklusa proizvoda, Life-cycle assessment-LCA



# Tlačne čvrstoće opeke od mulja (ZG)

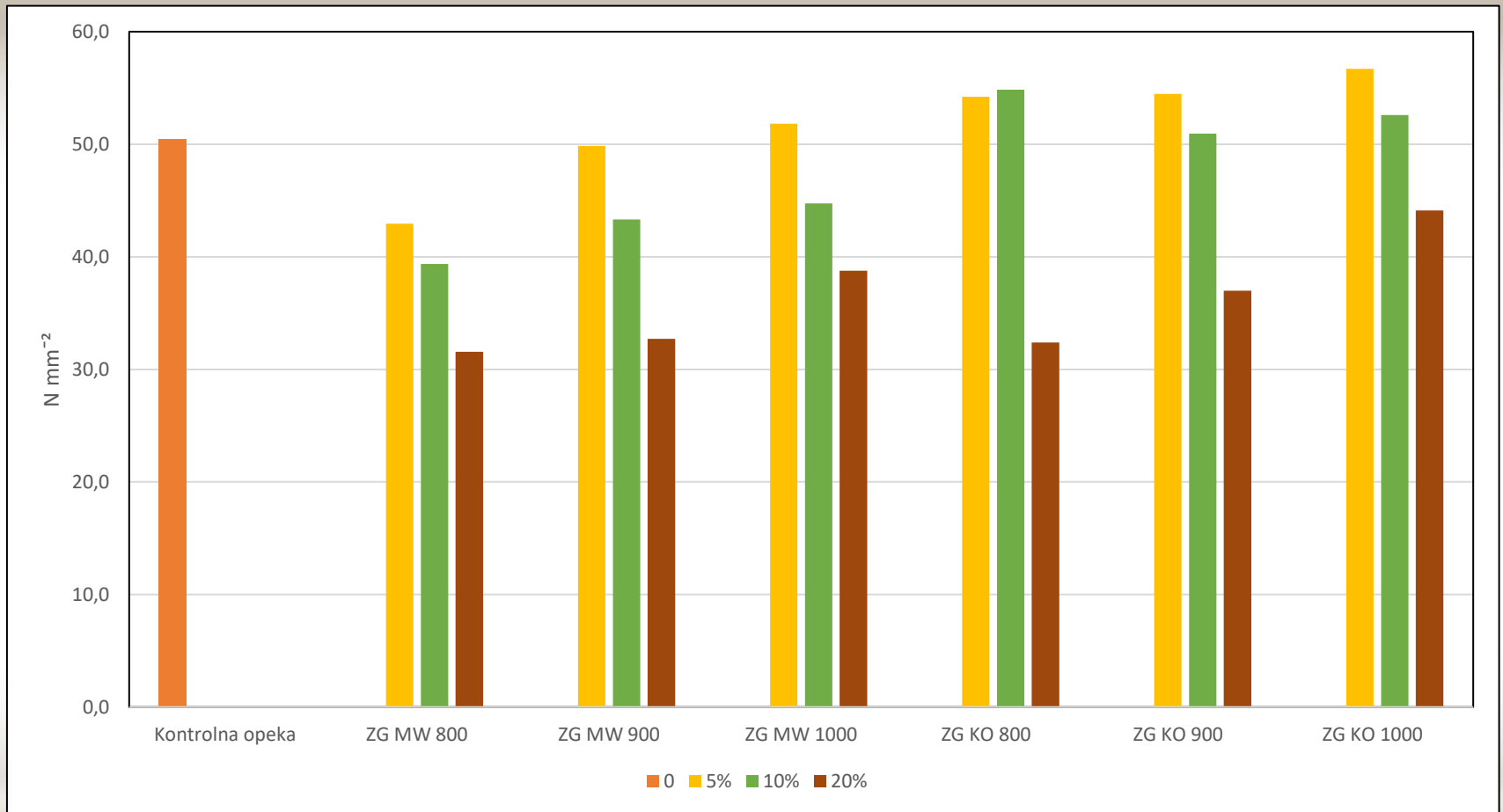


# Tlačne čvrstoće opeke od mulja (KA)

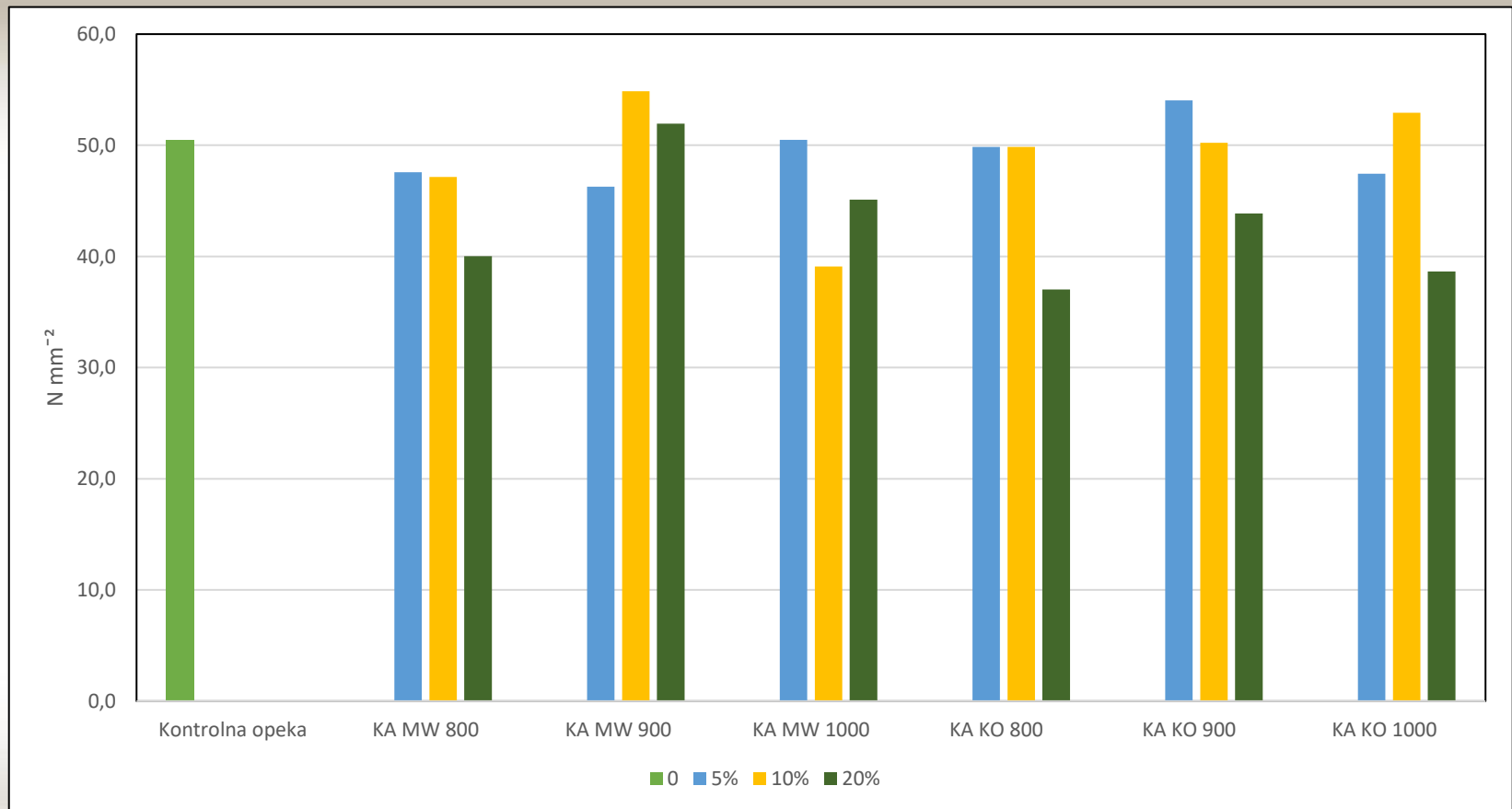




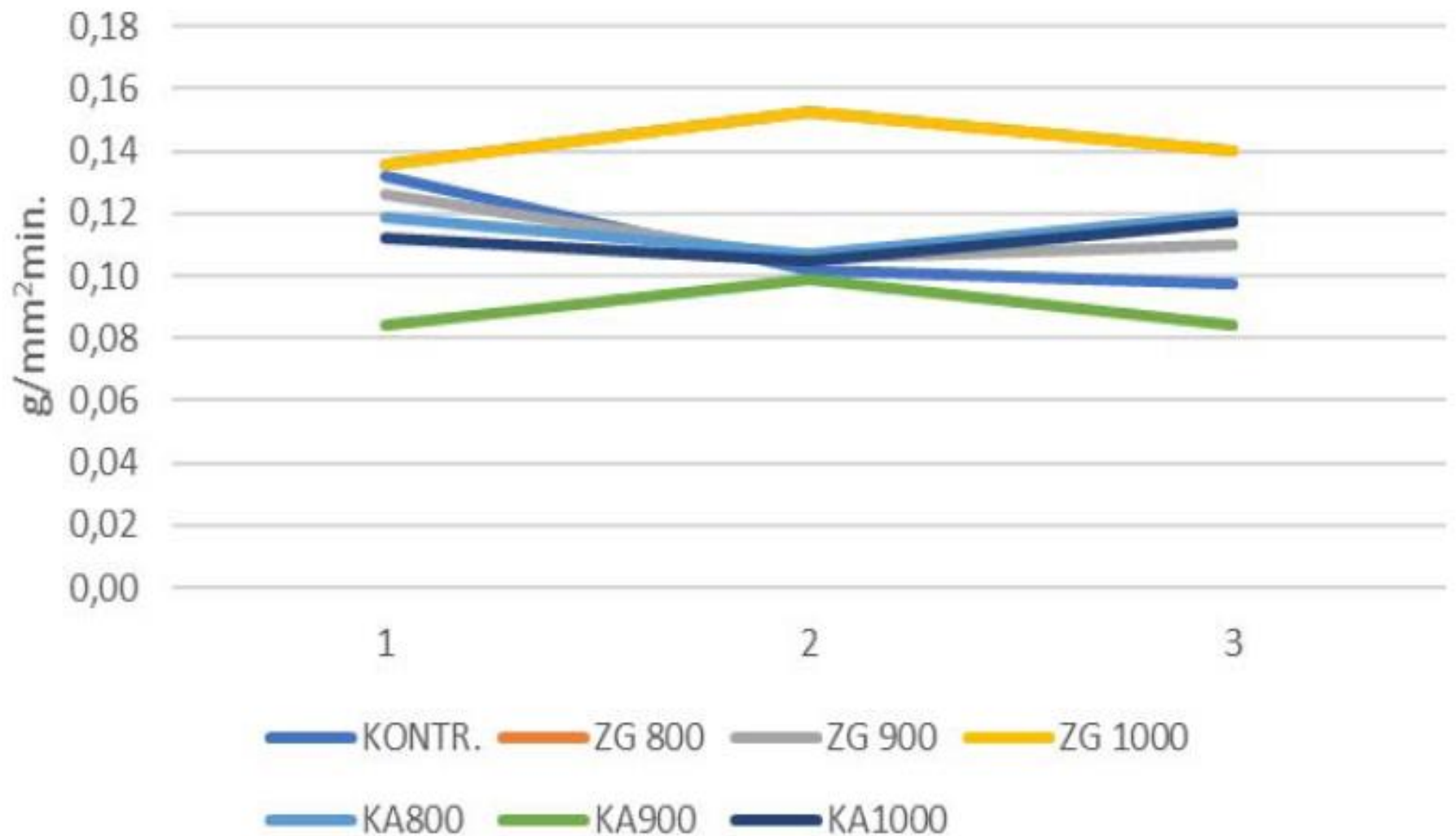
# Tlačne čvrstoće opeke od pepela (ZG)



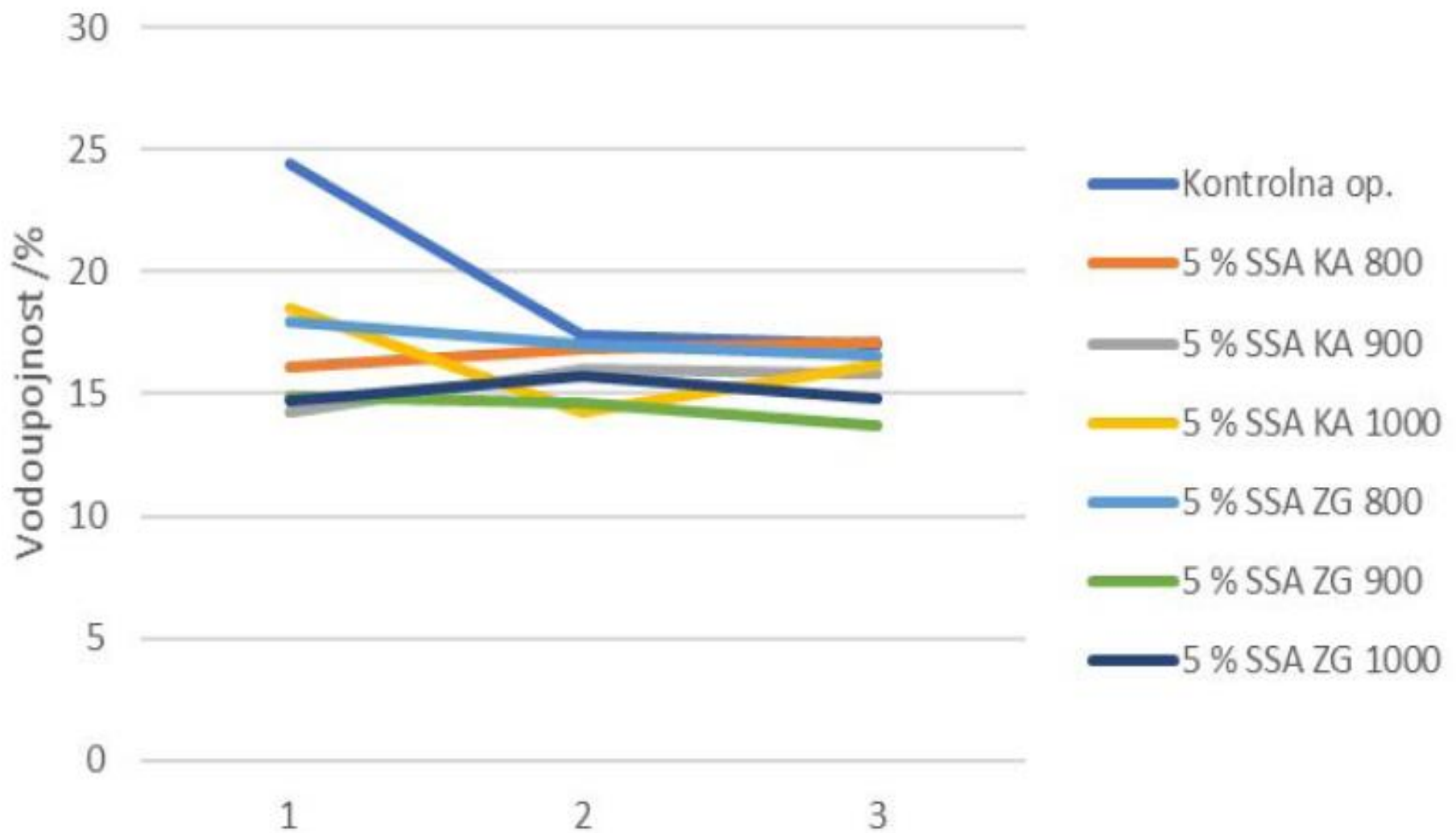
# Tlačne čvrstoće opeke od pepela (KA)



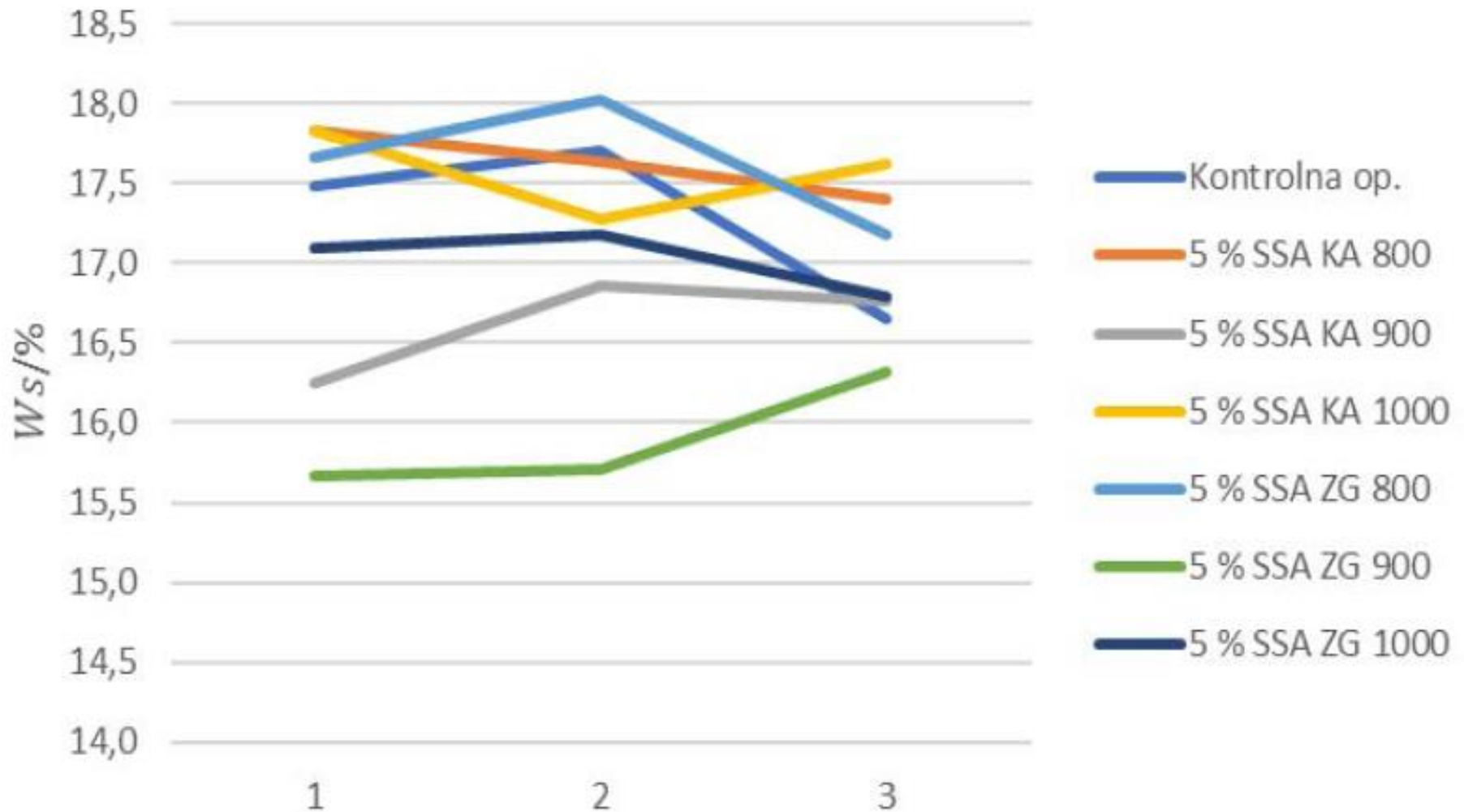
# Početno upijanje vode



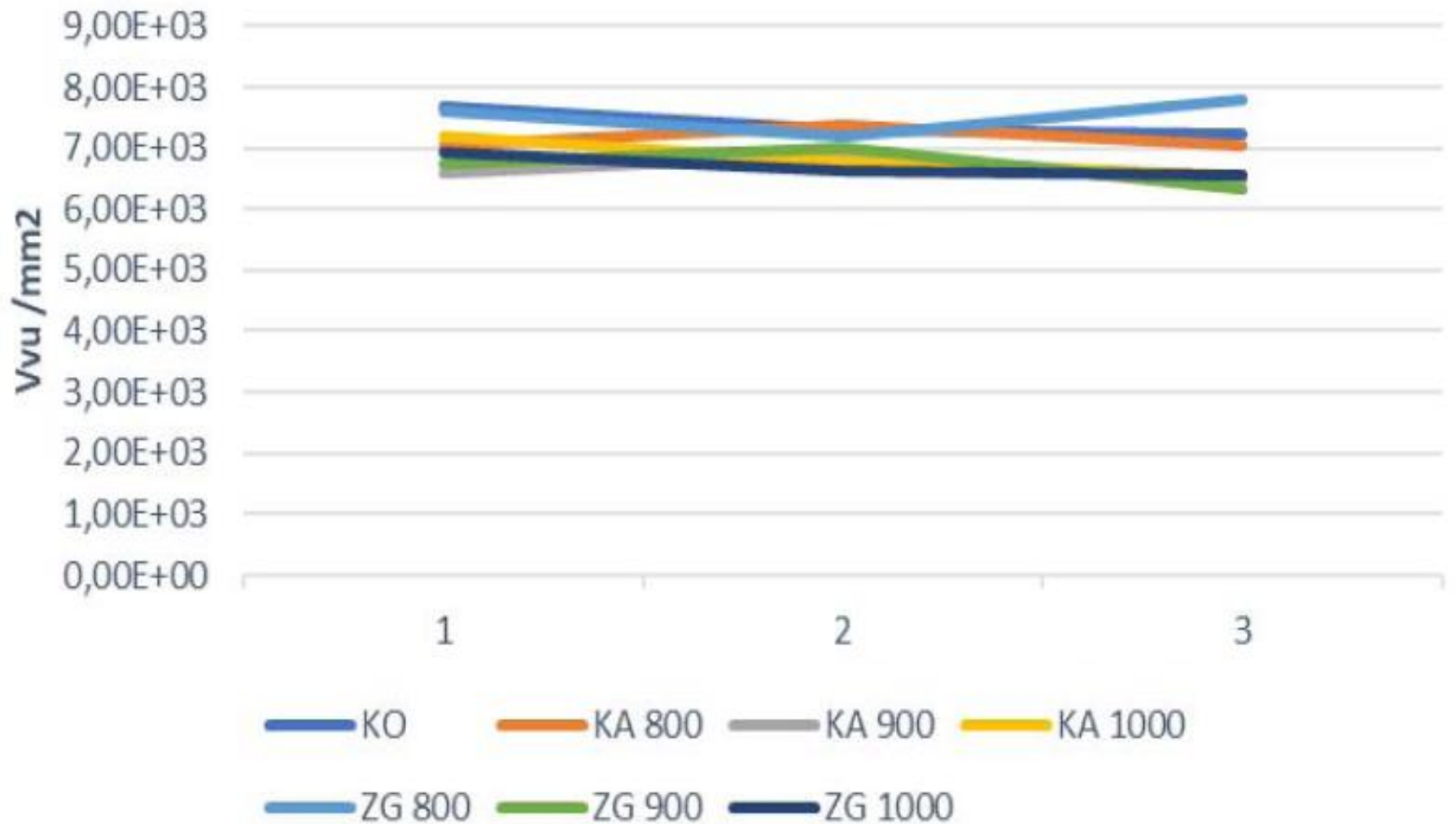
# Vodoupojnost



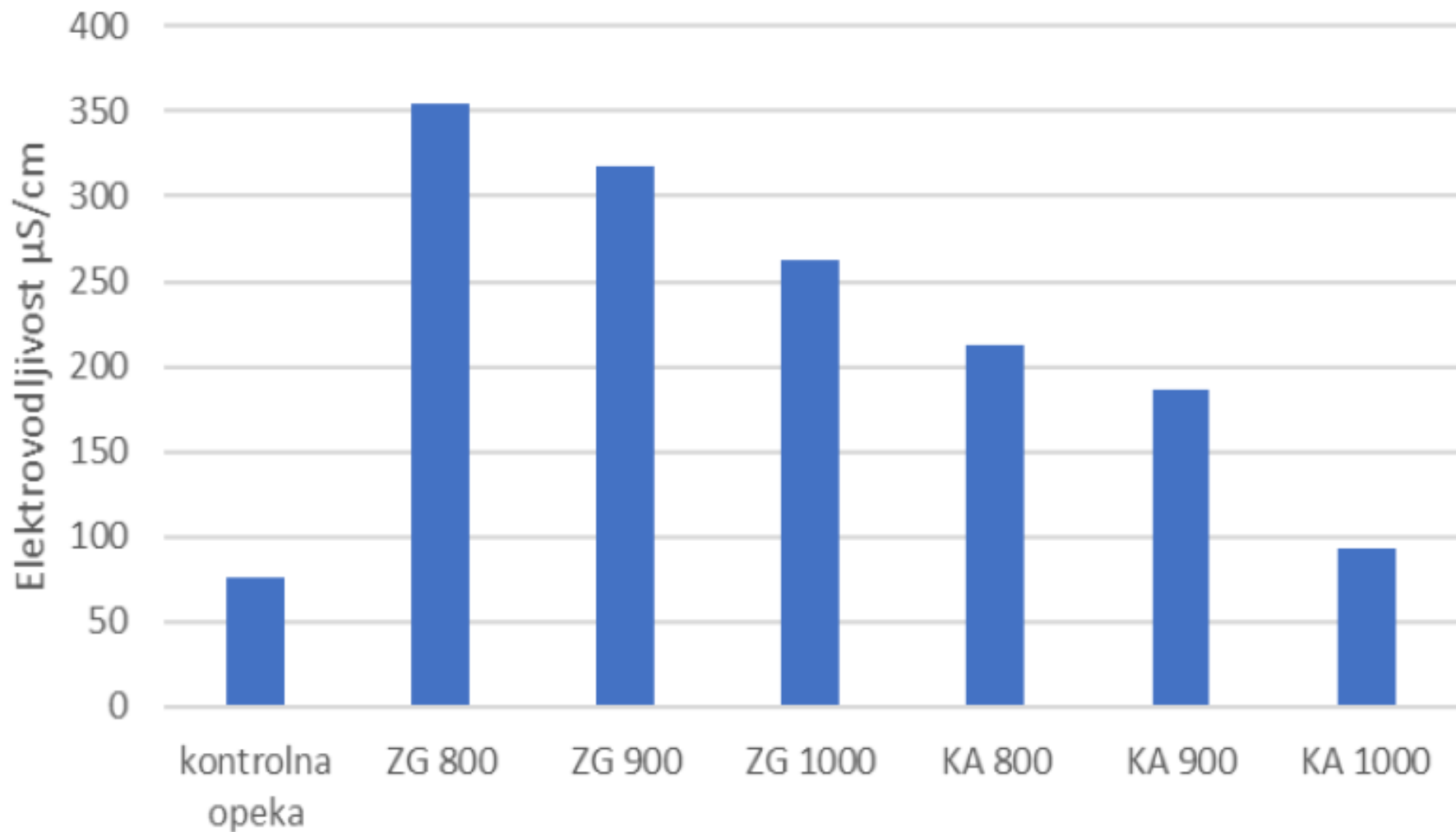
# Upijanje pri kuhanju 5 h



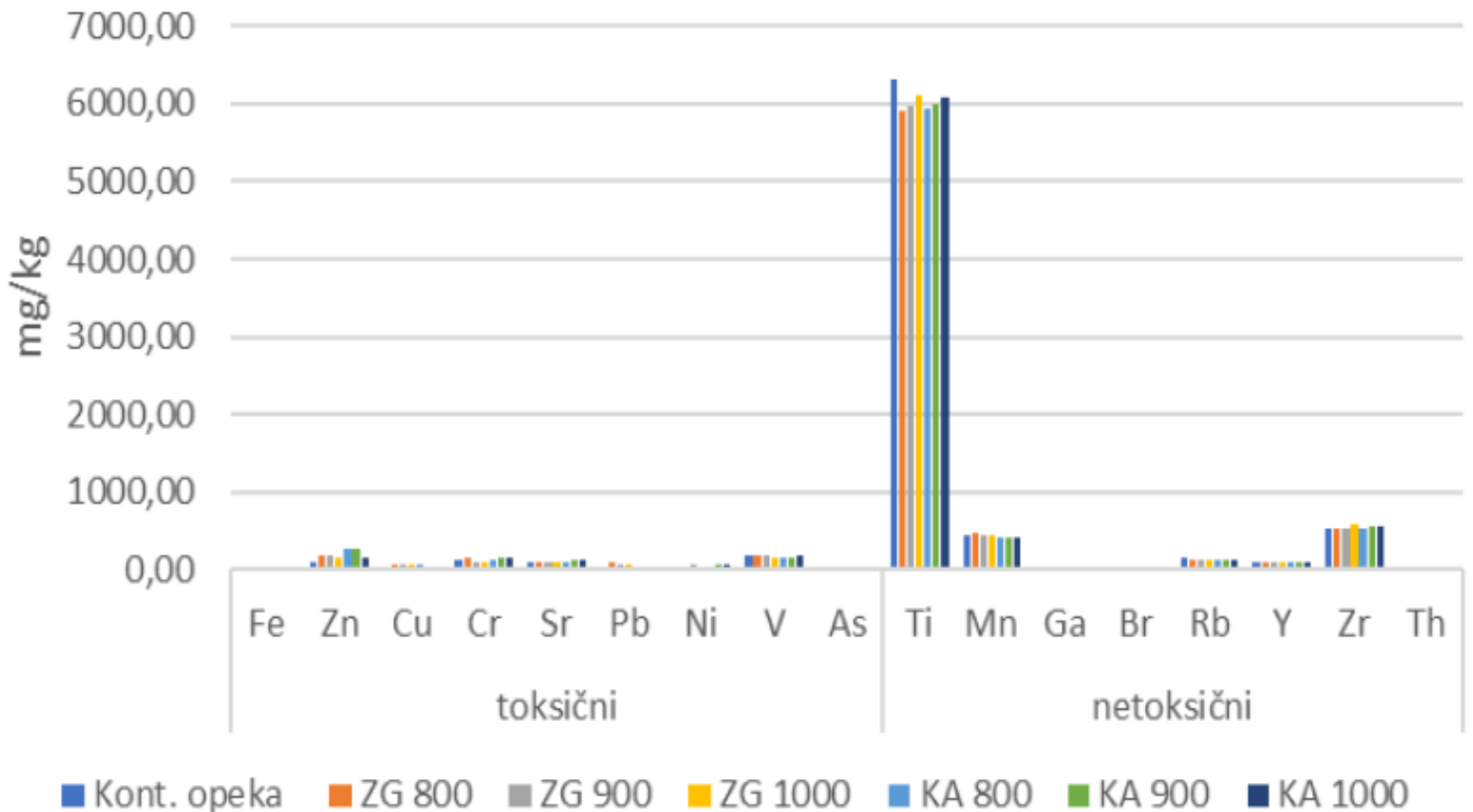
# Volumen šupljina



# Elektrovodljivost



# Udio teških metala u opeci





# Zahvala

Ovo istraživanje u potpunosti je financirano od Hrvatske zaklade za znanost projektom “IP-2019-04- 1169 – Zbrinjavanje pročišćenih zauljenih otpadnih voda i mulja s UPOV-a u opekarskoj industriji – proizvodnja novog opekarskog proizvoda u okviru kružne ekonomije (Bravobrick).

