

**Osiguranje trajne opskrbe mineralnim sirovinama:
Koncept ležišta mineralnih sirovina od javnog značenja**

Prostorna analiza najpovoljnijih područja za kamene agregate u Koprivničko-križevačkoj županiji

Željko Dedić , dipl.ing.geol., Hrvatski geološki institut, Zavod za mineralne sirovine

**2. Nacionalna radionica za konzultacije dionika o predloženoj
metodi određivanja ležišta mineralnih sirovina
od javnog značenja (MDoPI)**

Koprivnica, 06.06.2017.



SADRŽAJ

1. Uvod
2. Izvori podataka
3. Analiza varijabli (tematski slojevi)
4. Model uklapanja
5. Rezultati modela
6. Procjena i modifikacija modela
7. Zaključak

Uvod

- Prirodni kameni agregat sastoji se od tehničko-građevnog kamena koji je eksploatiran iz raznih tipova stijena i građevnog pijeska i šljunka najčešće iz aluvijalnih naslaga
- Primjena (građevinarstvo)
 - Roba niske vrijednosti
 - Završna cijena proizvoda ovisi o trošku transporta
- Lokacije eksploatacije kamenih agregata složena su funkcija geoloških, tržišnih čimbenika i čimbenika korištenja prostora
- Upotrebom kvantitativne i izvodljive tehnologije upravljanja podacima **(GIS) možemo mjeriti prostorne odnose** između postojećih lokacija za eksploataciju kamenih agregata, geoloških jedinica, prometnih mreža i gustoće stanovništva
- **Metoda težine dokaza (WofE, Bonham-Carter, 1994)** koristi se za modeliranje raspodjele lokacija za eksploataciju kamenih agregata u odnosu na geološke jedinice, prometnu mrežu i gustoća naseljenosti. Arc-SDM ekstenzija za ArcInfo (10.2.2.) korištena je za provođenje **WofE metode**.

Uvod

- Metoda ispituje hipotezu koje **područje je povoljno** za pojavu mjesta mineralnog ležišta, definirano skupom lokacija u odnosu na skup varijabli (geološke jedinice, gustoća i prometna mreža)
- Za svaku kategoriju u varijabli izračunava se **par težinskih faktora** u odnosu na lokaciju za eksploataciju kamenih agregata, jedan za prisutnost varijable (**W +**) i jedan za odsutnost varijable (**W-**)
- **Veličina pondera** ovisi o izmjerenoj prostornoj povezanosti između varijabli i lokacija za eksploataciju kamenih agregata (kamenolom, šljunčara) na istraživanom području
- Aritmetička razlika između binarnih težinskih faktora, nazvana **kontrastom (C)**, mjera je povezanosti
- **Odstupanja težinskih faktora**, mogu se koristiti kao **mjerenje sigurnosti** da **kontrast** nije nula (Bonham-Carter, 1994). Ova se mjera naziva **pouzdanost (C/s(C))**
- **Završni proizvodi : Karte posteriorne vjerojatnosti**

Uvod

- **WofE analiza** je korištena za analizu prostornog povezivanja između lokacija za eksploataciju kamenih agregata u odnosu na kategorije varijabli i reklasifikaciju kategorija varijabli u binarni ili multiklasni model za optimalno predviđanje
- Dobivena "**povoljnost**" temelji se na **posteriornoj vjerojatnosti** da područje sadrži lokaciju za eksploataciju kamenih agregata
- GIS okružje:
 - **ESRI Shapefile**
 - Raster **ESRI grid** ima veličinu čelije od 50 m, što je manje od minimalne prostorne pogreške izvornog izvora podatka teme, jer su izvorni podaci u mjerilu 1: 100 000
 - Izlazni proizvodi su **ESRI grid rasteri** (posterior vjerojatnost, standardna devijacija i pouzdanost)

Izvori podataka

- Četiri vrste prostornih podataka:
 - Lokacije za eksploataciju kamenih agregata (ekploatacijska polja i istražni prostori u županiji) korišteni su kao mjesta **točke zahvata** kako bi se razvio model (**izvor: RG studija 2015.god.**)- ESRI shapefile
 - Geološka karta (**izvor: RG studija 2015.god.**) M 1 : 100 000- raster ESRI grid
 - Udaljenost željezničkih (regionalni i magistralni) i cestovnih prometnica (autoceste, županijske i državne ceste) od lokacija za eksploataciju kamenih agregata (od 1000 m, 2000 m, 4000 m i 8000m); (**izvor: Zavod za prostorno uređenje Koprivničko-križevačke županije**) -raster ESRI grid
 - Podaci o gustoći stanovništva iz popisa stanovništva u RH iz 2011 godine, (**izvor: Državni zavod za statistiku**) -raster ESRI grid
 - Prostorno planski podaci iz Prostornog plana (**izvor: Zavod za prostorno uređenje Koprivničko-križevačke županije**) korišteni u završnoj procjeni modela -raster ESRI grid

Analiza varijabli (tematski slojevi)

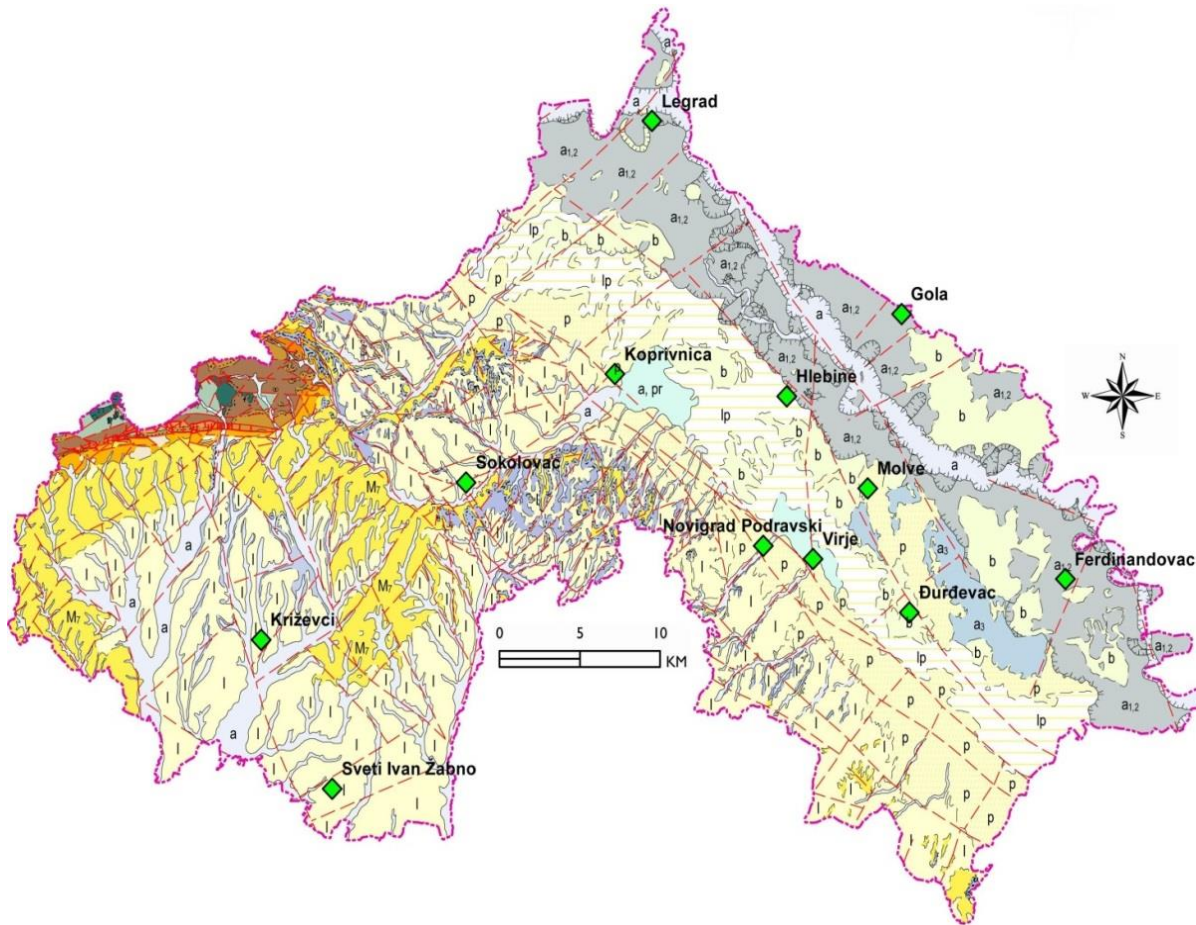
GEOLOŠKA OSNOVA:

Varijabla geološke jedinice sa površinom koju zauzimaju

GEOLOŠKA JEDINICA	AREA_SQ_KM	NO_POINTS
Pont	160.73	1
Lesoidni sedimenti	148.17	1
Sedimenti korita	266.12	3
Eolski sediment	176.98	2
IV. terasa	55.36	2
Barski sediment	130.44	5
III. terasa	29.34	2
I. i II. terasa	245.34	19
Klastiti s vulkanitima	6.48	1
Kalničke breče	1.62	1

- Najviše ležišta (19 lokacija) kamenih agregata uočavamo u **I. i II. terasa**, također lokacije kamenih agregata su zastupljenije i u drugim geološkim jedinicama (*Eolski sediment, IV. terasa, Sedimenti korita, Barski sediment*) – najzastupljeniji nakon **I. i II. aluvijalne terase**.

- Geološka karta županije
- **Mjerilo 1: 100 000**
- **ESRI grid raster geološke jedinice**



Legenda:

oznaka naselja

- Grada
- ⊙ Općine
- ⊞ Županije

LITO

- Pont
- Eolski sediment
- Sarmat

- Les
- Sedimenti korita
- Lesoidni sedimenti
- IV. terasa
- Barski sediment
- I, I II. terasa
- III. terasa
- Aluvijalno-jezerski sedimenti
- Klastiti s vulkanitima
- Magmatiti
- Kalničke breče
- Klastiti i konglomerati
- Panon
- Aluvijalno-proluvijalni sediment
- Proluvij
- Klastiti s ugljenom

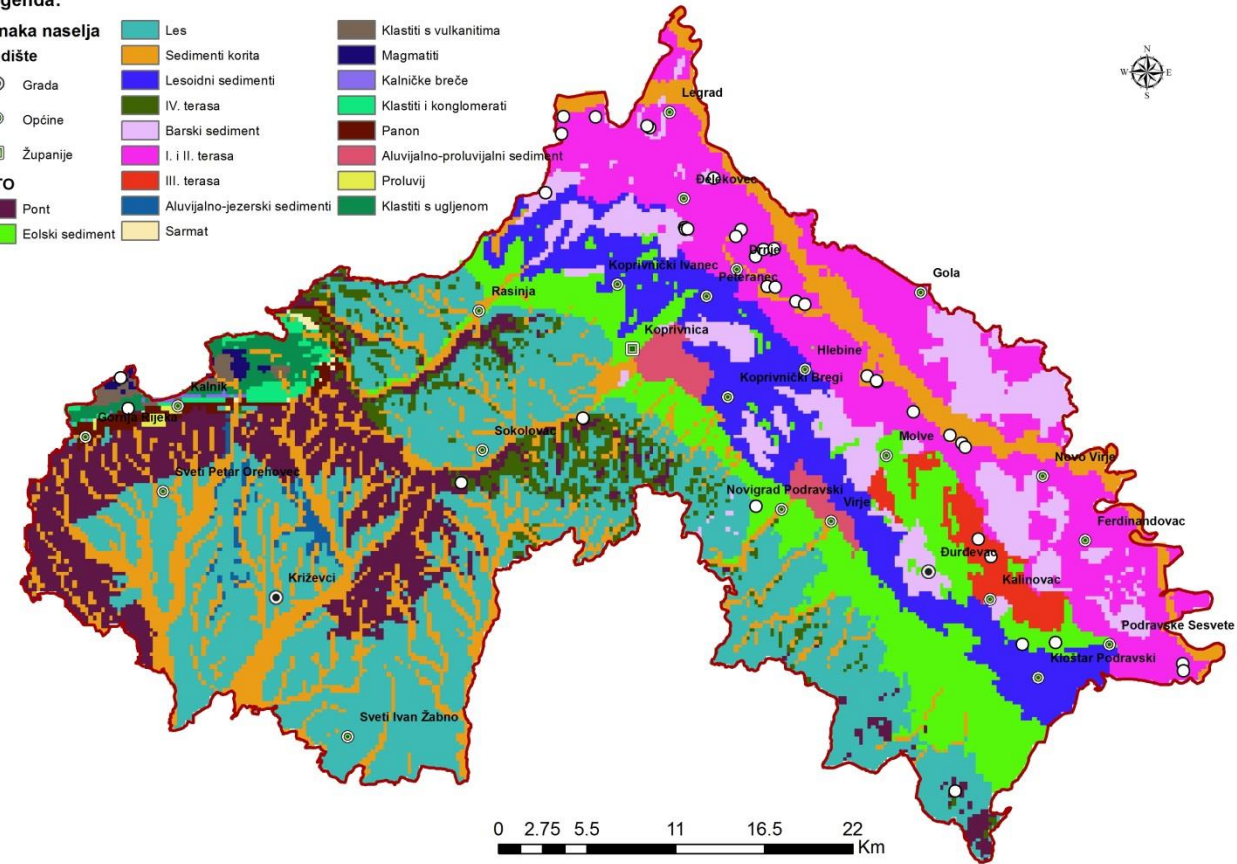
TUMAČ GEOLOŠKIH OZNAKA

- geološka granica
- - - geološka granica pokrivena
- ⋯ erozijska granica pokrivena
- |||| granica izljevnog vulkanita
- ||||| terasni odsjek
- rasjed
- - - rasjed pokriven
- ⋯ rasjed reverzni
- ⋯ rasjed reverzni pokriven
- spušten blok

TUMAČ IZDOJENIH JEDINICA

- a Holocen, Sedimenti korita
- a_{1,2} Holocen, I, i II. terasa
- b Holocen, Barski sedimenti
- p Holocen, Eolski sedimenti
- a,pr Holocen, Aluvijalno-proluvijalni sedimenti
- lp Pleistocen, Lesoidni sedimenti
- l Pleistocen, Les
- pr Pleistocen, Proluvij
- a₃ Pleistocen, III. terasa

- a₄ Pleistocen, IV. terasa
- a_j Pleistocen, Aluvijalno-jezerski sedir
- M₇ Pont, Lapor, pijesci, ugljen
- M₆ Panon, Laporoviti vapnenci, lapor
- M₅ Sarmat, Vapneni lapor
- M₄ Gornji baden, Klastiti i karbonati
- M₁ Donji miocen, Klastiti s ugljenom
- E Eocen, Kalničke breče
- K_{1,2} Alb-turon, Klastiti s vulkanitima
- ββ Magmatiti,



Analiza varijabli (tematski slojevi)

PROMETNA MREŽA:

Rezultati WofE analiza za varijablu udaljenosti od lokacija eksploatacije kamenih agregata

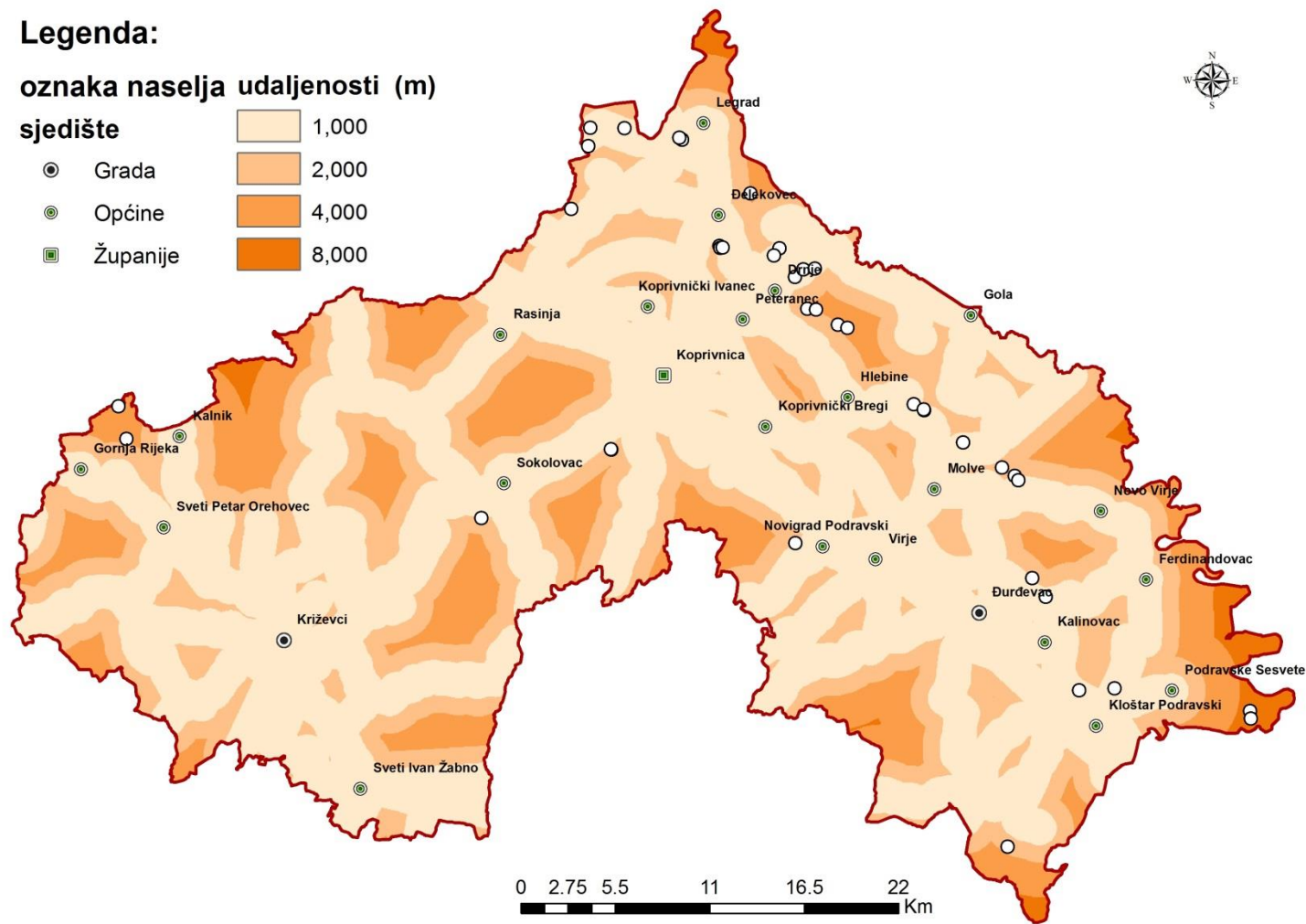
UDALJENOST (m)	AREA_SQ_KM	NO_POINTS	WPLUS	WMINUS	CONTRAST	STUD_CNT
1000	1049.25	20	-0.1049	0.1394	-0.2442	-0.7402
2000	429.265	11	0.1912	-0.071	0.2622	0.7289
4000	242.6125	4	-0.25	0.035	-0.2851	-0.5383
8000	26.805	2	1.2612	-0.0401	1.3013	1.7883

- Na udaljenosti od 1000 m nalazi se čak 20 od 37 analiziranih lokacija za eksploataciju kamenih agregata, što čini čak 54% svih lokacija u županiji, u daljnjih 1000 m odnosno do 2000m nalazi se 11 lokacija odnosno 30%. Sveukupno trideset jedna (31) lokacija odnosno 84% svih lokacija je smješteno između 0-2000 m od glavnih prometnica ili 84% površine županije uključuje buffer zonu od 2000 m od mjesta eksploatacije

Legenda:

oznaka naselja udaljenosti (m)

○	Grada	1,000
⊙	Općine	2,000
■	Županije	4,000
		8,000



Prikaz prometne mreže (glavne željezničke i cestovne mreže) te lokacija mjesta eksploatacije mineralnih sirovina kamenih agregata u Koprivničko-križevačkoj županiji sa udaljenostima od 1000 m, 2000 m, 4000 m i 8000 m

Ovakvi odnosi ilustriraju važnost blizine prometne mreže rudarskoj industriji, kao važnost faktora smanjenja troškova prijevoza mineralne sirovine do krajnjeg odredišta

Analiza varijabli (tematski slojevi)

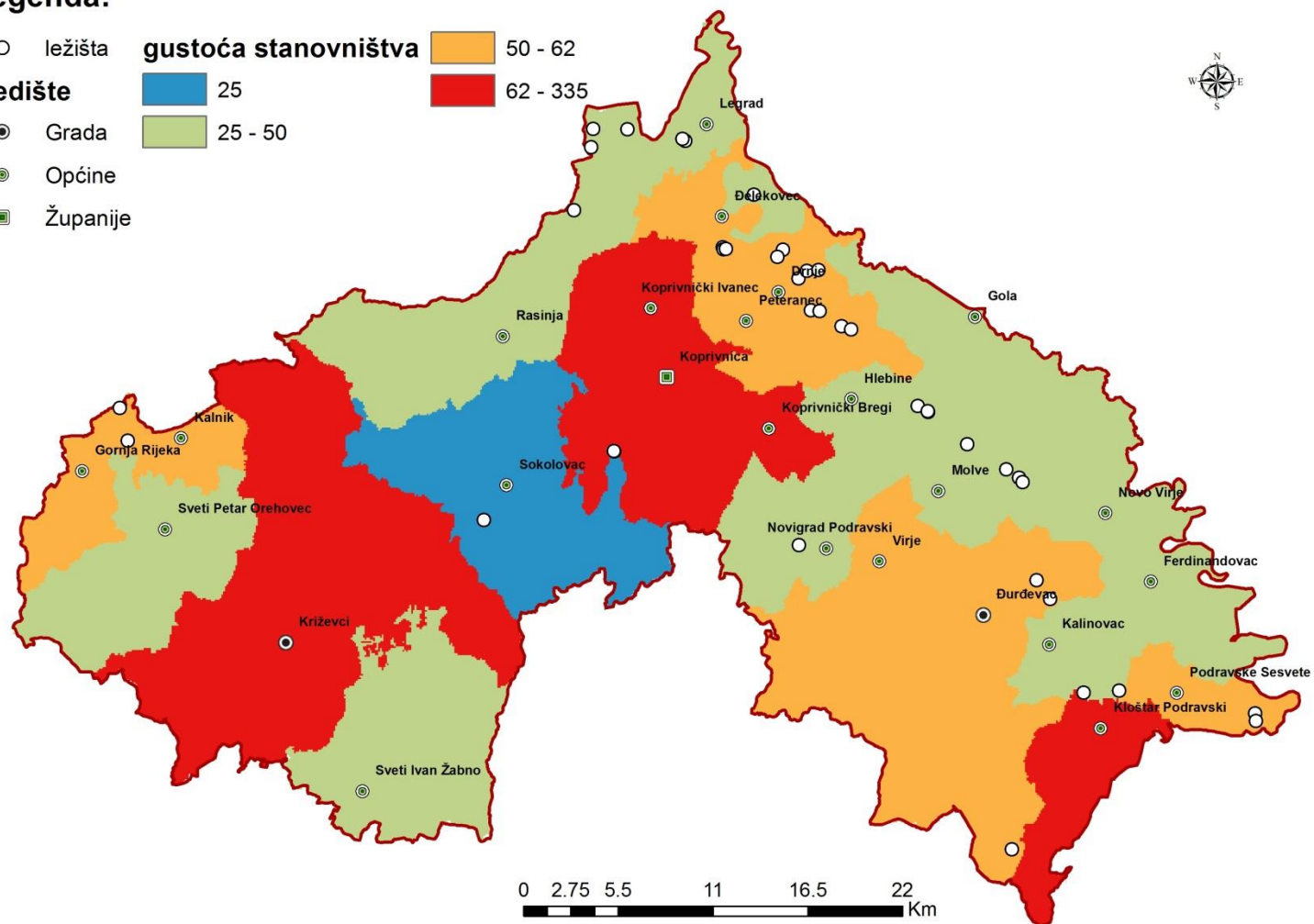
GUSTOĆA NASELJENOSTI:

Rezultati WofE analiza za varijablu gustoće stanovništva s obzirom na lokacije eksploatacije kamenih agregata (prikazane su općine i gradovi u kojima postoje lokacije za eksploataciju kamenih agregata)

NASELJE	GUSTOĆA STAN.	AREA_SQ_KM	NO_POINTS	WPLUS	WMINUS	CONTRAST	STUD_CNT
Legrad	36	62.26	6	1.5177	-0.1407	1.6585	3.7146
Drnje	62	29.56	5	2.0821	-0.1282	2.2103	4.5878
Peteranec	52	51.85	4	1.2948	-0.0843	1.3791	2.6025
Molve	48	46.23	4	1.4097	-0.0877	1.4974	2.8254
Đurđevac	53	157.95	3	-0.1083	0.0101	-0.1185	-0.1966
Đelekovec	58	26.28	3	1.6875	-0.0694	1.757	2.9133

Legenda:

- ležišta
- sjedište**
- Grada
 - Općine
 - Županije
- gustoća stanovništva**
- 50 - 62
 - 62 - 335
 - 25
 - 25 - 50



Prikaz gustoće stanovništva te lokacija eksploatacije mineralnih sirovina kamenih agregata u Koprivničko-križevačkoj županiji

Ovih šest općina obuhvaća 22% površine županije te 2/3 svih lokacija eksploatacije kamenih agregata koje su uključene u ovu analizu, većina općina se nalazi u širem prstenu oko županijskog središta Koprivnice te uključuju drugo po važnosti središte u županiji grad Križevci, što ukazuje na važnost blizine lokalnog tržišta građevinskim materijalima

Model uklapanja

- **WofE analiza** korištena je za analizu prostornih veza između mjesta točaka zahvata (lokacije za eksploataciju mineralnih sirovina) i varijabli (geološke jedinice, gustoća stanovništva i prometna mreža), te reklasifikaciju varijabli kao osnove za optimalno predviđanje (*Bonham-Carter, 1994., Raines, Bonham-Carter i Kemp, 2000*).
- Razvijena i uspoređena su dva modela:
 1. **binarni model (model 1)** koji koristi varijable geološke jedinice, gustoća stanovništva i prometna mreža, sa dvije kategorije (pozitivna i negativna)
 1. **multiklasni model (model 2)** pomoću nekoliko varijabli: geološke jedinice, gustoća stanovništva i prometna mreža s više kategorija podataka u svakoj varijabli
- Kontrast (C = razlika između binarnih težinskih faktora), standardna devijacija kontrasta ($s(C)$), pouzdanost $[C/s(C)]$
- Apsolutna vrijednost $C/s(C)$ od 1,96 je približno jednaka 95% pouzdanosti

Model uklapanja

geološka jedinica	WPLUS	WMINUS	CONTRAST	STUD_CNT	MULTI	BINAR
nepovoljno	-0.906	0.06545	-0.9715	-1.14375	0	0
IV. Terasa ;Barski sediment; III. Terasa;Klastiti s vulkanitima	1.0731	-0.038375	1.11143	1.447925	1	1
Kalničke breče	3.3885	-0.0265	3.415	3.3431	2	1
I. i II. terasa	1.2991	-0.5696	1.8687	5.6783	3	1

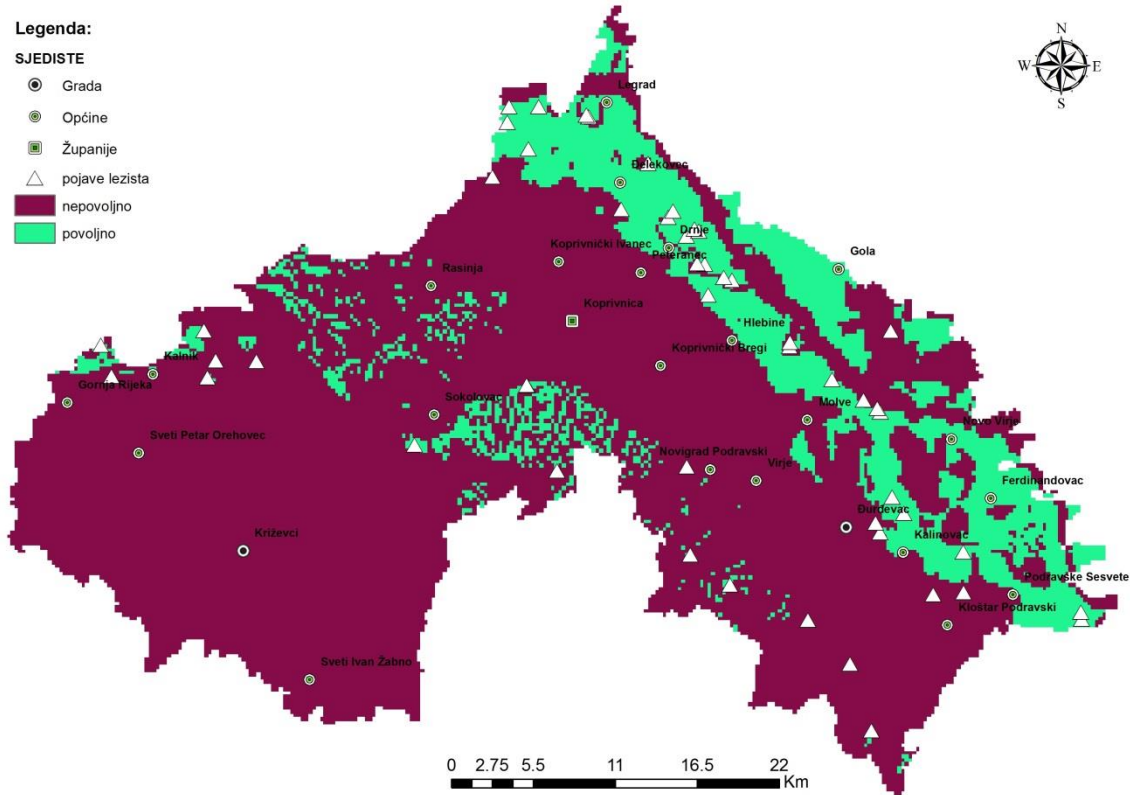
gustoća (stan/km ²)	WPLUS	WMINUS	CONTRAST	STUD_CNT	MULTI	BINAR
43.6	-0.33978	0.01688	-0.35666	-0.39798	0	0
46	0.29	-0.007	0.297	0.2928	1	1
49	1.35443	-0.071271	1.425742857	2.446357143	2	1
62	2.0821	-0.1282	2.2103	4.5878	3	1

Udaljenost	WPLUS	WMINUS	CONTRAST	STUD_CNT	MULTI	BINAR
4000	-0.25	0.035	-0.2851	-0.5383	0	0
1000	-0.1049	0.1394	-0.2442	-0.7402	1	0
8000	1.2612	-0.0401	1.3013	1.7883	2	1
2000	0.1912	-0.071	0.2622	0.7289	3	1

Rezultati WofE analiza za varijable geološke jedinice, gustoća stanovništva po općinama i gradovima i udaljenost od prometne mreže sa prikazanom optimalnom reklasifikacijom

Rezultati modela

Binarni model (model 1)



Kriteriji, težine W+ i W-, mjera kontrast (C) te mjera pouzdanosti (C/s(C)) dobivene u binarnom modelu (1)

Varijabla	WMINUS	WPLUS	CONTRAST	STUD_CNT
Geološke jedinice	-1.3534	1.108	2.4614	5.8627
Gustoća stanovništva	-1.317	1.4011	2.7181	6.8042
Prometna mreža	-0.1318	0.3013	0.4331	1.2573

Pomoću Agterberg i Cheng (2002) CI test određena je vjerojatnosti model te ona iznosi $(T-n)/Tstd = 1.817222$ je 96.5%.

Prikaz varijable geoloških jedinica u dobivenih u binarnom modelu **kategorizirane su na povoljne i nepovoljne geološke jedinice** za eksploataciju kamenih agregata.

Rezultati modela

Multiklasni model (model 2)

Legenda:

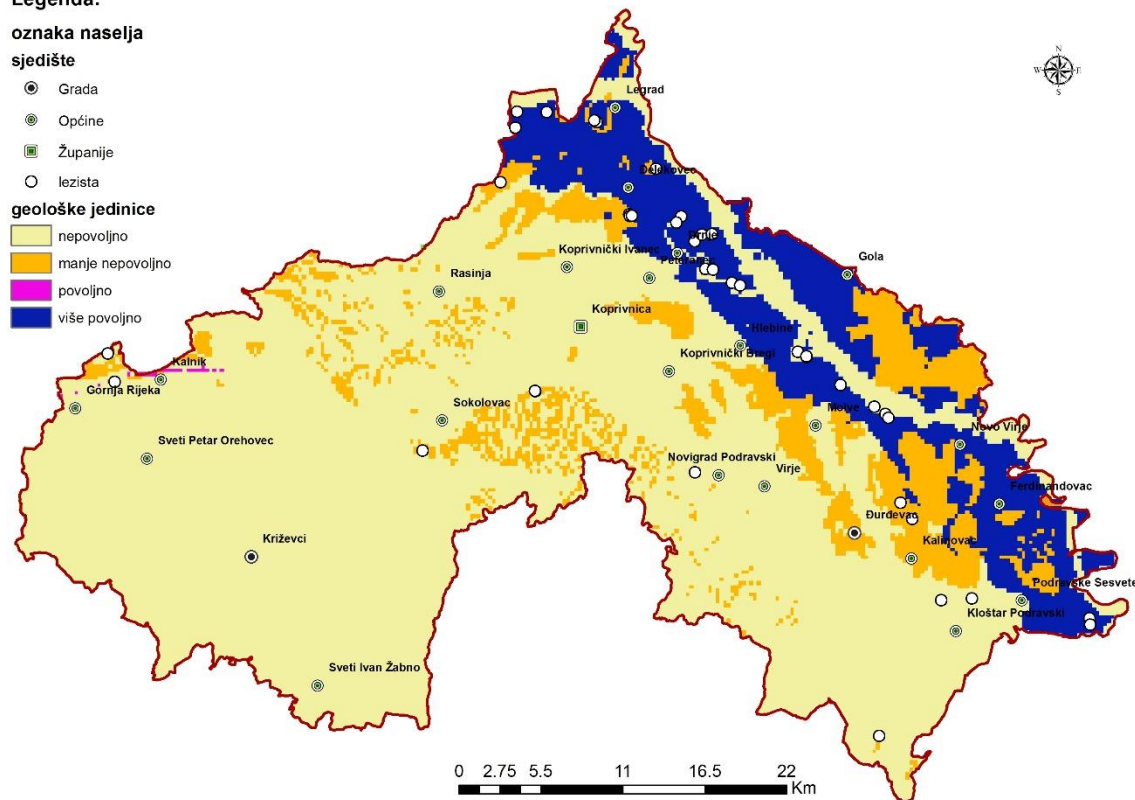
oznaka naselja

sjedište

- Grada
- ⊙ Općine
- Županije
- lezista

geološke jedinice

- nepovoljno
- manje nepovoljno
- povoljno
- više povoljno



Kriteriji, težine W+ i W-, mjera kontrast (C) te mjera pouzdanosti (C/s(C)) dobivene u Multiklasni modelu (2)

Varijabla	WMINUS	WPLUS	CONTRAST	STUD_CNT
geologija	1.2137	-0.1423	1.3559	2.3314
stanovništvo	0.8467	-0.0474	0.8941	1.7322
transport	0.2744	0.0158	0.2586	0.3097

Pomoću Agterberg i Cheng (2002) CI test određena je vjerojatnosti model te ona iznosi $(T-n)/Tstd = 1.447107$ je 92.6%.

Prikaz varijable geoloških jedinica dobivenih u multiklasnom modelu **kategorizirane su u četiri kategorije: na povoljne (više) i nepovoljne (manje) geološke jedinice** za eksploataciju kamenih agregata.

Procjena i modifikacija modela

- Klasifikacija povoljnosti je bazirana na **posterior vjerojatnost**
- **Prior vjerojatnost** iznosi 0,000529 lokacije/km²
- Posterior vjerojatnost manja od 0,000529 lokacije/km² je određena kao **nepovoljno područje za lokacije za eksploataciju kamenih agregata**, područja karte sa posterior vjerojatnost koja je veća od 0,000529 lokacije/km² se smatra **povoljnim područjem za eksploataciju kamenih agregata**.
- Od 39 lokacija za eksploataciju kamenih agregata, 7 lokacija (19%) u binarnom modelu (Model 1) i 7 lokacija (19%) u multiklasnom modelu (Model 2) nalaze se u nepovoljnoj kategoriji.

Procjena i modifikacija modela

Legenda:

oznaka naselja

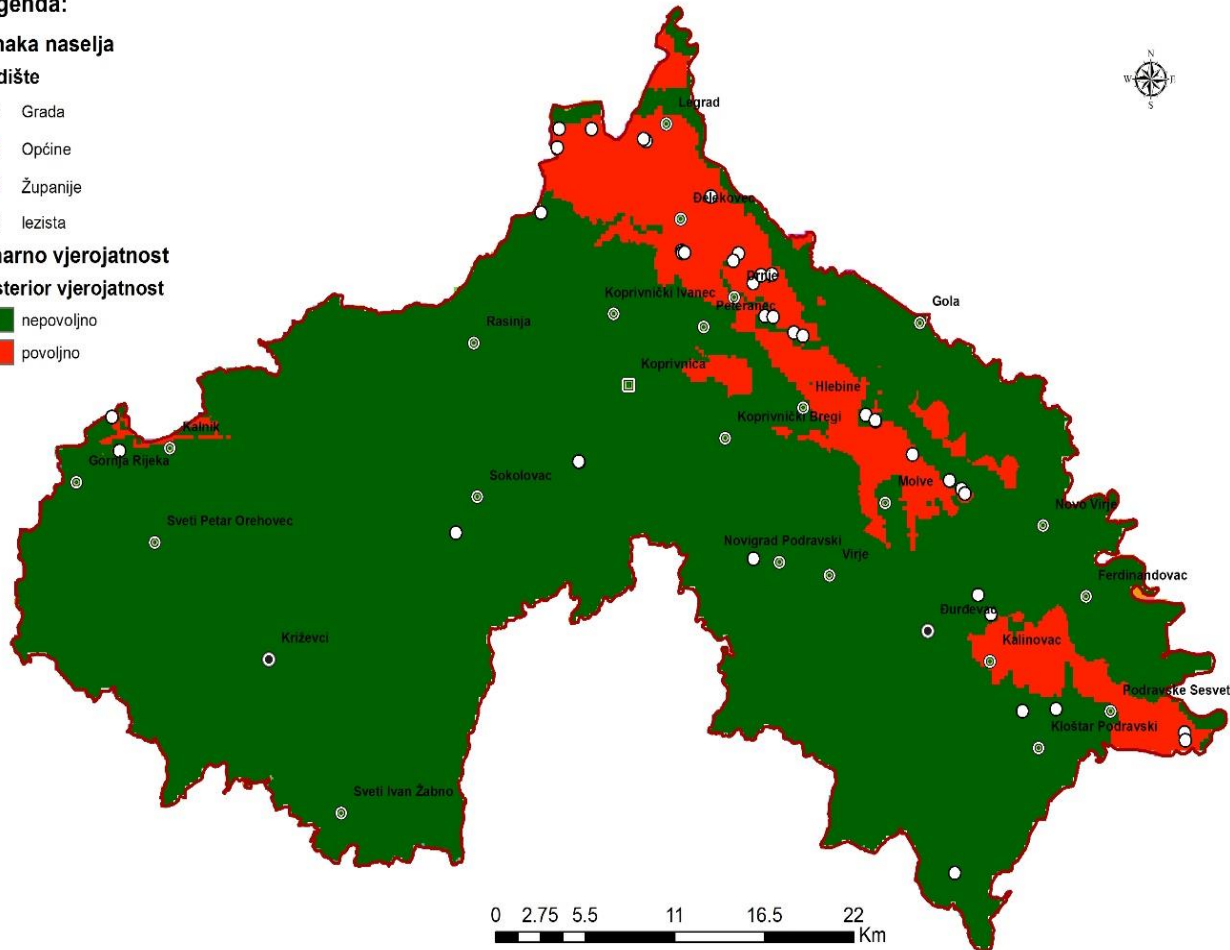
sjedište

- Grada
- ⊙ Općine
- Županije
- Iezista

Binarno vjerojatnost

posterior vjerojatnost

- nepovoljno
- povoljno



Rezultati binarnog modela (model 1)

Klasifikacija povoljnosti je bazirana na posterior vjerojatnost.

- Posterior vjerojatnost manja od 0,000529 lokacije/km² je određena kao nepovoljno područje za lokacije za eksploataciju kamenih agregata, područja karte sa Posterior vjerojatnost koja je veća od 0,000529 lokacije/km² se smatra povoljnim područjem za eksploataciju kamenih agregata.

Procjena i modifikacija modela

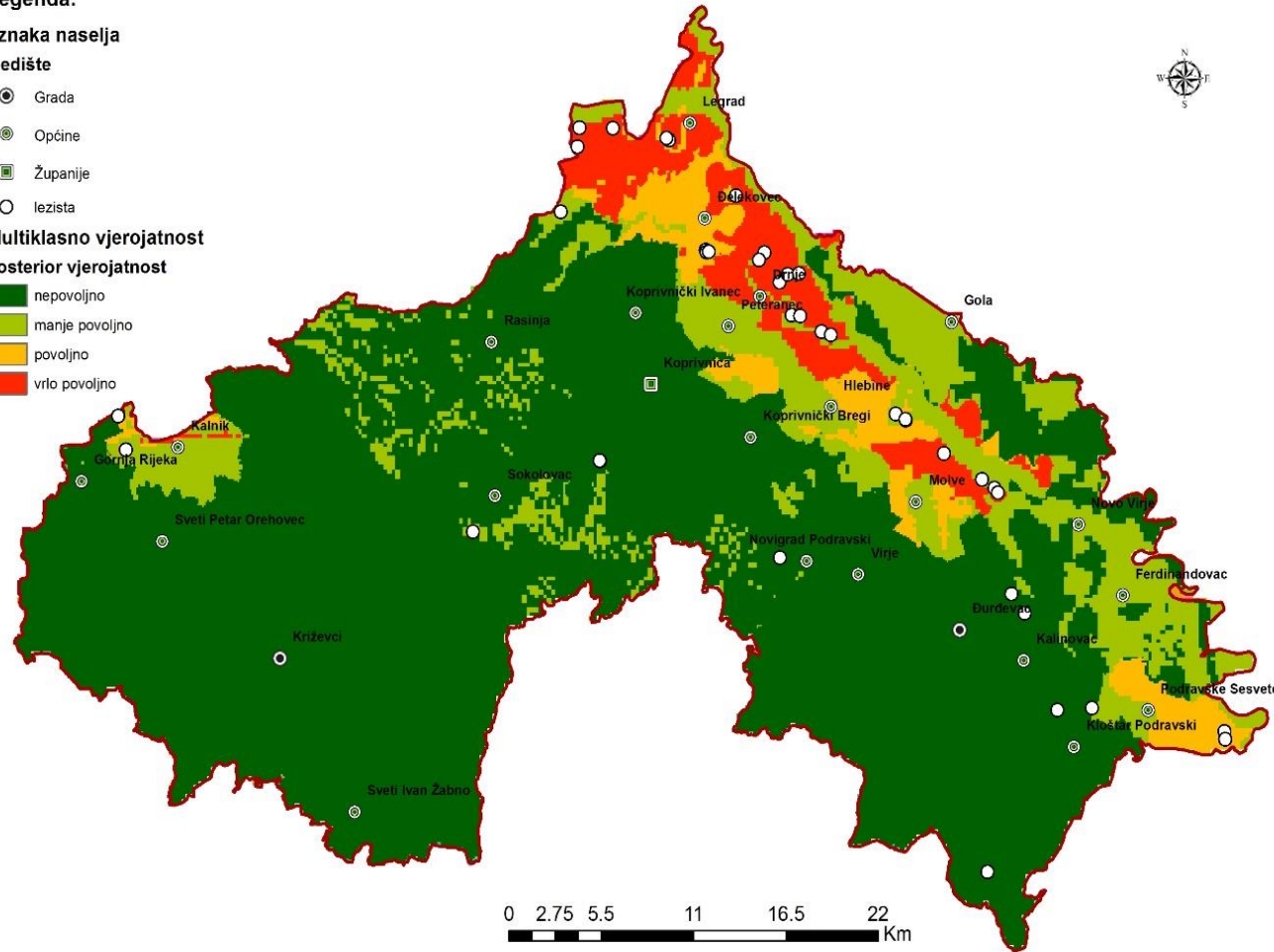
Legenda:

oznaka naselja sjedište

- Grada
- ⊙ Općine
- ▣ Županije
- Iezista

Multiklasno vjerojatnost posterior vjerojatnost

- nepovoljno
- manje povoljno
- povoljno
- vrlo povoljno



Rezultati **multiklasnog modela (model 2)**.

Klasifikacija povoljnosti je bazirana na posterior vjerojatnost.

- Posterior vjerojatnost manja od $0,000529$ lokacije/km² je određena kao nepovoljno područje za lokacije za eksploataciju kamenih agregata, područja karte sa Posterior vjerojatnost koja je veća od $0,000529$ lokacije/km² se smatra povoljnim područjem za eksploataciju kamenih agregata.

Procjena i modifikacija modela

- Rezultate binarnog i multiklasnog modela možemo i dalje nastaviti modificirati upotrebom prostornih podataka te ih **učiniti primjenjivima i prostornim planerima na daljnje korištenje.**
- Upotrebom podataka iz Rudarsko-geološke studije i podataka ustupljenim od Zavoda za prostorno uređenje koja uključuju zakonska i prostorno planska ograničenja i zabrane, napravljene su **karte geološke povoljnosti za eksploataciju kamenih agregata (odnosno najpovoljnih područja za istraživanje i eksploataciju mineralnih sirovina- kamenih agregata)** u zonama pogodnosti i zonama konflikta geološke potencijalnosti mineralnih sirovina

Procjena i modifikacija modela

Legenda:

oznaka naselja

sjedište

- Grada
- Općine
- Županije

Binarno vjerojatnost Zk

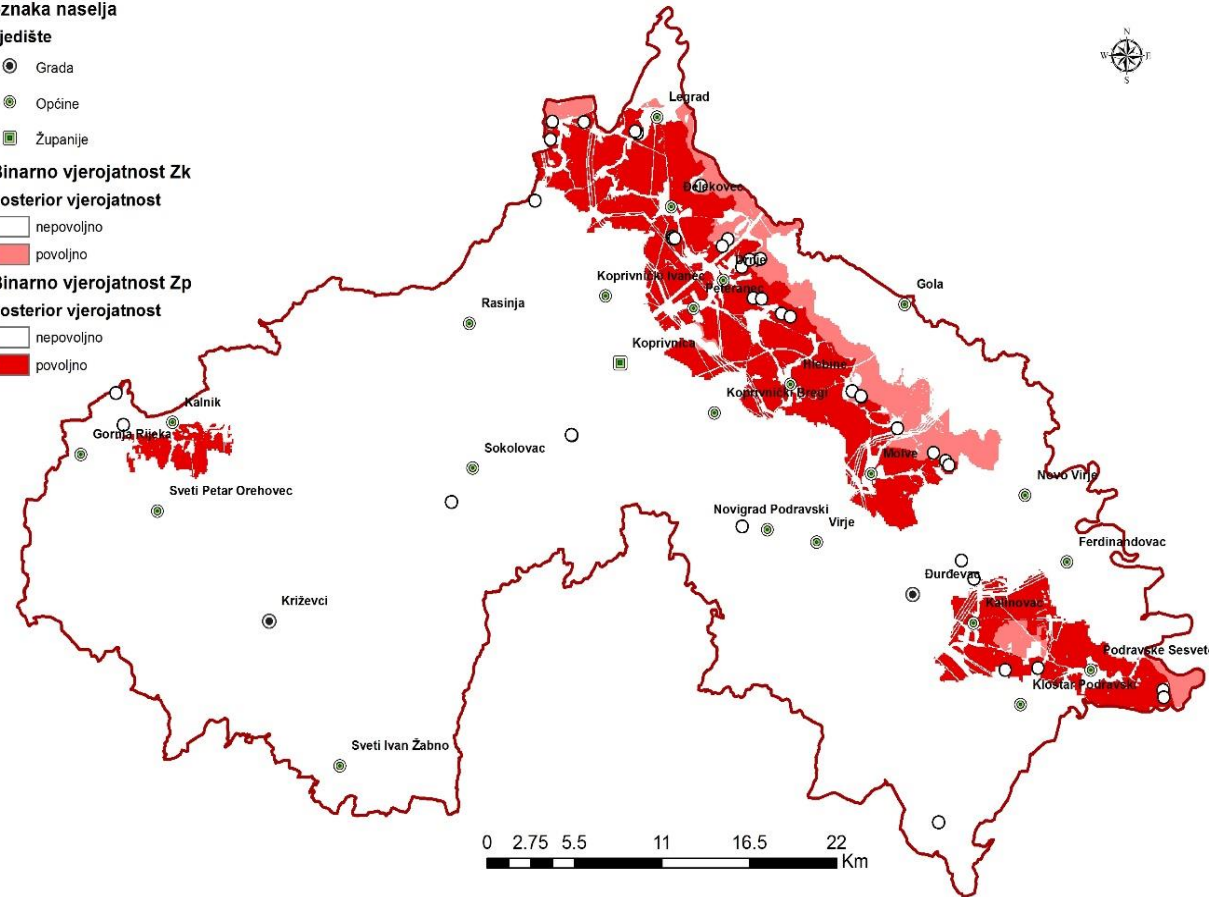
posterior vjerojatnost

- nepovoljno
- povoljno

Binarno vjerojatnost Zp

posterior vjerojatnost

- nepovoljno
- povoljno



Rezultati binarnog modela (model 1).

Karte posterior vjerojatnosti su preklapljene sa zakonskim i prostorno planskim ograničenjima i zabranama (izvor podataka: Zavod za prostorno uređenje Koprivničko-križevačke županije)

Zajedno prikazane najpovoljnija područja za istraživanje i eksploataciju mineralnih sirovina

- Zonama pogodnosti
- Zonama konflikta

Procjena i modifikacija modela

Legenda:

oznaka naselja

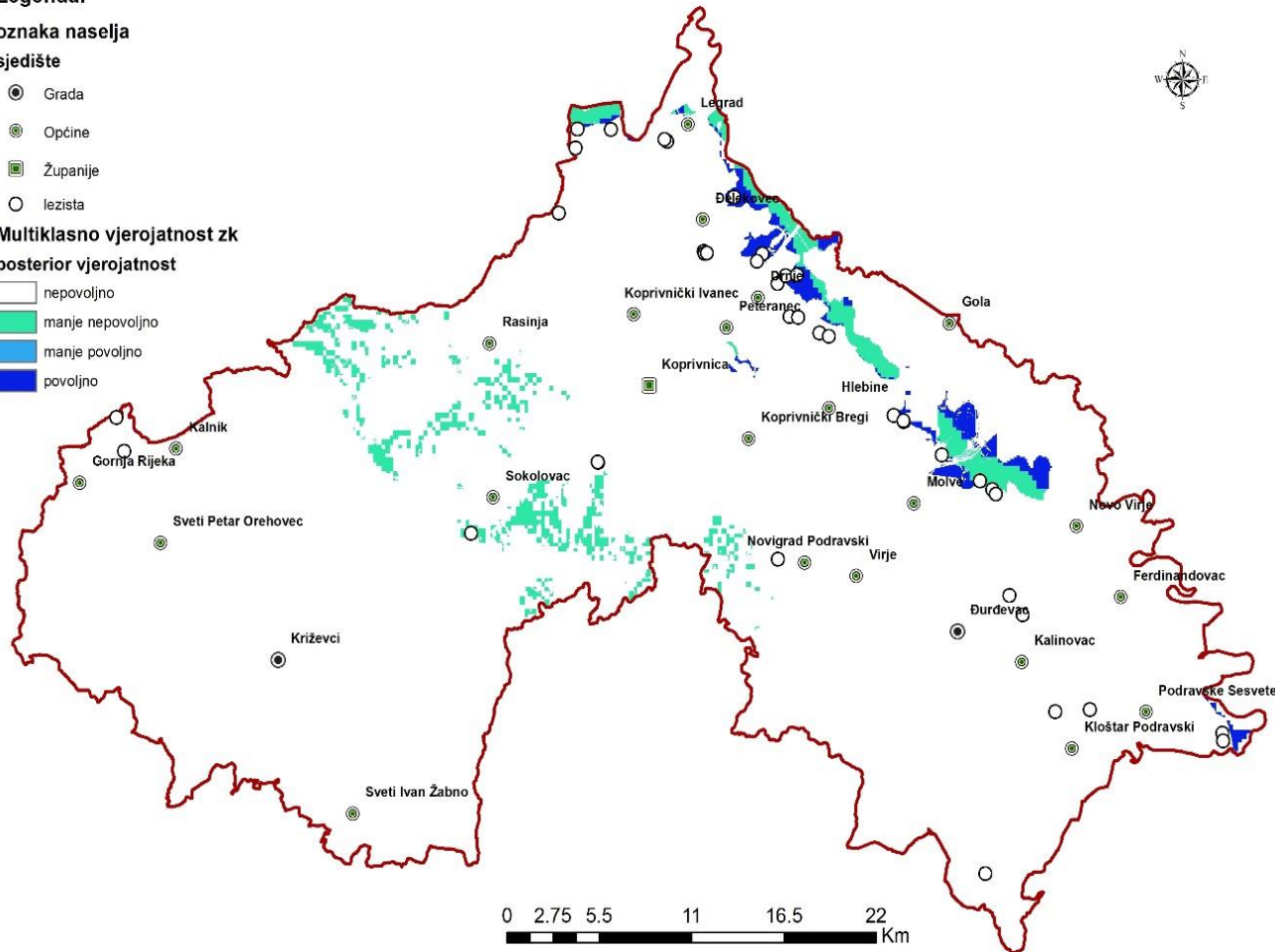
sjedište

- Grada
- Općine
- Županije
- Iezista

Multiklasno vjerojatnost zk

posterior vjerojatnost

- nepovoljno
- manje nepovoljno
- manje povoljno
- povoljno



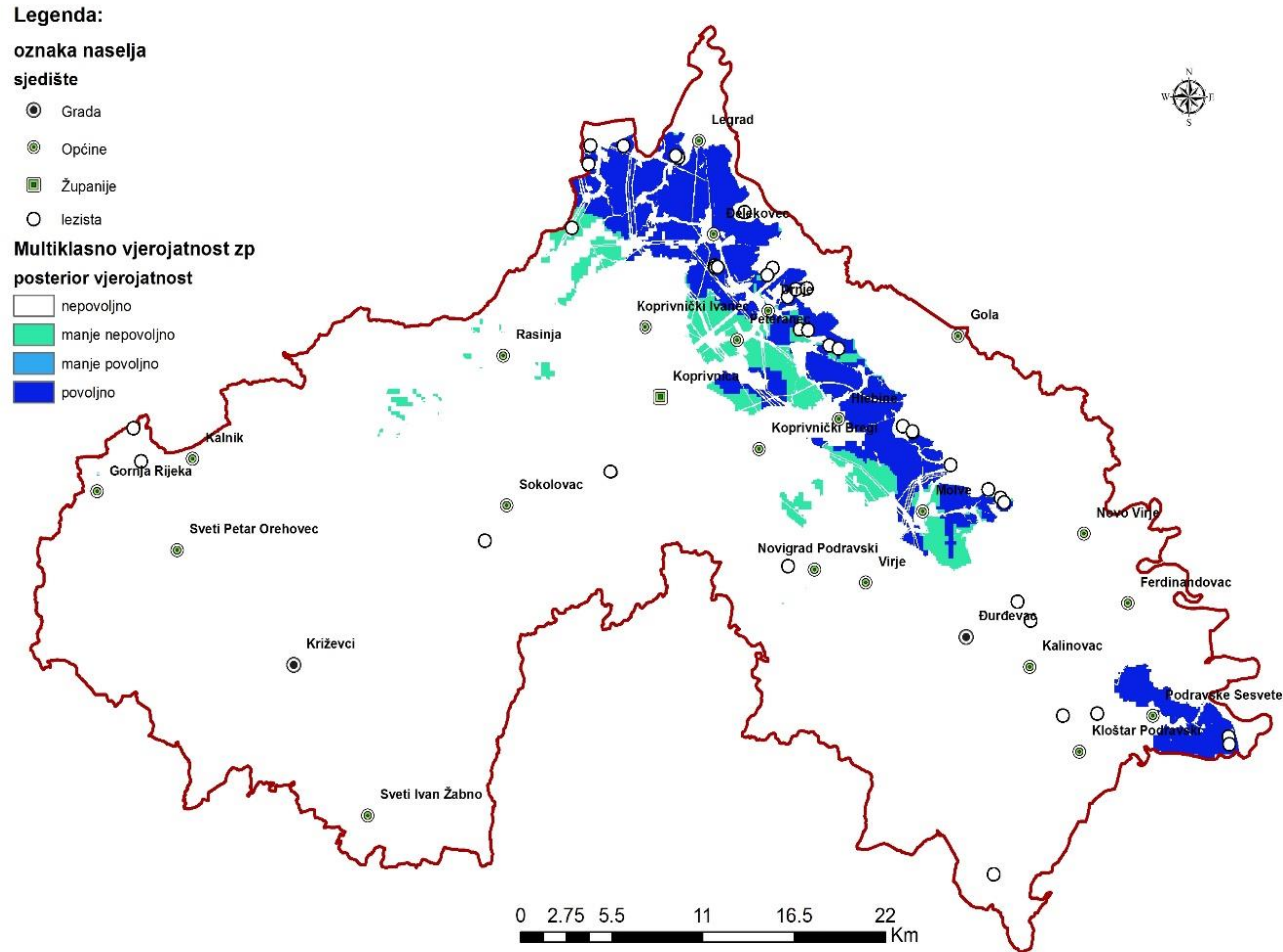
Rezultati multiklasnog modela (model 2).

Karte posterior vjerojatnosti su preklapljene sa zakonskim i prostorno planskim ograničenjima i zabranama (izvor podataka: Zavod za prostorno uređenje Koprivničko-križevačke županije)

- najpovoljnija područja za istraživanje i eksploataciju mineralnih sirovina

- Zonama konflikta

Procjena i modifikacija modela



Rezultati **multiklasnog modela (model 2)**.

Karte posterior vjerojatnosti su preklapljenje sa zakonskim i prostorno planskim ograničenjima i zabranama (izvor podataka: *Zavod za prostorno uređenje Koprivničko-križevačke županije*)

- najpovoljnija područja za istraživanje i eksploataciju mineralnih sirovina

- Zonama pogodnosti

Zaključak

- **WofE analiza** nam služi za definiranje **područja povoljnih za istraživanje i eksploataciju kamenih agregata** koristeći varijable geološke karte, prometne mreže (cestovne i željezničke mreže) i gustoće stanovništva, temeljeno na kontrastima i težinskim faktorima u binarnom i u multiklasnom modelu
- Varijabla **geološke jedinice** daje najjače predvidive dokaze o lokacijama za eksploataciju kamenih agregata, zatim slijede gustoća stanovništva i prometna mreža
- Općenito GIS metode pružaju korisnu prostornu analizu koja je vezana za razne podatke i koja se može u dalje razvijati i **modificirati kako se prostor mijenja te i njegovi ulazni parametri** (gustoća stanovništva i prometnice)
- Rezultate **WofE analize (binarnog i multiklasnog modela)** možemo i dalje nastaviti modificirati upotrebom prostornih podataka te ih **učiniti primjenjivima i prostornim planerima na daljnje korištenje u određivanju područja mineralnih sirovina od javnog značaja za društvenu zajednicu.**

Zahvala

Zahvaljujem Zavodu za prostorno uređenje Koprivničko-križevačke županije na ustupljenim podacima koji su korišteni u ovoj analizi,

posebice pomoćniku ravnatelja mr. sc. Mladenu Matici

ravnatelju Zlatku Filipoviću,

kao i cijelom Zavodu za prostorno uređenje Koprivničko-križevačke županije