



# GIS IN WATER MANAGEMENT

**Bojana Horvat**

University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering

**UNIRI**

Training for WB teaching staff at UNIRIFCE

22.03.2022.

**G**  
**F**

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

University of Nis



[www.swarm.ni.ac.rs](http://www.swarm.ni.ac.rs)

**Strengthening of master curricula in water resources  
management for the Western Balkans HEIs and stakeholders**

Project number: 597888-EPP-1-2018-1-RS-EPPKA2-CBHE-JP



## EDUKACIJA IZ GIS-A

- GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE (diplomski sveučilišni studij, 3. semestar);
  - Obavezan (urbano inženjerstvo)
  - ECTS: 6
  - Broj sati (P+V+S): 30+15+15
- GIS I BAZE KOMUNALNIH PODATAKA (specijalistički diplomski stručni studij, 1. semestar);
  - Obavezan
  - ECTS: 6
  - Broj sati (P+V+S): 30+30+0



## CILJEVI

- upoznavanje s konceptom GIS-a i njegovom primjenom,
- osposobljavanje za rješavanje osnovnih zadataka upravljanja bazama podatak komunalne infrastrukture primjenom GIS-a,
- osposobljavanje za rješavanje planerskih zadataka u domeni komunalne infrastrukture korištenjem GIS-a.

## OČEKIVANI ISHODI UČENJA

1. Definirati i objasniti osnove sustava za upravljanje bazama podataka;
2. Definirati i objasniti osnovne principe geografskih informacijskih sustava te njihove komponente;
3. Analizirati podatke u GIS-u;
4. Povezati podatke iz GIS-a sa ostalim bazama podataka;
5. Analizirati i primijeniti GIS na rješavanje problema na efikasan način.

## 2. OBVEZE STUDENATA NA KOLEGIJU I NAČIN OCJENJIVANJA

Redovito pohađanje predavanja i vježbi, seminarski zadatak, kolokvij, završni ispit

Aktivnost	ECTS	Ishod učenja	Aktivnost studenata	Metoda procjenjivanja	Min bodovi	Max bodovi
Prisustvo na nastavi	1,5	1-5	Slušanje predavanja i vježbi , aktivno sudjelovanje postavljajem pitanja, diskusijama i sl.	Boduje se aktivnost na nastavi u vidu izrade zadanih zadataka (zadaca). Student je obavezan skupiti minimalno 60 % (3 boda). Prisustvo na nastavi se ne boduje.	3	5
Seminarski zadatak	1,75	2, 3, 5	Izrada seminarskog rada.	Izrada seminarskog rada je obavezna. Ocjenjuje se pisani rad i usmeno izlaganje.	16	25
Kolokvij	1,25	1-4	Priprema/učenje za kolokvij	Kolokvij nosi maksimalno 40 bodova. Na kolokviju je student obavezan ostvariti minimalno 40% (16 bodova).	16	40
<b>Aktivnosti tijekom nastave ukupno</b>	-	<b>1-5</b>	<b>Sve gore navedeno</b>	<b>Za pristupanje završnom ispitu student treba tijekom nastave kroz razne aktivnosti ostvariti min. 50 % tj. 35 od ukupno 70 bodova.</b>	<b>35</b>	<b>70</b>
<b>Završni ispit</b>	<b>1,5</b>	<b>1-5</b>	<b>Priprema/učenje za ispit</b>	<b>Student na ispitu mora ostvariti min. 50 % tj. 15 od ukupno 30 bodova.</b>	<b>15</b>	<b>30</b>
Ukupno	6,0	1-5	Sve gore navedeno	<b>Skala ocjena:</b> Do 49,9 bodova - F tj. nedovoljan (1) 50-59,9 bodova - D tj. dovoljan (2) 60-74,9 bodova - C tj. dobar (3) 75-89,9 bodova - B tj. vrlo dobar (4) 90-100 bodova - A tj. izvrstan (5)	50	100

### Ishodi učenja:

Očekuje se da će studenti nakon položenog ispita iz kolegija „GIS u planiranju komunalne infrastrukture“ biti sposobni:

1. definirati i objasniti osnove sustava za upravljanje bazama podataka;
2. definirati i objasniti osnovne principe GIS-a te njegove komponente;
3. analizirati podatke u GIS-u;
4. povezati podatke iz GIS-a s ostalim bazama podataka;
5. analizirati i primijeniti GIS u rješavanju problema na efikasan način.

# SADRŽAJ

## 1. UVOD U GIS

- Što je GIS?
- Osnovne komponente GIS-a;
- Standardi;
- Vrste i modeli podataka, upravljanje podacima.

### Definicija GIS-a

**GEOGRAFSKI** – položaj je poznat ili može biti određen (geografske koordinate);

**INFORMACIJSKI** – omogućuje stjecanje novih saznanja (na temelju karata, tablica, statističkih prikaza, rezultata interaktivnih pretraživanja...);

**SUSTAV** – sastavljen od nekoliko međusobno povezanih komponenti

**GIS:**

- Geografski Inf Information S)
- računalni sust. pohranu, man prikaz svih tip

**Zadatak GIS-a:**

- dokumentacij prostornih poi povezanost

GIS U PLANIRANJU

### Osnovne komponente GIS-a

- Podaci**
  - jezgra GIS-a
  - kombinacija atributnih i prostornih podataka,
  - analiza i postavljanje specifičnih prostornih upitiz;
- Softver**
  - daje funkcije i alate potrebne za pohranu, analizu i prikaz geografskih informacija u skladu s potrebama i zahtjevima korisnika;
- Hardver**
  - računalni sust.
  - od centralizirani
- Ljudi**
  - kompetentni
- Metode i proc**
  - dobro osmišl

GIS U PLANIRANJU

### Softver

- daje funkcije i alate potrebne za pohranu, analizu i prikaz geografskih informacija u skladu s potrebama i zahtjevima korisnika;
- odabir ovisi o namjeni: nisu svi alati podjednako primjereni za specifičnu namjenu.

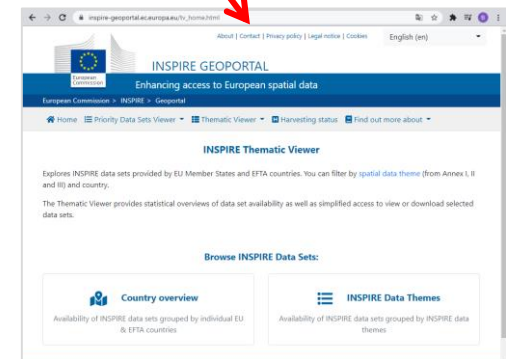
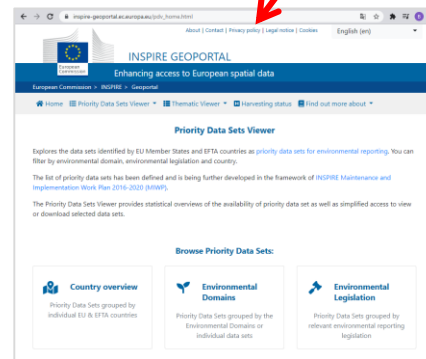
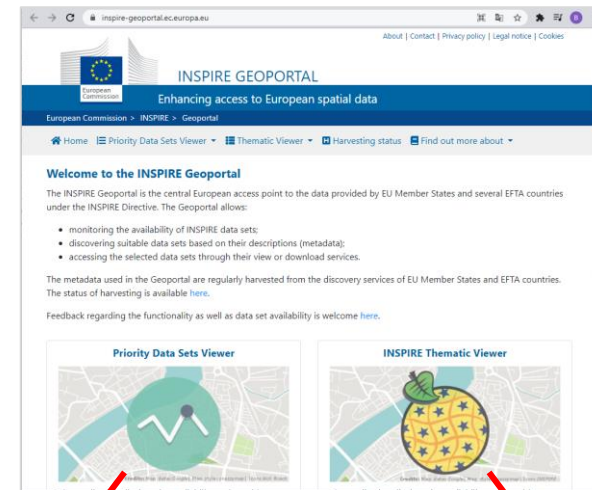
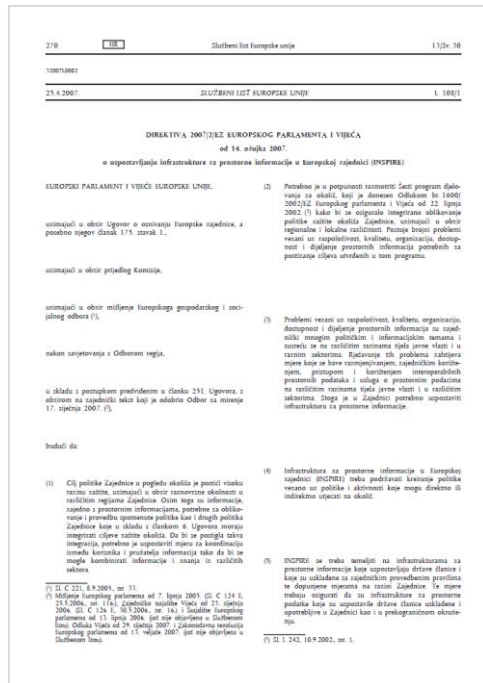
- Softver otvorenog koda (open source)**
  - pokrivaju sva ili samo neka područja baratanja prostornim podacima,
  - besplatno preuzimanje i instalacija,
  - brza primjena novih poboljšanja softvera, brzo i jednostavnije rješavanje bugova (sudjeluje cijela zajednica korisnika),
  - podrška – cijela zajednica korisnika,
  - GRASS GIS, ILWIS, QGIS, SAGA GIS, MapWindow GIS...
- Komercijalni (vlasnički) softver (intelektualno vlasništvo)**
  - komercijalni GIS softver – licence su obično skupe,
  - podrška – određen kontakt podrške,
  - visoko specijalizirani,
  - ArcGIS (ESRI), ERDAS Imagine, ENVI, GeoMedia (Intergraph), Bentley Systems...

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE

6

## INSPIRE direktiva

- infrastruktura prostornih podataka;
- razmjena prostornih podataka među korisnicima u javnom i privatnom sektoru.



## 1. UVOD U GIS

- Modeli podataka;
- QGIS softver (učitavanje vektorskih i rasterskih podataka, alati za vizualnu manipulaciju podacima);

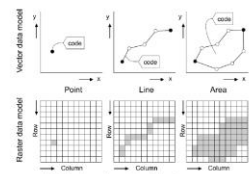
Modeli podataka u OGIS-u

**1. Vektorski model**

- sastoji se od točaka i linija,
- osnovni tipovi vektorskih podataka: točka, linija, poligon
- položaj svakog prostornog elementa je definiran koordinatama.
- zauzimaju manje prostora na disku, pogodni za izradu karata visoke kvalitete.

**2. Rasterski model**

- prostorni podaci organizirani su u čelije (piksele) jednake dimenzije,
- sastoji se od redova i kolona,
- dovoljno je odrediti veličinu piksela i parametre transformacije između x i y da bi lokacija piksela bila poznata.



Shapefile – uobičajeni standard za prikaz vektorskih podataka (ESRI)  
 shp: geometrijski elementi  
 shx: položajni indeks geometrijskih elemenata  
 dbf: atributni format, atributna tablica s atributima organiziranim u kolone  
 prj: projekcijski format, sadrži koordinatni sustav i projekcijske parametre  
 shn i shx: prostorni indeks objekta  
 shp.xml: metapodaci u XML formatu

GeoTIFF – najčešće korišteni format za prikaz rasterskih podataka

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE 11

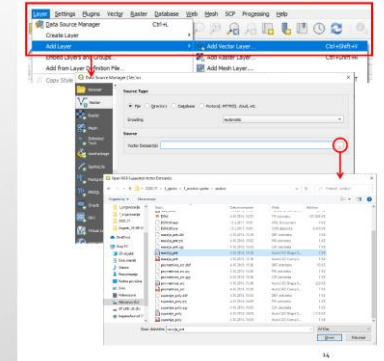
Učitavanje vektorskog sloja

Preko glavnog izbornika:  
 Layer – Add Layer – Add Vector Layer.

Podaci (odabrati file s ekstenzijom .shp):

- naselja\_3n\_gst.shp  
 • točkasti podatkovni sloj  
 • sadrži položaj i atribute naselja s više 3000 stanovnika;
- prometnice\_ara.shp  
 • linijski podatkovni sloj  
 • sadrži položaj i atribute prometnica;
- zupani\_je\_pojly.shp  
 • poligonalni podatkovni sloj  
 • sadrži položaj i atribute županije (Primorsko-goranske županije).

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE 14



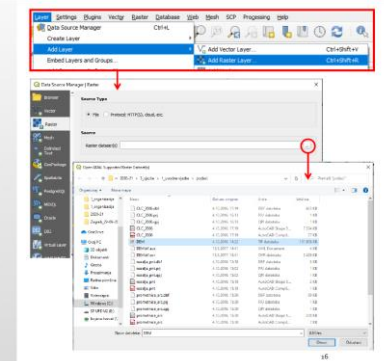
Učitavanje rasterskog sloja

Preko glavnog izbornika:  
 Layer – Add Layer – Add Raster Layer.

Podaci (odabrati file s ekstenzijom .tif):

- DEM.tif  
 • rasterski podatkovni sloj,  
 • sadrži nadmorske visine zapadne Hrvatske.

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE 15






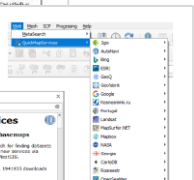
## 1. UVOD U GIS

- Izvori prostornih podataka, besplatni podaci (WMS, WFS, OSM itd.);
- Kreiranje podataka.

### WMS (Web Map Service)



### Open Layers




- Protokol za prijme servera klijentim
- Slika (npr. forma
- Daje klijentu prik kopije podataka

1. Instalirati dodat
2. Odabrati jednu c (npr. Google E. N
3. Prikazati s digita

### OSM (Open Street Map)

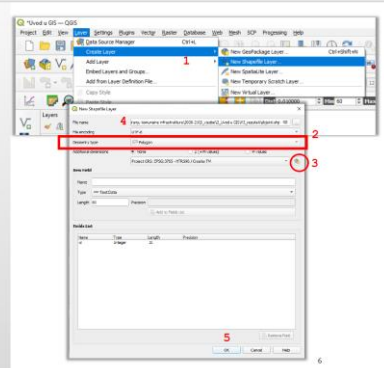
- Karta svijeta koja sadri ulice, lokalne podatke, poligone izgrađenih objekata,
- Korištenje pod licencom otvorenog koda: mogu se slobodno koristiti u bilo koju svrhu no uz obavezno navođenje zasluga OSM-a;
- <https://www.openstreetmap.org>
- Omogućeno dodavanje OSM sloja u QGIS projekt.



GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE

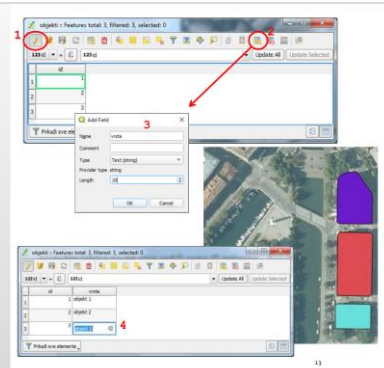
## Kreiranje novog poligonskog sloja

- POSTUPAK:
1. Padajući izbornik sloja: Layer - Create Layer - New Shapefile Layer;
  2. Tip sloja: polygon;
  3. Odabrati referentni koordinatni sustav za Hrvatsku (HTRS96 / Croatia TM);
  4. Dati ime novom sloju i definirati mu položaj na disku (objekti.shp);
  5. OK.



## Pridruživanje atributa

- Atributna tablica novog sloja sadri samo ID poligona. Dodavanje novih atributa provodi se pomoću alata dostupnih na izborniku atributne tablice.
1. Uključiti uređivanje tablice odabirom ikone za uređivanje (*Toggle editing mode*);
  2. Odabrati ikonu za dodavanje kolone (*New Column*);
  3. U novootvorenom prozoru treba dati naziv novom atributu, odrediti njegov tip (tekst, cijeli broj, decimalni broj ili datum) te definirati širinu polja;
  4. Dvostrukim klikom na polje omogućen je upis atributa odabranog elementa. Odabirom rednog broja elementa u atributnoj tablici, isti će biti označen i na prikazu.



GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE



## 2. PROSTORNO REFERENCIRANJE

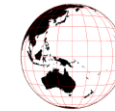
- Referentne površine, projekcije;
- Položaj u prostoru.

### Rotacijski elipsoid

- Besselov elipsoid 1841**
  - nekadašnja službena geodetska i kartografska računanja u Hrvatskoj;
  - velika poluos:  $a = 6.377.397,155$  m
  - mala poluos:  $b = 6.356.078,963$  m
  - spljoštenost na polovima:  $f = (a-b)/a$
  - $1/f = 299,152833$
- Geodetic Reference System 1986 (GRS86)**
  - službena geodetska i kartografska računa;
  - prihvaćen na 17. generalnoj skupštini Međ. geod. i geofiz. unij.
  - velika poluos:  $a = 6.378.137$  m
  - mala poluos:  $b = 6.399.752,6259$  m
  - $1/f = 298,257222101$
- World Geodetic System 1984 (WGS 84)**
  - razvijen u SAD-u kao zamjena za WGS 72 radi pružanja točnijih

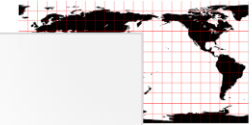
### Projekcije

- Promatrani iz velike blizine, dijelovi zemljine površine izgledaju ravno međutim zemljina površina je zakrivljena – da bi se zemljna karta, točke na zemljinoj površini treba projicirati na ravnu plohu tj. ravninu;
- **PROJEKCIJA**: matematička transformacija koordinata referentnog rotacijskog elipsoida (geografska, širina, geografska dužina) na ravninske koordinate;



$$X = f_1(\varphi, \lambda)$$

$$Y = f_2(\varphi, \lambda)$$



### Odabir projekcije

- ovisi o namjeni karte, raspoloživim podacima (nacionalni, globalni), veličini analizirane površine (lokalne, globalne analize), na temelju tipa GIS-a ili kartografskog posla uz postavljanje uvjeta najmanje greške na karakteristici koja nam je najvažnija,
- na nivou države, odgovarajuće agencije odabiru i zakonski definiraju tip projekcije, parametre projekcije te način njihove uporabe (s obzirom na tip posla),
- uobičajeno:
  - cilindrične za prikaz cijele Zemlje,
  - konusne za prikaz kontinenta,
  - azimutalne za prikaz polarnih područja

Projekciju odabrati PRUE početka rada na projektu!

### Referentni koordinatni sustavi svijeta

Unaprijed definirani referentni koordinatni sustavi (osobine projekta):

- Geografski koordinatni**
  - koristi 3D dimenziju definiranja položaja
- Projicirani koordinatni**
  - svaki koordinatni sustav na površini;
- Korisnički koordinatni**
  - korisnik sam zadaje

### Odabir koordinatnog sustava projekta

Odabirom opcije „New project“, novom projektu se u QGIS-u automatski dodjeljuje koordinatni sustav WGS84. Da bi se projekt izradio u drugom referentnom sustavu, treba na samom početku definirati referentni koordinatni sustav:

1. Odabrati Projekt;
2. Odabrati osobine projekta (Project Properties);
3. U osobinama projekta odabrati koordinatni (CRS);
4. Odabrati: HTRS96 / Croatia TM.

### Georeferenciranje

#### Georeferenciranje

- postupak smještanja rastera na odgovarajuću lokaciju u prostoru,
- pridruživanje geografskih koordinata u referentnom koordinatnom sustavu točkama na negeoreferenciranom rasteru,
- odabir niza kontrolnih točaka (ground control points) – poznate (x, y) koordinate – koje povezuju položaj na rasteru s položajem u prostoru.

#### Kontrolne točke

- koriste se za polinomu transformaciju koja će postojećem rasteru dodijeliti odgovarajući položaj u prostoru

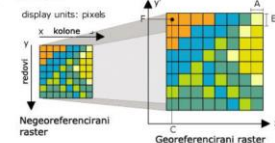
#### NAPOMENA

Kontrolne točke moraju biti one kojima je moguće precizno utvrditi položaj u prostoru pomoću (x, y) koordinata i identificirati ih na rasteru.

Primjer: križanja prometnica, vrhovi planina, ušće rijeke...

$$X' = Ax + By + C$$

$$Y' = Dx + Ey + F$$



x = kolone u rasteru  
y = redovi u rasteru  
X' = horizontalna vrijednost u koordinatnom sustavu  
Y' = vertikalna vrijednost u koordinatnom sustavu

### 3. PRIKUPLJANJE I UNOS PROSTORNIH PODATAKA

- Unos i priprema prostornih podataka,
- Kvaliteta prostornih podataka.

#### Unos prostornih podataka

**PRIMARNI PODACI**

- prikupljeni direktno – različite tehnike prikupljanja podataka (mjerenja i uzorkovanja na terenu, daljinska istraživanja, GPS);

**SEKUNDARNI PODACI**

- prikupljeni indirektno – postojeći prostorni podaci koje su prikupili drugi (izvedeni iz postojećih karata i ...)

Podaci    Raster    Vektor

#### Priprema vektorskih podataka

Kreiranje poligona

- kreiranje linija u formi tzv. spaghetti modela,
- korigiranje linija primjenom topoloških pravila (engl. snapping) i pridruživanje atributa,
- liniranje poligona (linije u poligone),
- svažavanje kromelomita poligona i pridruživanje atributa.

ID	A1	A2
L1	951	951
L2	952	952
L3	953	953
L4	954	954
L5	955	955
L6	956	956

Atributna tablica

#### Priprema rasterskih podataka

Konverzija vektora u raste (rasterizacija):

- dodjeljivanje atributnih vrijednosti točaka, linija i poligona rasterskim (čiji su linije se preklapaju s lom;

granicu entiteta, – ovisi o tipu linija, poligona);

na: izlaznog raste – og poligona koji se l.

**VEKTOR U RASTER**

- metoda „utiskivanja“ vektorskih elemenata u raster

A1	A2
952	952
952	952
952	952

Atributna tablica

#### Transformacija točkastih podataka

- transformacija točkastog u neki drugi tip podataka radi lakše interpretacije ili integracije tih podataka s drugima (nadmorske visine, klimatski parametri i sl.) – kreiranje površine (polja) na temelju vrijednosti izmjenjenih u izoliranim (diskretnim) točkama u prostoru;
- **(PROSTORNA) INTERPOLACIJA**: matematička procjena vrijednosti geografskog polja na lokacijama na kojima nema dostupnih mjerenja;
- vrijednosti moraju biti prostorno autokorelirane – na bliskim lokacijama vrijednosti su slične jedna drugoj;
- nema smisla ako točke predstavljaju samo prisustvo nekog događaja (npr. kriminala), ljude ili fizički fenomen (npr. vulkan).

#### Kvaliteta prostornih podataka

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE

Zašto je potrebno provjeriti kvalitetu podataka?

- Povećana „**produktivna**“ prostornih podataka u privatnom sektoru
  - javne (državne) institucije – uobičajene kontrole kvalitete i poštivanje standarda;
  - privatne tvrtke – podaci nerijetko ne udovoljavaju standardima kvalitete.
- Povećano **korištenje GIS-a** kao alata za donošenje odluka
  - trend koji može imati pogubne posljedice ukoliko se koriste podaci slabe kvalitete (uključujući i mogućnost tužbe ako nisu zadovoljeni minimalni standardi kvalitete).
- Sve veće oslanjanje na **izvore sekundarnih podataka**.

**Komponente kvalitete**

- točnost,
- preciznost,
- konzistentnost,
- potpunost

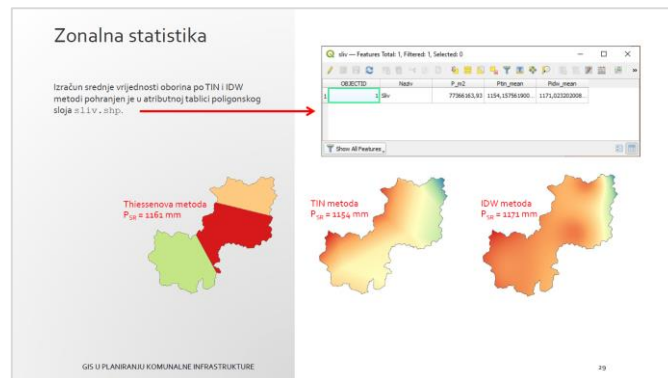
➔

- **prostorna,**
- **vremenska,**
- **tematska.**

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE

### 3. PRIKUPLJANJE I UNOS PROSTORNIH PODATAKA

- Unos i priprema prostornih podataka,
- Kvaliteta prostornih podataka.



#### Interpolacija točaka – diskretno polje

**Metoda Thiessenovih (Voronoyevih) poligona**

U hidrologiji se metoda često koristi za određivanje srednje oborine na silvu. Temeljem položaja postaja, određuje se silječajna površina za svaku postaju i te se površine koriste za određivanje težinskog koeficijenta svake postaje:

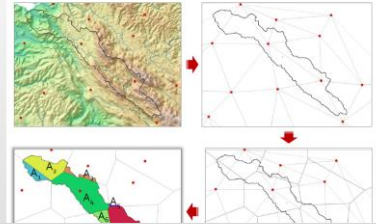
$$w_i = \frac{A_i}{A}$$

$w_i$  – Thiessenov težinski koeficijent za i-tu postaju  
 $A_i$  – površina Thiessenovog poligona za i-tu postaju  
 $A$  – ukupna površina silva

Srednja oborina na silvu tada je:

$$P_{SR} = \sum w_i P_i$$

GIS U PLANIRANJU



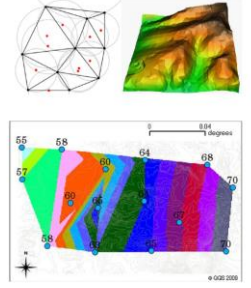

---

#### Interpolacija točaka – kontinuirano polje

**TIN – Triangular Irregular Networks**

- kreiranje površina u formi niza trokuta,
- sjecišta krivunica su povezana u mrežu trokuta (vrhovi trokuta) koji se međusobno ne preklapaju
- **nedostatak:** površine nisu glatke i mogu djelovati zupčasto zbog diskontinuiteta nagiba susjednih trokuta na zajedničkim stranicama,
- **nedostatak:** nije primjereno za ekstrapolaciju izvan granica područja za koje su prikupljeni podaci.

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE



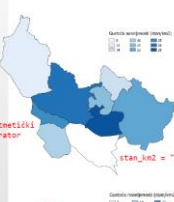
## 4. PRETRAŽIVANJE PROSTORNIH PODATAKA

- Funkcije pretraživanja;
- Pretraživanje i odabir podataka postavljanjem prostornih i atributnih uvjeta.

### Operatori

- Aritmetički operatori (+, -, \*, /)**
  - najjednostavniji operatori;
  - koriste se za zbrajanje, oduzimanje, množenje ili dijeljenje atributa (u atributnoj tablici) ili rastera;
  - primjer:** izračunati gustoću naseljenosti u općinama.
- Relacijski operatori (>, <, <=, >=, =, <=)**
  - testiraju je li jedan izraz jednak, manji, manji ili jednak, veći, veći ili jednak ili različit od drugog izraza;
  - primjer:** odrediti općine koje imaju gustoću veću od 58 stanovnika po km<sup>2</sup>.
- Logički operatori (i, &)**
  - uspoređuju dva oba istinita (AI) istinit (OR) ili i operator negacije istinit ili ne;
  - primjer:** pronaći naseljenosti iz karte.

OPĆINE	BR_STAN_11	BRST_2002	BRST_2012
MEĐUGORJE	12204	12374	8
BRNOVAČKI	366	422	14
ČABAR	3776	3812	13
BAŠKA VODA	2924	3236	20
BRNOVAČKI	1002	1111	25
HRVATSKO	4047	3814	22
LOVJE	1246	4224	23
BRNOVAČKI	1802	2304	24
PULJE	1002	8642	28



Aritmetički operator

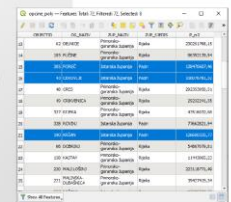
stan\_koz = "BR\_stan\_11" / ( Sarea \* 10 ^ (-6) )

### Kombiniranje atributnih uvjeta

**IZRAZ:**

„ZUP\_NAZIV“ = 'Istarska zupanija' AND „P\_m2“ > 10000000

Selektirani su elementi i na prikazu sloja (na karti) i u njegovoj atributnoj tablici.



## Tipovi pretraživanja

Pretraživanje se vrši postavljanjem različitih kriterija (uvjeta). S obzirom na tip postavljenog upita, tri su temeljna pristupa pretraživanju:

- Geometrijsko (prostorno) pretraživanje**
  - odabir elemenata koji zadovoljavaju postavljeni prostorni uvjet
  - npr. odabir kuća koje su na udaljenosti manjoj od 250 m od centra grada;
- Tematsko (atributno) pretraživanje**
  - odabir elemenata koji zadovoljavaju postavljene (tematske) uvjete
  - npr. odabir područja prekrivenih šumom
- Topološko pretraživanje**
  - odabir elemenata koji zadovoljavaju postavljeni topološki uvjet
  - npr.

## Funkcije pretraživanja

- selektivno pretraživanje pohranjenih podataka: s obzirom na geometrijske ili tematske karakteristike podataka
- s obzirom na način postavljanja uvjeta pretraživanja:



- Interaktivno pretraživanje** – korisnik definira podatkovni sloj te postavlja prostorni uvjet pretraživanja (GEOMETRIJSKO PRETRAŽIVANJE);
- Pretraživanje postavljanjem **atributnog uvjeta** – korisnik odabire elemente određenih karakteristika postavljanjem jednog atributnog uvjeta (TEMATSKO PRETRAŽIVANJE);
- Pretraživanje postavljanjem **kombinacije atributnih uvjeta** – kriterij odabira sadrži više atributnih uvjeta (TEMATSKO PRETRAŽIVANJE);
- Prostorno pretraživanje pomoću **topoloških veza** – korisnik koristi topološka pravila za odabir elemenata

## Izdvajanje traženih elemenata

### REZULTAT:

Na karti i u atributnoj tablici prikazani su samo elementi koji zadovoljavaju postavljeni uvjet.

Ukoliko želimo ponovno prikazati sve elemente sloja, upisani izraz se u graditelju upita jednostavno izbrise.

## 5. DEM KAO IZVOR PROSTORNIH PODATAKA

- Načini izrade digitalnog prikaza reljefnih karakteristika terena;
- Izvedenice DEM-a, DEM kao izvor prostornih podataka.

### Vrste digitalnog prikaza

#### DEM (Digital Elevation Model)

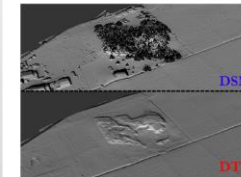
- odnosi se na nadmorske visine gole zemljine površine bez vegetacije i građevina, ali može obuhvatiti druge izgrađene elemente (npr. prometnice i nasipe);
- nadmorske visine hidroloških elemenata (npr. jezera i rijeke) se odnose na slobodnu vodnu površinu;
- temeljna komponenta DTM-a.

#### DTM (Digital Terrain Model)

- „goli” DEM (bez vodenih površina, prometnica, nasipa i sl.).

#### DSM (Digital Surface Model)

- nadmorske visine na vrhu reflektirajuće površine kao što su građevine i vegetacija (npr. šume).



### Izvedenice DEM-a

#### Nagib (slope)

- mjera promjene nadmorske visine u određenom smjeru.

#### Smjer nagiba (aspect)

- orijentacija nagiba.

#### Sjene (hillshade)

- tehnika vizualizacije terena kao osjenčanog elevacijskog modela s proizvoljnim izvorom osvjetljenja (najčešće sa sjevera);
- vrijednost ćelije je određena izvorom osvjetljenja koje se temelji na nagibu i smjeru nagiba ćelije.

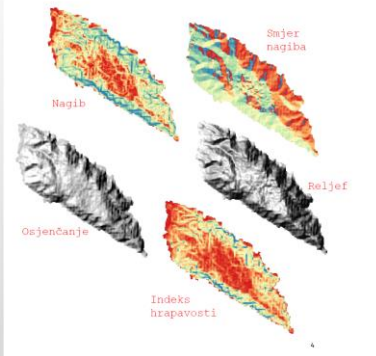
#### Reljef (relief)

- osjenčani reljef s bojama odabranim na temelju analize raspodjele frekvencija.

#### Indeks hrpavosti (Ruggedness Index)

- kvantitativna mjera heterogenosti terena (Riley et al., 1999).

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE



## 6. KLASIFIKACIJA

- Klasifikacija i reklasifikacija;
- Metode klasifikacije;

### Klasifikacija vektorskih podataka

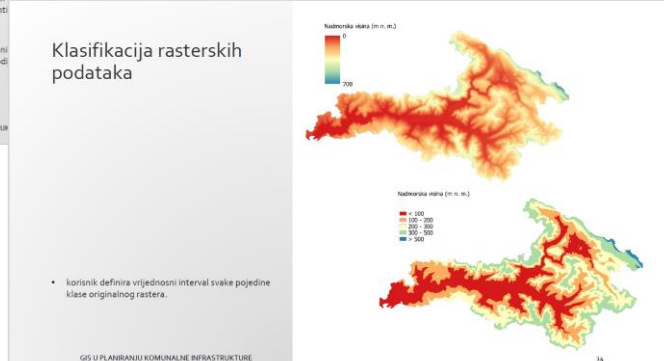


Interval	Klasa
< 1500	1
1500 - 3000	2
3000 - 4500	3
> 4500	4

Prilozi 1 i 2: prikaz 1: poligonima je klasifikacijom dodijeljena pripadajuća klasa, a prikaz 2: prikaz im je identičan prije klasifikacije; prikaz 2: originalni poligoni su spojeni ako im je postupkom klasifikacije dodijeljena ista klasa.

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE

### Klasifikacija rasterskih podataka



korisnik definiira vrijednosni interval svake pojedine klase originalnog rastera.

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE

### Klasifikacija vektora – kreiranje klasa

ZADATAK: Klasificirati naselja s obzirom na veličinu površine.

- < 70 km<sup>2</sup>
- 70 – 140 km<sup>2</sup>
- 140 – 280 km<sup>2</sup>
- > 280 km<sup>2</sup>

POSTUPAK:

1. Kreirati novu kolonu Klasa (tip: tekst, dužina: 20).
2. Izrazom odabrati elemente koji pripadaju istoj klasi, npr.:
  - za površine < 70 km<sup>2</sup>: `=Povr_t_m2 < 70000000`
  - za površine 70 – 140 km<sup>2</sup>: `=Povr_t_m2 >= 70000000 AND =Povr_t_m2 < 140000000`
  - za površine 140 – 280 km<sup>2</sup>: `=Povr_t_m2 >= 140000000 AND =Povr_t_m2 < 280000000`
  - za površine > 280 km<sup>2</sup>: `=Povr_t_m2 >= 280000000`
3. Odabrati Select Features

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE

### Klasifikacija rastera – kreiranje novog rastera

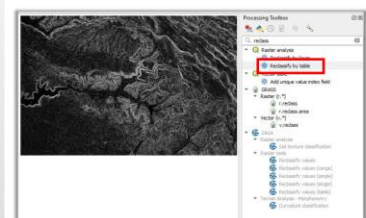
ZADATAK: Klasificirati nagibe terena na sljedeće klase:

- 1: < 10°
- 2: 10° - 20°
- 3: 20° - 40°
- 4: > 40°

PODACI:

- nagibi\_terena.tif

Alat za klasifikaciju rastera nalazi se na panelu s alatima (Processing Toolbox) Reclassify by table



GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE



## 7. PREKLAPANJE

- Funkcije preklapanja;
- Operatori;
- Kombiniranje dva ili više slojeva.

### Preklapanje rastera

**POSTUPAK**

1. Otvoriti Raster calculator na rasterskom izborniku u prozoru Raster Calculator. Expression upisati odgovarajući izraz (provjeriti ispod prozora je li izraz koji ste upisali ispravan ili nije: Expression valid). Expression invalid.

**NAPOMENA**

Operatori su binarni tj. rezultat operatora 1 (true).

Vrijednost 0 dodijeljena je pikselima koji zadovoljavaju postavljene uvjete, a vrijednost 1 dodijeljena je pikselima koji zadovoljavaju postavljene uvjete.

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE

---

### Preklapanje vektora - union

**POSTUPAK**

1. Na vektorskom izborniku odabrati presjek (Geoprocessing Tool - Union).
2. Odabrati ulazni sloj (Pokrov\_omjlista.shp).
3. Odabrati sloj preklapanja (P\_klasa\_poligona.shp).

Atribut ulaznog sloja (Input layer)  
Atributi sloja preklapanja (overlay layer)

ID	Klasa_1	Klasa_2
1	Općinska	Čestoće
2	Poljnjak	Trnjan

Definiraj unije slojeva

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE

### Preklapanje (overlay)

- kombiniranje dva ili više prostornih podatkovnih slojeva u svrhu izrade novog;
- ulazni podatkovni slojevi – prostorno se odnose na isto područje.

**Preklapanje vektora**

- ulazni podaci: dva ili više vektorskih slojeva;
- novi (izlazni) vektorski sloj kreiran je kombinacijom **geometrije i atributa** svih ulaznih slojeva.

**Preklapanje rastera**

- ulazni podaci: dva ili više rasterskih slojeva koji imaju istu rezoluciju;

### Preklapanje vektora

Primjer presjeka poligona

Izdvajanje površina prekrivenih žumskom vegetacijom u općini Pazin.

Ulazni podaci:

- pokrov zemljišta (poligonski sloj);
- općine u središnjoj Istri (poligonski sloj).

Izlazni podaci:

1. presjek svih ulaznih poligona koji sadrži sve atribute iz slojeva;
2. posebno označene površi postavljenom kriteriju.

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE

### Preklapanje rastera

**Logički operatori**

- **AND** (presjek): tvrdnja **A AND B** je istinita samo ako je vrijednost u oba ulazna rastera istinita;
- **OR** (unija): tvrdnja **A OR B** je istinita ako je vrijednost u bilo kojem od ulaznih rastera istinita;
- **NOT** (komplement);
- **XOR** (simetrična razlika): tvrdnja **A XOR B** je istinita samo ako je jedan od ulaznih rastera istinit tj. ili A ili B, nikako oboje (ekskluzivni OR).

$A \text{ AND } B = A \cap B$   
 $A \text{ OR } B = A \cup B$   
 $A \text{ XOR } B = A \Delta B$   
 $A \text{ AND NOT } B = A \cap B^c = A \setminus B$

$A \text{ XOR } B = (A \setminus B) \cup (B \setminus A)$   
 $A \text{ AND NOT } B = A \cap B^c = A \setminus B$   
 $(A \text{ AND } B) \text{ OR } C = (A \cap B) \cup C$

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE



## 8. SUSJEDSTVO I POVEZIVANJE

- Funkcije susjedstva (bufferi, smjer i akumulacija tečenja);
- Funkcije povezivanja (mrežne analize).

### Mrežne funkcije

#### Analiza povezanosti

CILJ: definirati prostiranje dijela mreže u odnosu na ishodište prostiranja (trase origin), pod određenim uvjetom (npr. analiza širenja onečišćenja vodotokom).

Uvjeti:




- smjer, kapacitet, duljina ili korištenje resursa;
- u fermi logičkog izraza, npr.:
  - put mora biti usmjeren OD čvora/linije prema ishodištu prostiranja,
  - kapacitet puta mora biti VEĆI od zadanog praga,
  - duljina puta NE SMIJE PREMAŠITI zadanu maksimalnu vrijednost.

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE

Primjer:

a) prostiranje uzvodno,  
b) prostiranje nizvodno,  
c) bez uvjeta prostiranja.

● ishodište prostiranja

14

### Proračun blizine (proximity)

#### Kreiranje buffera

- odabiremo jedan ili više ciljanih objekata te oko njih određujemo pojas određene širine;
- **buffer fiksne širine:** širina pojasa oko promatranih elemenata je konstantna;
- **zonirani buffer:** pojas oko promatranih elemenata je zoniran.
- **vektorski podaci:** kreirani **bufferi** su poligoni uglavnom pohranjeni kao novi podatkovni sloj;
- **rasterski podaci:** ciljana lokacija odabranim ćelijama, a geometrija udaljenost je definirana pomoću funkcija udaljenosti – Pitagori

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE



Fiksni buffer  
Primjer: 50 m oko odabranih prometnica

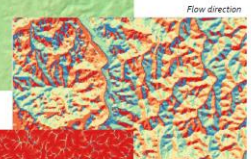
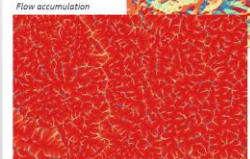


Zonirani buffer

### Proračun smjera i akumulacije tečenja

- *flow direction, flow accumulation;*
- ulazni raster: DEM;
- raster **smjera tečenja:**
  - proračun najstrijemijeg nagiba prema okolnim ćelijama;
- raster **akumulacije tečenja:**
  - navodi brojeve ćelija iz kojih se voda sljeka u točku

6

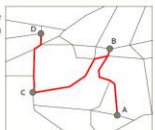
### Optimalan put

Definiranje optimalnog puta s obzirom na servisne točke.

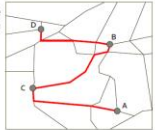
- **uredeno:** unaprijed definiran redoslijed obilaska servisnih točaka,
- **neuredeno:** redoslijed obilaska servisnih točaka je proizvoljan.

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE

a) Uredeno pronalaženje optimalnog puta



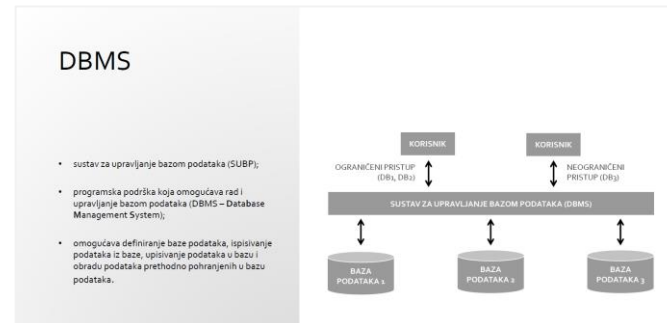
b) Neuredeno pronalaženje optimalnog puta



13

## 9. POHRANA PODATAKA, GIS I MODELIRANJE

- Baze podataka, sustav za upravljanje bazama podataka (DBMS);
- Modeli podataka;
- Prostorno modeliranje.



### Prostorno modeliranje

1. **Svrha modela**
  - **deskriptivni i preskriptivni** model – „što je“ i „što bi trebalo biti“; za planiranje i odabir najpovoljnijih odnosno najoptimalnijih lokacija;
  - **prediktivni (pragmatički)** model – „što će vjerojatno biti“; predviđaju rezultat na temelju niza zadanih uvjeta, npr. vremenska prognoza, predviđanje porasta razine mora, predviđanje pojave klizišta;
2. **Temeljna metodologija modela**
  - **stohastički** model – statističke metode u analizi slučajnog ili semi-služajnog fenomena;
  - **deterministički** modeli – temelje se na dobro definiranoj vezi uzroka i posljedica
3. **Mjerilo modela**
4. **Dimenzionalnost modela** (prostorna, vremenska, prostorno-vremenska);
5. **Primijenjena logika** (u kojoj mjeri model koristi postojeća saznanja o kontekstu primjene)

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE

### Modeliranje

U kontekstu GIS-a, dva su bitna značenja modela koje treba razlikovati:

**Model podataka**

- skup očekivanja u pogledu podataka, obrazac u koji se podaci potrebni za neku primjenu moraju uklapati
- općenito, GIS modeli podataka omogućuju korisniku kreiranje prikaza koji opisuju KAKO SVIJET IZGLEDA.

**Prostorni model**

- prikaz jednog ili više procesa koji se odvijaju u stvarnom svijetu;
- prikazuje KAKO SVIJET FUNKCIONIRA;
- računalni program koji u digitalnoj formi prikazuje jedan ili više aspekata stvarnog svijeta.

**Kako svijet izgleda;**

**Primer:** tablica

- redovi tablice se odnose na klasu elemenata stvarnog svijeta (npr. vodotoci, šumski pokrov, županje...), a stupci odnose na različite karakteristične elemente (tj. atributi);
- učinkovita je se dobro uklapa u prirodu podataka u većini GIS aplikacija

**Kako svijet funkcionira;**

**Statični i dinamični modeli**

- **STATIČNI:** ulazni i izlazni podaci se odnose na isto vremensko razdoblje
- **DINAMIČNI:** izlazni podaci se odnose na razdoblje nakon razdoblja na koje se referiraju ulazni podaci

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE

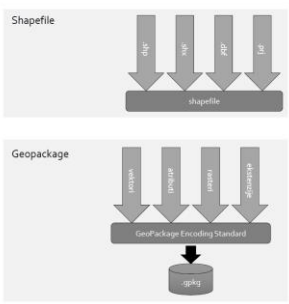
### Shapefile vs. Geopackage

**Shapefile**

- čini ga nekoliko datoteka: svaki vektorski sklop čini minimalno 3 datoteke (.shp, .shx, .dbf);
- nazivi atributa u zaglavlju tablice mogu imati najviše 32 znakova;
- maksimalna veličina je 2 GB;
- ne mogu pohraniti više od jedne geometrije u datoteci;
- kako raste veličina datoteke zbog količine atributnih podataka pohranjenih u atributnoj tablici, baratanje datotekom se otežava i postaje tromo.

**Geopackage**

- otvoreno koda, pod OGC standardom, (AL, GDAL, R, Python, Esri...),
- ne baze podataka, ali jednako brz, broj datoteci može imati nekoliko zbiljnih geometrija;
- i veličinu datoteka, i broj znakova u nazivu atributa u



GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE

# AKTIVNOST NA NASTAVI

- Samostalni rad: izrada praktičnih zadataka tijekom semestra u formi zadataka.

### ZADATAK

Određiti ukupnu duljinu jednosmjernih prometnica na zadanom području i ukupni broj hidranata ovisno o tipu hidranta.

PODACI:

- Pazin\_hidrantni.shp  
hidrantni na području Pazina (točke)
- Pazin\_prometnice.shp  
prometnice na području Pazina (linije)



### ZADATAK

Pronaći naselja s prosječnom godišnjom količinom oborina u rasponu 1100 – 1200 mm.

PODACI:

- naselja\_gnt.shp  
centrioidi naselja
- P\_obn.tif  
prosječna godišnja količina oborina



GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE

16

### ZADATAK 1

Izraditi kartu silva rijeke Mirne (poligon), koristeći kao podlogu topografsku kartu u mjerilu 1:25.000 (A:0:0) (WGS/ETRS89\_Lahey1) i izračunati površinu silva.

Podaci su sljedeći:



### ZADATAK

Zadana je skenirana karta kanalizacijskog sustava dijela naselja. Treba izraditi sljedeće:

- Georeferencirati kartu,
- Kreirati novi ljnijski sloj koji će sadržavati kanalizacijske cijevi
- U atributnoj tabeli novog sloja upisati:
  - o kojem dijelu mreže se radi prema priloženom tumaču znakova,
  - upisati promjere cijevi koji su navedeni na karti.



### Zadatak

...či najbrži put od vatrogasne postaje do usnog kolodvora.

...iti koliko je nadzemnih hidranata u blizini usnog kolodvora unutar radijusa 100 m.

...in\_prometnice.shp  
...metrice na širem području grada Pazina, preuzeto  
...enStreetMap pomoću dodatka OSM  
...loaderc]

...in\_točke.shp  
...uzeto s openStreetMap pomoću dodatka OSM



### ZADATAK

...inu postaju u sloju  
Shortest path),  
...u sloju  
radijusu od 100 m oko

...u postaju u sloju  
Shortest path),  
...u sloju  
radijusu od 100 m oko



PODACI:

- DEM\_25.tif  
digitalni model terena – raster rezolucije 25 m

GIS U PLANIRANJU KOMUNALNE INFRASTRUKTURE

9

# SEMINARSKI RAD

- Integrira seminarski rad i programski zadatak: sastoji se od teoretskog i praktičnog dijela;
- Teme su vezane za različita područja primjene GIS-a u građevinarstvu;
- Najbolji radovi su publicirani u Zborniku radova Građevinskog fakulteta.

