Izrada hidrogeološke geoprostorne baze podataka zagrebačkog vodonosnika

Grgas, Jakov

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:849652

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij geološkog inženjerstva

IZRADA HIDROGEOLOŠKE GEOPROSTORNE BAZE PODATAKA ZAGREBAČKOG VODONOSNIKA

Diplomski rad

Jakov Grgas

GI - 319

Zagreb, 2019.

Jedno veeeliko hvala mome mentoru dr. sc. Dariu Perkoviću na iznimnom trudu, podršci i povjerenju pri izradi ovog rada koje je iskazao stalnom dostupnošću, mnogim konzultacijama i s puno razmijenjenih mailova ☺.

Također bih želio zahvaliti prijateljima i svojoj obitelji na iskazanoj podršci, a posebice roditeljima koji su mi bili najveći oslonac tijekom cijelog studiranja.

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Diplomski rad

IZRADA HIDROGEOLOŠKE GEOPROSTORNE BAZE PODATAKA ZAGREBAČKOG VODONOSNIKA

JAKOV GRGAS

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Razumijevanje i upravljanje podzemnom vodom zahtijeva integraciju velike količine kvalitetnih podataka iz različitih izvora. Obzirom na mnoga ograničenja pri dohvatu podataka vezanim za podzemne vode zagrebačkog vodonosnika, prvi i osnovni korak prikupljanja podataka je od iznimne važnosti za razvoj bilo kojeg hidrogeološkog projekta. Ovaj rad prikazuje koncepte GIS softvera, baze podataka te sve relevantne podatke za zagrebački vodonosnik njihovim opisom i organizacijom u stvorenoj geoprostornoj bazi podataka. U radu je prikazana detaljna analiza baze sa svim elementima i implementacijom. Svrha izrade ove baze podataka je uspostavljanje jednostavnijeg i bržeg pristupa podacima na jednom mjestu, odnosno općenito poboljšanje funkcionalnosti za daljnje istraživanje područja zagrebačkog vodonosnika, kao i mogućnost njenog nadopunjavanja.

Ključne riječi: zagrebački vodonosnik, hidrogeologija, geoprostorna baza podataka, GIS

Diplomski rad sadrži: 90 stranica, 36 tablica, 44 slike, 1 prilog i 42 reference

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Doc. dr.sc. Dario Perković, RGNF

Ocjenjivači: Doc. dr.sc. Dario Perković, RGNF
Prof. dr.sc. Kristijan Posavec, RGNF
Doc. dr.sc. Zoran Kovač, RGNF

Datum obrane: 15. veljače. 2019., Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Universitiy of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Master's Thesis

BUILDING A HYDROGEOLOGIC GEODATABASE OF THE ZAGREB AQUIFER

JAKOV GRGAS

Thesis completed at: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Geology and Geological Engineering
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

Understanding and managing groundwater resources require the integration of a large amount of high-quality data from a variety of sources. Due to the limitations in accessing information related to groundwater resources of the Zagreb aquifer, the gathering of available existing information is of crucial importance when conducting a successful hydrogeological study. This thesis presents concepts of GIS software and databases, all information related to the Zagreb aquifer with their descriptions and organization inside the geospatial database model. Subsequently, the thesis demonstrates detailed and complete database analysis with all elements and implementation. The purpose of the created database is to establish a more functional way of dealing with data processing for future hydrogeology studies in the Zagreb aquifer area.

Keywords: Zagreb aquifer, hydrogeology, geospatial database, GIS

Thesis contains: 90 pages, 36 tables, 44 figures, 1 apendices and 42 references

Original in: Croatian

Archived at: The Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: Assistant Professor Dario Perković, PhD

Reviewers: Assistant Professor Dario Perković, PhD
Full Professor Kristijan Posavec, PhD
Assistant Professor Zoran Kovač, PhD

Date of defense: February 15. 2019, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

SADRŽAJ

POPIS TABLICA VII
POPIS SLIKA VIII
POPIS PRILOGA X
1. UVOD 1
2. ZNAČAJKE ZAGREBAČKOG VODONOSNIKA 2
2.1 Opće značajke vodonosnika 2
2.2 Geološke značajke vodonosnika 3
2.3 Hidrogeološke značajke vodonosnika 5
3. GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SUSTAV (GIS) 7
3.1 Općenito o GIS-u 7
3.2 Razvoj GIS-a 7
3.3 Hidrogeološki geografski informacijski sustav (HGGIS) 9
4. BAZE PODATAKA 12
4.1 Općenito 12
4.2 Podatkovni modeli 13
4.2.1 Hijerarhijski podatkovni model 13
4.2.2 Mrežni podatkovni model 14
4.2.3 Objektno orijentirani podatkovni model 15
4.2.4 Relacijski podatkovni model 16
4.3 Modeliranje podataka 18
4.3.1 Konceptualno modeliranje podataka 18
4.3.2 Logičko modeliranje 20
4.3.3 Fizičko modeliranje 20
4.4 Hidrogeološka baza podataka 20
5. GEOPROSTORNE BAZE PODATAKA 23
5.1 Općenito 23
5.2 Geoprostorni podaci 25
5.3 Geoprostorne baze podataka u okruženju *ArcGIS Desktop*-a 26
5.3.1 Arhitektura geoprostornih baza podataka 26
5.3.2 Elementi geoprostornih baza podataka 28
5.3.3 Tipovi geoprostornih baza podataka 29

6. PRIPREMA I ORGANIZACIJA PODATAKA 32
6.1 Vrste korištenih podataka 32
6.2 Obrada i opis podataka 33
6.2.1 Geološki podaci 33
6.2.2 Hidrološki podaci 34
6.2.3 Hidrogeološki podaci 37
6.2.4 Pritisci 45
6.2.5 Administrativne granice 51
6.2.6 Rasterski podaci 53
7. IZGRADNJA MODELA GEOPROSTORNE BAZE PODATAKA 58
7.1 Općenito 58
7.2 Izgradnja modela 58
7.3 Opis *Feature dataset*-ova 60
7.3.1 *Feature dataset* „geologija“ 60
7.3.2 *Feature dataset* „hidrologija“ 62
7.3.3 *Feature dataset* „hidrogeologija“ 64
7.3.4 *Feature dataset* „pritisci“ 74
7.3.5 *Feature dataset* „admin_granice“ 80
7.3.6 Rasterski podaci 82
8. IMPLEMENTACIJA MODELA GEOPROSTORNE BAZE PODATAKA 83
9. ZAKLJUČAK 86
10. LITERATURA 87
PRILOZI 91

POPIS TABLICA

Tablica 4-1. Prikaz količine podataka u hidrogeološkoj bazi podataka (Perković, 2002) 22
Tablica 5-1. Tipovi geoprostornih baza podataka i njenih glavnih karakteristika (ESRI, 2019d) .. 30
Tablica 7-1. Prikaz strukture atributne tablice „oznake“..... 60
Tablica 7-2. Prikaz strukture atributne tablice „litologija“ 61
Tablica 7-3. Prikaz strukture atributne tablice „oznake“..... 61
Tablica 7-4. Prikaz strukture atributne tablice „rasjedi“ 61
Tablica 7-5. Prikaz strukture atributnih tablica „dhmz_gmp“, „dhmz_klmp“, „dhmz_ksmp“ i dhmz_hdsp“..... 63
Tablica 7-6. Prikaz strukture atributnih tablica „jaruge“, „kanali“, „potoci“ i „rijeka“ 63
Tablica 7-7. Prikaz strukture atributne tablice „sava_jezera“ 64
Tablica 7-8. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „crpilista“ 66
Tablica 7-9. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „domena“..... 66
Tablica 7-10. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „hgbaza“..... 67
Tablica 7-11. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „nmk“ 68
Tablica 7-12. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „rpv“..... 68
Tablica 7-13. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „sirova_voda“..... 69
Tablica 7-14. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „slivovi“ 70
Tablica 7-15. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „tehnoloska_voda“ 70
Tablica 7-16. Prikaz strukture relacijske tablice „hg_parametri“..... 71
Tablica 7-17. Prikaz strukture relacijske tablice „teh_podaci“ 71
Tablica 7-18. Prikaz strukture relacijske tablice „lit_profil“..... 72
Tablica 7-19. Prikaz strukture relacijske tablice „motrenje_rpv“ 72
Tablica 7-20. Prikaz strukture relacijske tablice „nmk_podaci“ 72
Tablica 7-21. Prikaz strukture relacijske tablice „mjerni_podaci“..... 73
Tablica 7-22. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „akt_odlg“ 75
Tablica 7-23. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „ben_post“..... 75
Tablica 7-24. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „cen_gotp“..... 76
Tablica 7-25. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „corine“ 76
Tablica 7-26. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „kaz_azbs“..... 77
Tablica 7-27. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „pedologija“ 77
Tablica 7-28. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „rec_dvor“..... 77
Tablica 7-29. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „reg_onok“ 78
Tablica 7-30. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „reg_potv“..... 79
Tablica 7-31. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „vel_nesr“..... 79
Tablica 7-32. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „opcine“..... 80
Tablica 7-33. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „naselja“ 81
Tablica 7-34. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „zupanije“..... 81

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Prostorni smještaj zagrebačkog vodonosnika (modificirano prema Posavec i dr., 2015). 3
Slika 2-2. Geološka karta zagrebačkog područja (Bačani i Šparica, 2001) 4
Slika 2-3. Profil zagrebačkog vodonosnika (Posavec, 2016) 5
Slika 3-1. Evolucija geoinformacijskih sustava (Galić 2006)..... 8
Slika 3-2. Shematski prikaz hidrogeološkog geografskog informacijskog sustava (HGGIS) (Struckmeier & Margat, 1995; preuzeto iz Perković, 2002) 10
Slika 4-1. Hijerarhijski model podataka (Carić i Buntić, 2015) 14
Slika 4-2. Mrežni model podataka (Carić i Buntić 2015)..... 15
Slika 4-3. Objektno orijentirani model podataka (Carić i Buntić 2015)..... 16
Slika 4-4. Relacijski podatkovni model (Carić i Buntić, 2015)..... 17
Slika 4-5. Razine modeliranja podataka (modificirano prema Matijević, 2004)..... 18
Slika 5-1. Troslojna arhitektura geoprostorne baze podataka (Galić, 2006)..... 24
Slika 5-2. Tri temeljne apstrakcije: točka, linija i poligon (Galić, 2006) 25
Slika 5-3. Relacijska tablica sa značajkama obilježja (modificirano prema ESRI, 2019b)..... 27
Slika 5-4. Vrste tablica unutar geoprostorne baze podataka (modificirano prema ESRI, 2019b) ... 28
Slika 5-5. Tipovi podatkovnih skupova u geoprostornoj bazi podataka (modificirano prema ESRI, 2019c)..... 29
Slika 6-1. Vektorska geološka karta zagrebačkog vodonosnika..... 34
Slika 6-2. Karta s lokacijama meteoroloških i hidroloških postaja DHMZ-a..... 36
Slika 6-3. Karta hidrografske mreže 37
Slika 6-4. Karta lokacija glavnih aktivnih vodocrpilišta 39
Slika 6-5. Karta s lokacijama bušenih objekata..... 41
Slika 6-6. Karta lokacija piezometara kojima se prati kakvoća podzemne vode..... 42
Slika 6-7. Karta lokacija piezometara kojima se prati razina podzemne vode 43
Slika 6-8. Karta podzemnih vodnih cjelina 44
Slika 6-9. Karta lokacija uzorkovanja sirove vode i odbacivanja tehnološke vode..... 45
Slika 6-10. Karta lokacija onečišćenja..... 47
Slika 6-11. Karta CORINE namjene zemljišta 49
Slika 6-12. Pedološka karta zagrebačkog vodonosnika (modificirano prema Huljek, 2018)..... 50
Slika 6-13. Karta granica općina..... 51
Slika 6-14. Karta granica naselja..... 52
Slika 6-15. Karta granica županija..... 53
Slika 6-16. Karta digitalnog modela reljefa..... 54
Slika 6-17. Opća geološka karta zagrebačkog vodonosnika, listovi Zagreb (Šikić i dr., 1972) i Ivanić Grad (Basch, 1976) 55
Slika 6-18. Karta prirodne ranjivosti vodonosnika (modificirano prema Brkić i dr., 2009)..... 56
Slika 6-19. Topografska podloga mjerila 1:25 000 57
Slika 6-20. Topografska podloga mjerila 1:100 000 57
Slika 7-1. Shematski prikaz prostornih podataka unutar geoprostorne baze podataka..... 59
Slika 7-2. Shematski prikaz *Feature dataset*-a „geologija“..... 60
Slika 7-3. Shematski prikaz *Feature dataset*-a „hidrologija“ 62
Slika 7-4. Shematski prikaz *Feature dataset*-a „hidrogeologija“ 65
Slika 7-5. Shematski prikaz *Feature dataset*-a „pritisci“ 74
Slika 7-6. Shematski prikaz *Feature dataset*-a „admin_granice“..... 80
Slika 7-7. Shematski prikaz rasterskih podataka u geoprostornoj bazi podataka 82

Slika 8-1. Implementacija modela geoprostorne baze podataka na RGN fakultetu 84
Slika 8-2. Prikaz organizacije i simbologije podataka u prikazu sadržaja projekta *ArcMap-a* 85

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Shema hidrogeološke geoprostorne baze podataka zagrebačkog vodonosnika

1. UVOD

Održivo upravljanje podzemnim vodama je u praksi kompleksan proces; uglavnom jer su podaci o podzemlju i podzemnim vodama relativno teško dohvatljivi, a ako se pak nabavljaju od nekih tvrtki često su skupi. Ti podaci se u kontekstu ovog diplomskog rada, odnosno zagrebačkog vodonosnika, odnose na bazu bušotina za različite svrhe, kao i mnoštvo ostalih podataka koji nadopunjuju ovu bazu. Digitalizacija je danas prisutna u svakom obliku poslovanja, a kako je podataka puno, konstantno se razvijaju novi modeli pohrane prema potrebama korisnika. U hidrogeološkom polju istraživanja, podaci se većinom obrađuju u raznim CAD i GIS softverima, a po pitanju pohrane podataka postoji više rješenja. Na RGN (Rudarsko-geološko-naftni) fakultetu profesori i studenti rade u *ArcGIS* softverskom paketu, koji proizvodi ESRI (engl. Environmental Systems Research Institute), u kojem su integrirani razni softveri pa tako i nekoliko solucija za pohranu podataka.

ESRI u svom softverskom paketu *ArcGIS*-a nudi tri modela baza za pohranu geoprostornih podataka. Za potrebe fakulteta i ovog diplomskog rada odabran je *File geodatabase* model. Model je izrađen u softveru *ArcCatalog*, a podacima se upravlja iz softvera *ArcMap*. Dodatno za demonstrativne svrhe, ova geoprostorna hidrogeološka baza podataka vizualno je prikazana u softveru *Microsoft Visio*.

Podaci korišteni pri izradi ovog rada mogu se općenito podijeliti u šest skupina, pri čemu su oni detaljno opisani, te tablično i grafički prikazani u poglavlju 6 i 7. Šest skupina podataka su:

- Geologija;
- Hidrologija;
- Hidrogeologija;
- Pritisci;
- Administrativne granice;
- Rasterski podaci.

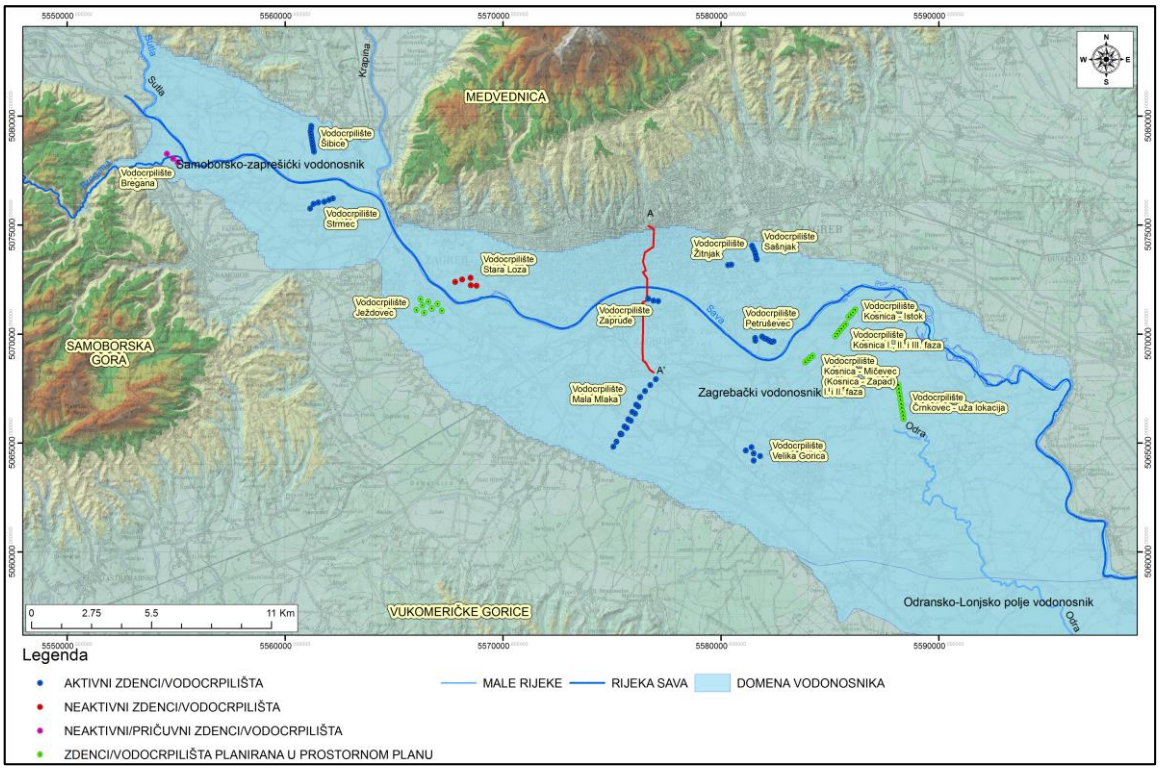
Glavni cilj ovog diplomskog rada je izrada baze podataka, dostupne svim djelatnicima koji rade na ovom području hidrogeologije, a koja će se aktivno koristiti i u budućnosti nadograđivati.

2. ZNAČAJKE ZAGREBAČKOG VODONOSNIKA

2.1 Opće značajke vodonosnika

Zagrebački vodonosnik prostire se oko 30 km pravcem sjeverozapad-jugoistok, a čine ga šljunkovito-pjeskovite naslage saturirane vodom koje se nalaze na području između Medvednice na sjeveru, Podsuseda na zapadu, Vukomeričkih Gorica na jugu i Rugvice na istoku. Vodonosnikom protječe rijeka Sava koja ga dijeli na lijevo i desno zaobalje. Podzemna voda vodonosnika temelj je vodoopskrbe grada, a zahvaćena je na sedam aktualnih vodocrpilišta prikazanih na **slici 2-1**. Sustav čini hidrauličku cjelinu tako da se slivovi pojedinih vodocrpilišta nastavljaju jedan na drugog, a podzemna razvodnica između njih pomiče se u skladu sa sezonskim kolebanjem razina podzemnih voda. Za vrijeme dugih sušnih perioda u vodoopskrbu se uključuju i manja vodocrpilišta koja su inače isključena iz vodoopskrbe. Vodonosnik obuhvaća površinu od otprilike 350 km², a podzemna voda koristi se za opskrbu pitkom vodom oko 850 000 stanovnika (Posavec, 2006).

Tektonski gledano prema Tumaču geološke karte M 1:100 000, list Zagreb (Šikić i dr., 1972), sustav podzemnih voda pripada strukturnoj jedinici Zagrebačka depresija, koja je dio tektonske jedinice Savskog tercijarnog bazena. Zagrebačka depresija omeđena je značajnim rubnim rasjedima uz rubne terasne odsječke Stupničke i Zagrebačke terase. Odlikuje se većom debljinom aluvija koji na istočnim područjima prelazi 40 metara (Bačani i Posavec, 2014a).



Slika 2-1. Prostorni smještaj zagrebačkog vodonosnika (modificirano prema Posavec i dr., 2015)

2.2 Geološke značajke vodonosnika

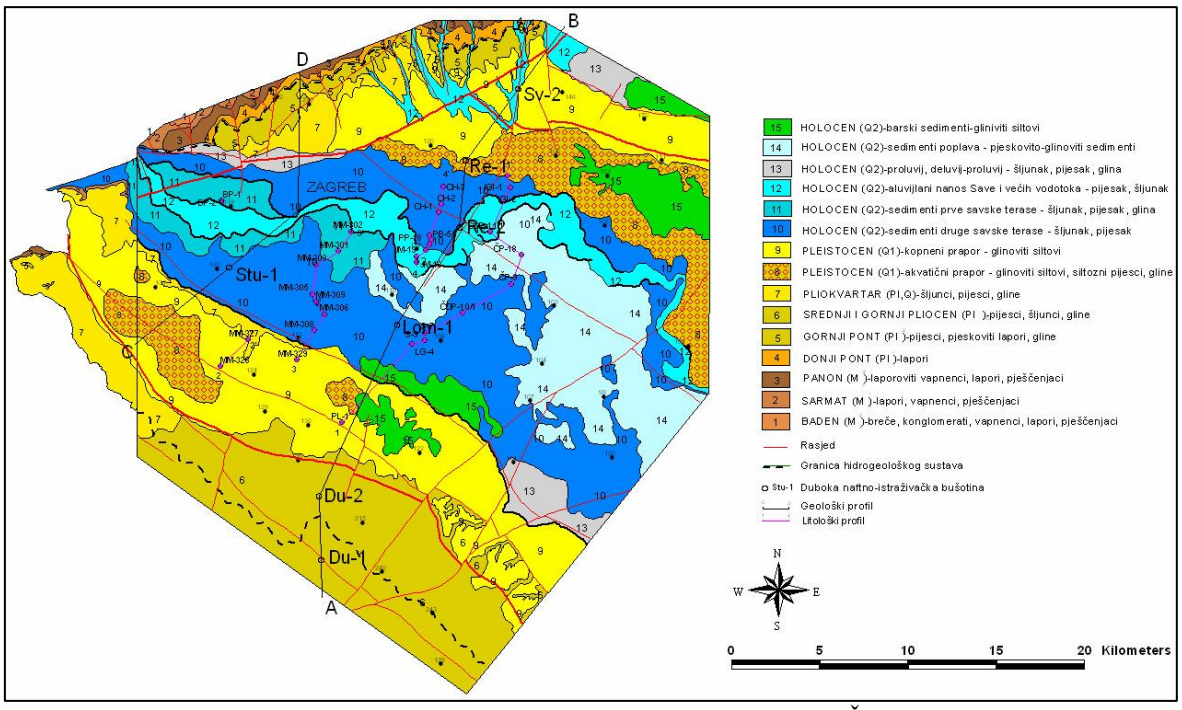
Zagrebački vodonosnik čine srednje i gornje pleistocenske te holocenske naslage. U profilu razlikujemo dva vodonosna sloja, koja su nastala u različitim uvjetima taloženja. Dublji vodonosni sloj dominantno čine jezersko–barske naslage, dok je plići sloj pretežito zastupljen aluvijalnim naslagama rijeke Save.

Dublji vodonosni sloj taložen je u srednjem i gornjem pleistocenu. To područje je tijekom srednjeg i gornjeg pleistocena bilo jezersko i močvarno. Okolno gorje (Medvednica, Marijagorička brda i Žumberačko gorje) bilo je kopno podložno intenzivnoj eroziji i denudaciji. Uslijed tih procesa trošeni materijal je s raznim udjelima šljunka, pijeska, praha i gline transportiran i taložen u jezerima i močvarama (Velić i Saftić, 1991).

Plići vodonosni sloj taložen je tijekom holocena. Početkom holocena, klimatski i tektonski procesi omogućili su prodor i formiranje rijeke Save čime je započeo transport materijala s područja Alpa (Velić i Durn, 1993). Zbog čestih klimatskih promjena i tektonske aktivnosti, transport materijala bio je promjenjivog intenziteta. Za vrijeme toplih i vlažnih razdoblja transport materijala je bio intenzivniji nego za vrijeme suhih i hladnih razdoblja.

Na procese taloženja također su utjecali i tektonski pokreti (Velić i dr., 1999). Posljedica takvih uvjeta taloženja je izrazita heterogenost i anizotropija vodonosnika te neujednačena debljina naslaga.

Geografski, aluvijalne naslage se na sjeveru naslanjaju na proluvijalne, pretežito glinovite naslage, koje prelaze u slabopropusne tercijarne naslage južnih obronaka Medvednice. Na jugu se zagrebački vodonosnik naslanja na klastične sedimente Stupničke terase koji pak bočno prelaze u naslage gornjopaludinskih slojeva koji izgrađuju sjeverne padine Vukomeričkih Gorica. Rasprostranjenost površinskih naslaga prikazana je na geološkoj karti zagrebačkog područja (**slika 2-2**).



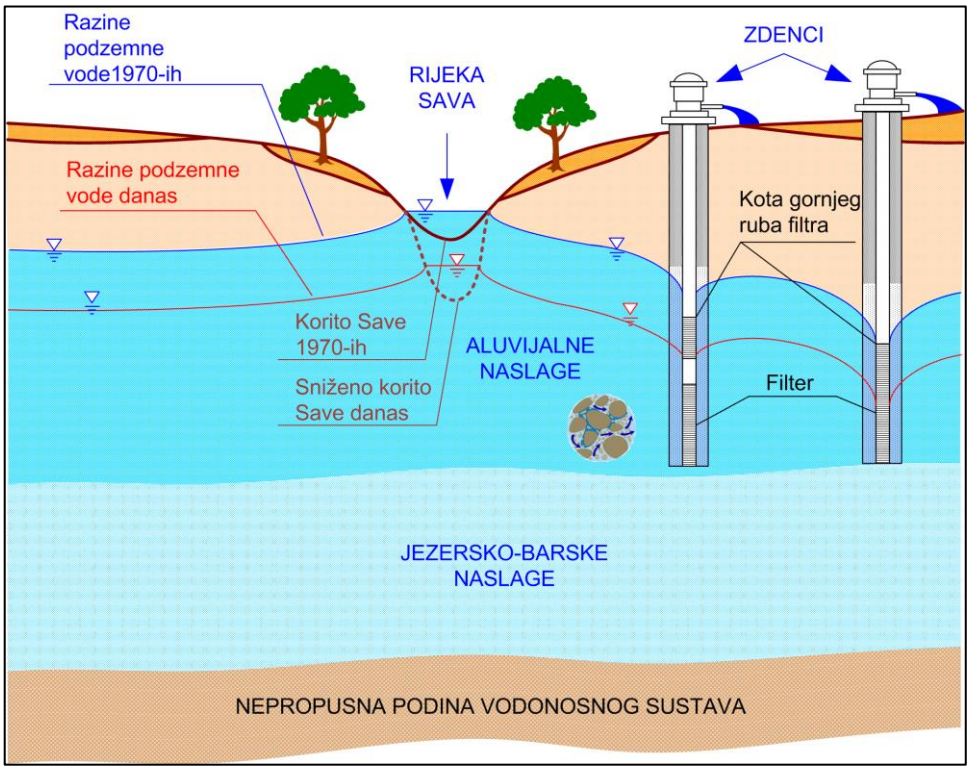
Slika 2-2. Geološka karta zagrebačkog područja (Bačani i Šparica, 2001)

2.3 Hidrogeološke značajke vodonosnika

Zagrebački vodonosnik je otvoreni vodonosnik, što znači da je predstavljen saturiranim dijelom propusnog sloja koji se proteže od nepropusne podine do vodne plohe pod atmosferskim tlakom. Krovinu vodonosnika čine slabo propusne naslage koje su ili vrlo male debljine, svega nekoliko metara, ili su potpuno odsutne. Tek se u jugoistočnom dijelu ili u rubnim područjima vodonosnika povećava debljina slabo propusne krovine i do petnaestak metara. Podinu vodonosnog sustava izgrađuju slabopropusne naslage.

Debljine vodonosnika su raznolike, a kreću se od nekoliko metara pa sve do otprilike 100 m. Zagrebački vodonosnik sastoji se od dva vodonosna sloja povezana u jednu hidrauličku cjelinu. Oba vodonosnika predstavljaju vrlo dobro propusne otvorene vodonosnike (**slika 2-3**).

Rubne granice vodonosnika čine nepropusna granica na sjeveru, granica dotjecanja na zapadu, granica dotjecanja na jugu te granica otjecanja na istoku. Generalni smjer toka podzemne vode je od zapada prema istoku/ jugoistoku (Posavec, 2016).



Slika 2-3. Profil zagrebačkog vodonosnika (Posavec, 2016)

Napajanje vodonosnika se u najvećoj mjeri ostvaruje (**1**) infiltracijom iz rijeke Save; (**2**) infiltracijom oborina; (**3**) infiltracijom iz propusne vodoopskrbne i kanalizacijske mreže; (**4**) dotjecanjem po zapadnoj granici iz susjednog samoborskog vodonosnika; te (**5**) dotjecanjem po južnoj granici vodonosnika s područja Vukomeričkih gorica (Bačani i Posavec, 2009).

Hidraulička vodljivost je izrazito velika i u zapadnim dijelovima vodonosnika prelazi 3000 m/dan. Prema istoku opada pa tako kod Črnkovca iznosi oko 2000 m/dan, a nešto istočnije i manje od 1000 m/dan (Urumović i Mihelčić, 2000). Transmisivnost vodonosnika doseže najveće vrijednosti na području Črnkovca (50 000 m^2/dan) zbog visokih iznosa hidrauličke vodljivosti i debljine vodonosnog sloja (Brkić i Biondić, 2000).

3. GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SUSTAV (GIS)

3.1 Općenito o GIS-u

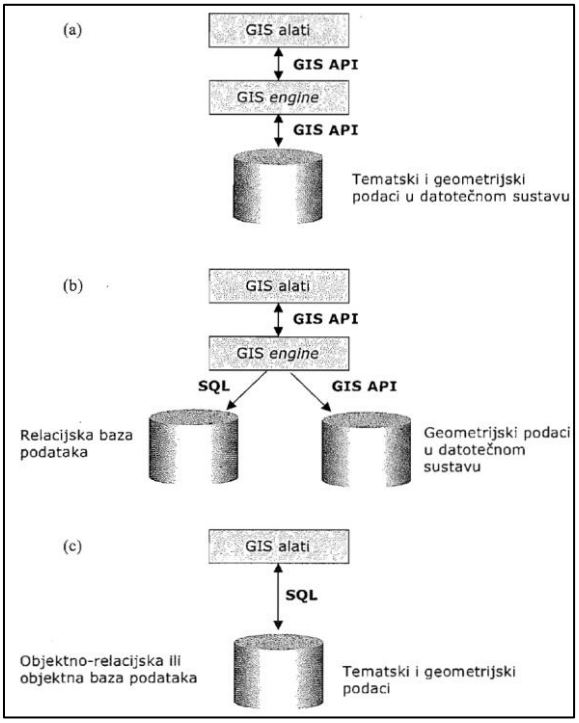
Geografski informacijski sustav (GIS) je jedna od najatraktivnijih informatičkih disciplina i tehnologija današnjice. Kao relativno mlada, multidisciplinarna informatička tehnologija u zadnjih desetak godina je u snažnom razvoju i ekspanziji. To je sustav o cjelokupnom zemljinom prostoru s ciljem uspješnijeg gospodarenja. Obuhvaća litosferu, hidrosferu, biosferu i atmosferu. Zadire u geologiju, geodeziju, poljoprivredu, šumarstvo, vodoprivredu, promet i prometnice, ekologiju, oceanografiju, meteorologiju, itd. Koristi se i u daljinskim istraživanjima, raznim vojnim primjenama, istraživanju nafte, lokalnoj upravi i zaštiti okoliša (Perković, 1998).

3.2 Razvoj GIS-a

Geoinformacijski sustav je informacijski sustav za upravljanje, analizu, vizualiziranje i distribuciju geoprostornih informacija. Geoprostorne informacije su informacije o objektima i pojavama čiji je referentni sustav definiran na površini Zemlje. Nastanak geoinformacijskih sustava veže se za 1965. godinu i pojavu kanadskoga geografskog informacijskog sustava (engl. Canada Geographic Information System), izvorno namijenjenog za prikupljanje informacija o prirodnim resursima u Kanadi. U istom desetljeću ostvaren je znatan napredak u domeni kartografije, zahvaljujući prije svega razvoju računalnih grafičkih sustava pod utjecajem intenzivnih istraživanja u laboratoriju za grafiku Sveučilišta Harvard (Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis). Početkom 1970-ih godina započinje razvoj prvih komercijalnih sustava za produkciju digitalnih karata, prostorno planiranje i infrastrukturu. Zajednička karakteristika tih geoinformacijskih sustava prve generacije jest korištenje datotečnih sustava za pohranjivanje i tematskih i geometrijskih podataka (**slika 3-1a**).

Arhitektura druge generacije geoinformacijskih sustava, koja se pojavljuje tijekom 1990-ih, odlikuje eksplicitno razdvajanje tehnologije za upravljanje tematskim podacima (relacijska baza podataka) od tehnologije za upravljanje geoprostornim podacima (datotečni sustav konkretnog operacijskog sustava). Stoga se ta arhitektura često naziva i georelacijska, odnosno dvojna arhitektura. Razlozi za ovaj pristup su prije svega povijesni: razvoj sustava

prve generacije bio je koncentriran na digitalne karte za što je bilo neophodno razviti djelotvorne tehnike za upravljanje geometrijskim podacima, pri čemu je svaki objekt na karti bio povezan s tematskim atributima. Kako su tijekom 1990-ih relacijske baze podataka već postale standardna tehnologija u izgradnji informacijskih sustava, ta je tehnologija iskorištena za pohranjivanje i upravljanje tematskim podacima (**slika 3-1b**).



Slika 3-1. Evolucija geoinformacijskih sustava (Galić 2006)

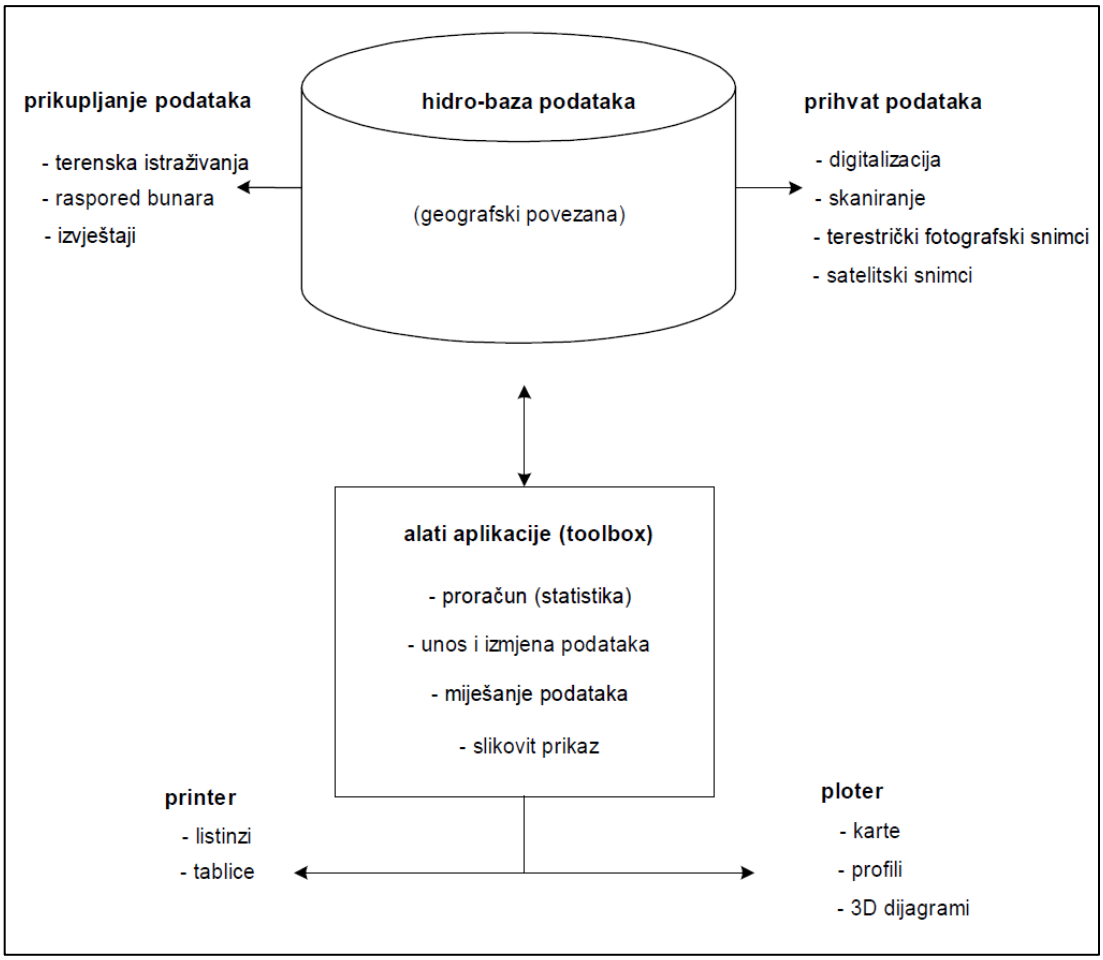
Iako su ti geoinformacijski sustavi tijekom vremena evoluirali u sustave opće namjene, mogućnosti njihove prilagodbe specifičnim zahtjevima korisnika, odnosno specifičnim aplikacijskim domenama bile su ograničene. Nepostojanje upitnog jezika za upravljanje geoprostornim podacima bilo je vrlo ozbiljno ograničenje sustava. Ista konstatacija vrijedi i danas za sve sustave utemeljene na toj dvostrukoj arhitekturi, odnosno na eksplicitnom korištenju različitih tehnologija za upravljanje različitim vrstama podataka. Pored toga, treba istaknuti i sve nedostatke svojstvene korištenju datotečnog sustava (ovisnost aplikacija o fizičkoj organizaciji podataka, nemogućnost istodobnog pristupa podacima od strane više korisnika, problemi obnove podataka nakon iznenadnog kvara sustava, itd.).

Zahvaljujući rezultatima istraživanja u domeni prostornih baza podataka, današnje geoinformacijske sustave, koje možemo definirati kao sustave treće generacije, odlikuju, korištenje tehnologije baze podataka kao jedinstvene tehnologije za upravljanje podacima (s**lika 3-1c**). Ta se arhitektura naziva i integriranom arhitekturom, a odlikuje ju korištenje tzv. proširljivih baza podataka, pri čemu su gotovo sve generičke funkcije integrirane u sustav za upravljanje bazom podataka. Stoga je i očigledno zašto je tehnologija baza podataka presudna tehnološka komponenta svakog modernoga geoinformacijskoga sustava i zašto je njezino poznavanje i razumijevanje izuzetno važno ne samo za informatičke discipline i djelatnosti nego i za sve druge koji obrađuju, koriste, upravljaju ili distribuiraju geoprostorne podatke (Galić, 2006).

3.3 Hidrogeološki geografski informacijski sustav (HGGIS)

Hidrogeološki geografski informacijski sustav (HGGIS) je specijalizirani informacijski sustav u hidrogeologiji, a sam po sebi podrazumijeva hidrogeološku bazu podataka. On obuhvaća podatke i iz drugih srodnih struka, opisan je brojnim shemama informacijskog sustava, fizičkom organizacijom podataka, modelima baze podataka i dr. Osim na RGN fakultetu, posjeduju ga i primjenjuju Institut za geološka istraživanja, Hrvatske vode, Državni hidrometeorološki zavod i druge institucije, veće i manje tvrtke. Ove ustanove po nekim prikupljenim i obrađenim podacima u HGGIS-u pokrivaju cijelu državu dok su za neke regije (županije, slivove, općine) izrađena regionalna ili lokalna GIS rješenja. U budućnosti se očekuje sve bolja povezanost tih ustanova i kompatibilnost HGGIS projekata bez obzira na različite operacijske sustave i GIS programe te raznovrsna tehnička rješenja (kartografija, šifriranje objekata i sl.).

U današnjim programskim paketima, obično su uključene najkorisnije komponente, kao npr. statistički izračuni, vektorsko preklapanje tematskih slojeva (podataka) te 2D, 2,5D i 3D prikazi (**slika 3-2**).



Slika 3-2. Shematski prikaz hidrogeološkog geografskog informacijskog sustava (HGGIS) (Struckmeier & Margat, 1995; preuzeto iz Perković, 2002)

Danas većina hidrogeologa treba informacijski sustav za učitavanje i pronalaženje podataka te njihovo pregledavanje i ažuriranje u grafičkom i negrafičkom obliku. Generalno, ovakvi korisnici ne žele gubiti vrijeme na tehničkim detaljima baze podataka ili preopsežnim priručnicima softvera za upravljanje geografskim informacijskim sustavima. Manja, druga grupa korisnika radi s kompleksnijim programskim alatima za hidrogeološka modeliranje, prostornu i statističku analizu, digitalnu kartografiju, 3D modeliranje i sl. Obje skupine korisnika trebaju otvoreno i fleksibilno programsko okruženje, gdje je moguće prikazati sve raspoložive podatke i gdje je moguće primijeniti kompleksne stručne metode. S tehničke točke gledanja, zahtjevi za drugu skupinu korisnika su složenije prirode i često ne mogu biti zadovoljeni unutar jedne programske aplikacije (Perković, 2002).

Moguće je dakle izraditi HGGIS temeljen na GIS metodama i modulima specifičnog stručnog softvera. Ponajprije, takav sustav omogućuje vezu između hidrogeološke baze

podataka i podataka iz ostalih programskih aplikacija. Standardizacija podrazumijeva da sve interakcije među bazom podataka, GIS podsustavom i rezultatima numeričkog modeliranja koriste iste specifične formate podataka. Jezgra ovog sustava je baza podataka, koja se sastoji od opisa geometrije i atributa hidrogeoloških točkastih, linijskih i poligonskih objekata. Geometrija objekata je spremljena kao obilježje (engl. Feature) unutar GIS paketa, a povezana je sa zapisima u bazi podataka, gdje su i spremljeni svi atributivni podaci. Osim originalnih podataka, privremeni skupovi podataka se generiraju za namjenu analize jer je pozivanje podataka izravno iz baze podataka često vrlo sporo.

HGGIS nam omogućuje pristup svim postojećim informacijama o pojedinom području ili objektu i to iz svih raspoloživih digitalnih sadržaja (Baza znanja o evidenciji i gospodarenju podzemnim vodama (EGPV), strukturirana negrafička baza podataka, grafička baza podataka, GIS baza podataka, modeli optimalizacije, podaci dobiveni specifičnim stručnim obradama). Informacije koje se dobiju tim opsežnim pretraživanjem te preklapanjem grafičkih i negrafičkih slojeva su primjerice:

- raspoloživi hidrogeološki parametri (geometrija slojeva, kemijska i fizikalna svojstva vode, itd.);
- parametri koji definiraju dinamiku u podzemlju;
- zaštita kvalitete podzemne vode uz određivanje mogućeg višestrukog korištenja vode;
- mogućnost racionalizacije vodoopskrbe (lociranje alternativnih vodnih izvora za industriju i agrikulturu), distribucija vode (izgradnja posebne distributivne mreže za pitku vodu), gubici vode ;
- ekonomična raspodjela vode (redukcija i ponovno korištenje);
- određivanje zaštitnih zona oko bunara i vodocrpilišta i zona prihranjivanja zajedno s kartama ugroženosti i kvalitete podzemne vode;
- optimalizacija piezometarske mreže gradova;
- utjecaji industrijskih objekata na okoliš.

4. BAZE PODATAKA

4.1 Općenito

Baza podataka je zbirka podatkovnih zapisa pohranjenih na računalu koja je lako dostupna korisnicima i aplikacijama. Sastoji se od skupa međusobno povezanih podataka, pohranjenih zajedno, bez štetne ili nepotrebne zalihosti (redundancije). Podaci su u bazi pohranjeni u obliku neovisnom o aplikacijama koje ih koriste, a rukovanje podacima izvodi se isključivo kroz zajedničko i nadzirano sučelje.

Baze podataka u odnosu na klasične programske jezike predstavljaju višu razinu rada s podacima i moraju ispuniti sljedeće ciljeve (Manger, 2003):

- **Fizička nezavisnost podataka**. Logička definicija baze je razdvojena od njene stvarne fizičke građe.
- **Logička nezavisnost podataka**. Označava razdvojenost globalne logičke definicije cijele baze podataka od lokalne logičke definicije za jednu aplikaciju. Promjena logičke definicije ne zahtijeva promjene u postojećim aplikacijama.
- **Fleksibilnost pristupa podacima**. Korisnik može slobodno pretraživati podatke po vlastitom nahođenju.
- **Istovremeni pristup do podataka**. Neometan istovremeni pristup bazi od većeg broja korisnika.
- **Čuvanje integriteta**. Automatsko očuvanje korektnosti i konzistencije podataka kada se u sustavu pojave greške.
- **Mogućnost oporavka nakon kvara**. Postojanost zaštite baze u slučaju kvara hardvera ili softverske greške.
- **Zaštita od neovlaštenog korištenja**. Mogućnost da se korisnicima ograniče prava korištenja baze podataka.
- **Zadovoljavajuća brzina pristupa**. Usklađenost brzine operacija nad podacima s potrebama određene aplikacije.
- **Mogućnost podešavanja i kontrole**. Podešavanje logičke strukture od strane administratora obzirom da se svrha baze podataka, performanse i ostali parametri mogu s vremenom promijeniti.

Sustav za upravljanje bazom podataka (SUBP, Sustav za upravljanje bazom podataka, engl. DBMS – Data Base Management System) je programska podrška koja izvodi sve operacije nad bazom podataka. Primjeri operacija nad bazom podataka su kreiranje strukture, brisanje, mijenjanje i dohvaćanje podataka, administracija i dr. Sustav za upravljanje bazom podataka brine se o fizičkom smještaju podataka, administraciji sustava i obnovi podataka nakon rušenja baze podataka.

Strukturni opis objekata sadržanih u bazi podataka naziva se shema. Shema opisuje objekte i odnose medu njima prikazane u bazi podataka. Modeli baza podataka predstavljaju način organiziranja sheme, odnosno modeliranja strukture baze podataka. Postoji više razvijenih modela no najčešće se koristi relacijski model podataka, koji prikazuje informacije kroz više tablica od kojih se svaka sastoji od više redaka i stupaca. Relacijski model prikazuje odnose uporabom vrijednosti koje su zajedničke za više tablica. Ostali modeli poput hijerarhijskog i mrežnog modela koriste prikaze i odnose koji su eksplicitniji (Carić i Buntić, 2015).

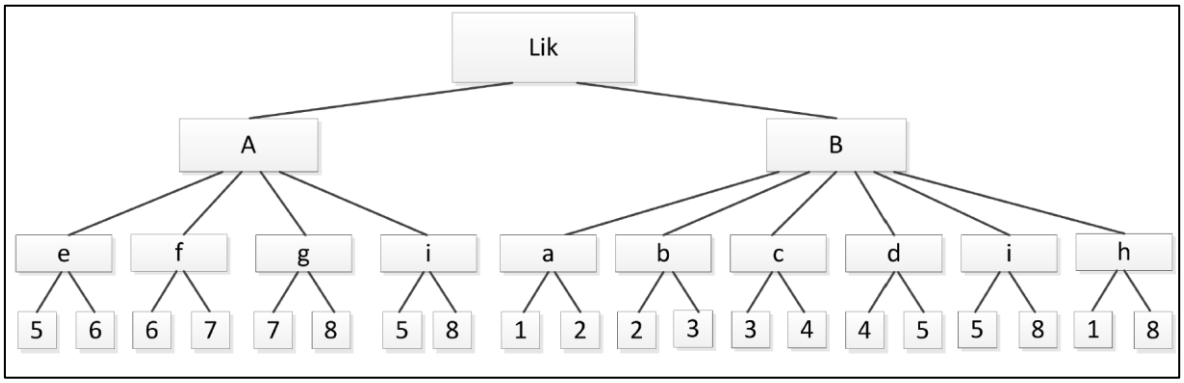
4.2 Podatkovni modeli

Podatkovni model je formalni sustav sastavljen od skupa objekata, operacija i pravila cjelovitosti. Njime je definirana logička struktura baze podataka. Postoji više podatkovnih modela od kojih će se u nastavku detaljnije obraditi: hijerarhijski, mrežni, objektni i relacijski.

4.2.1 Hijerarhijski podatkovni model

Hijerarhijski model baze podataka i pripadajući SUBP-ovi pojavili su se 60-tih godina prošlog stoljeća. Trenutna zastupljenost ovih baza nije velika, ali imaju svoje prednosti kao što je brzo spremanje i dohvaćanje podataka. Ove prednosti proizlaze iz činjenice da su podaci hijerarhijski složeni u stabla te je unaprijed poznat put dohvata pojedinog podatka (**slika 4-1**).

Uređeni skup zapisa naziva se stablo, a baza podataka je sastavljena od skupa stabala. Stablo započinje s korijenom koji se sastoji od više zapisa (slog, engl. Record). Mana ovog modela je što nije moguće ostvariti relaciju „više na prema više“ već samo „jedan na prema više“. Sljedeći nedostatak je bila redundantnost podataka, a najteži problem je bilo kompleksno brisanje i ažuriranje podataka koje je zahtijevalo poznavanje fizičkih veza između zapisa. Jezik za upravljanje podacima u hijerarhijskoj bazi sastoji se od skupa operatora pomoću kojih se obrađuju podaci u stablima. Najpoznatija implementacija sustava za upravljanje hijerarhijskim bazama je *Windows Registry* od *Microsoft*-a (Carić i Buntić, 2015).

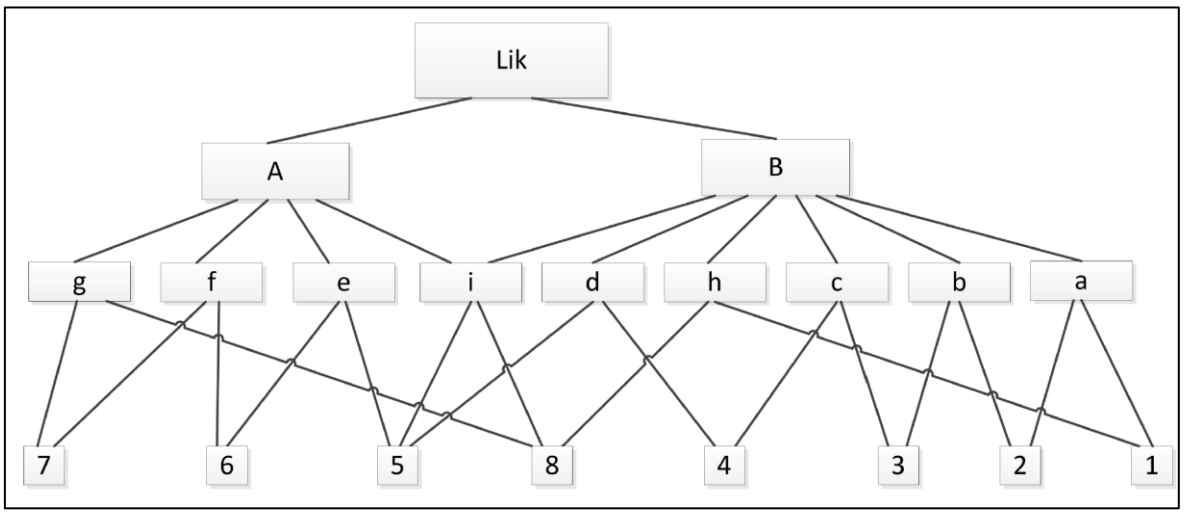


Slika 4-1. Hijerarhijski model podataka (Carić i Buntić, 2015)

4.2.2 Mrežni podatkovni model

Mrežni model se pojavio krajem 60-tih godina. Prvi standard na području baza podataka nastao je na osnovi mrežnog modela 1971. godine. Mrežni model je sličan hijerarhijskom modelu, samo što za razliku od hijerarhijskog, svaki podređeni zapis može imati više nadređenih zapisa. U ovom modelu se mogu prikazivati samo relacije jedan na prema više ili više na prema više. Prednost ovog modela u odnosu na hijerarhijski je uspostavljanje veze između različitih hijerarhija zapisa. Temeljni element mrežne strukture je zapis, pri čemu jedan zapis može imati više nadređenih zapisa, dok svaki nadređeni zapis može imati više podređenih zapisa. Ovakva struktura kada se prikaže grafički najsličnija je mreži otkuda dolazi i ime mrežnog podatkovnog modela (s**lika 4-2**). Prednosti mrežnog modela su brzi pristup podacima, dobro upravljanje integritetom i podatkovna neovisnost.

Nedostaci su velika kompleksnost sustava i zahtjevna implementacija modela. Najpoznatija implementacija sustava za upravljanje mrežnim bazama je IDMS (engl. Integrated Database Management System) koji proizvodi tvrtka *Computer Associates* (Carić i Buntić, 2015).



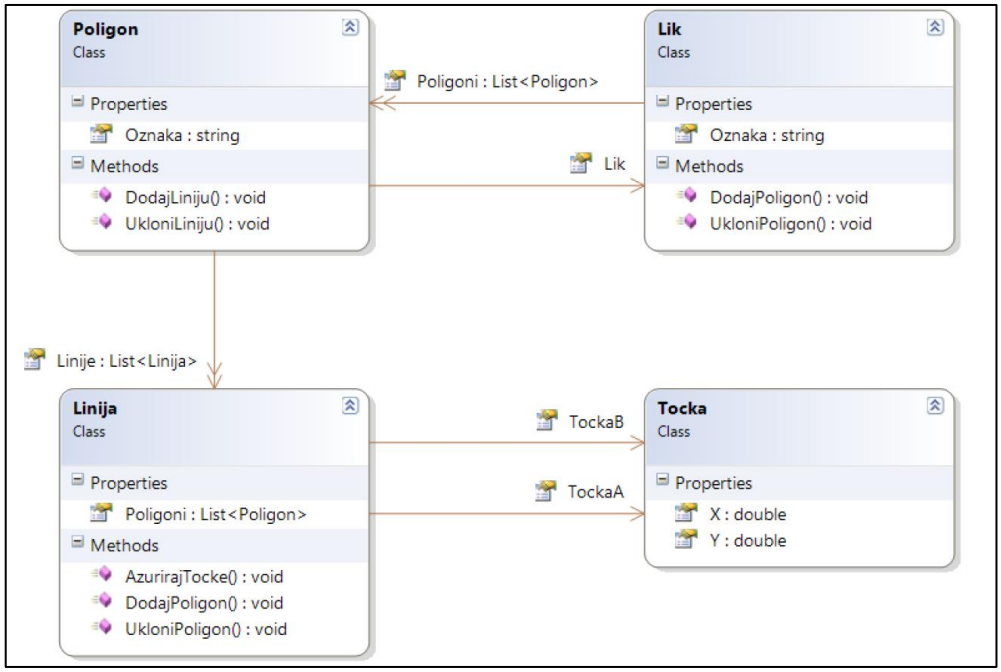
Slika 4-2. Mrežni model podataka (Carić i Buntić 2015)

4.2.3 Objektno orijentirani podatkovni model

Objektno orijentiran podatkovni model je model koji prihvaća semantiku objekata podržanu u objektno orijentiranim programskim jezicima. Ideja se pojavila približno u isto vrijeme kada i relacijski model. Prvi prototipovi sustava za upravljanje objektnim bazama pojavili su se 80-tih godina, dok su se prvi komercijalni alati pojavili početkom 90-ih godina prošlog stoljeća. Tek u zadnje vrijeme ovaj model postaje sve popularniji (s**lika 4-3**). Za aplikacije koje zahtijevaju spremanje kompleksnijih podataka s mnogo relacija kao što su prostorni podaci. Objektno orijentirani podatkovni model pokazao se mnogo brži u odnosu na relacijski model (Carić i Buntić, 2015). Osnovnih pet svojstava ovakvog modela podataka su:

- **Apstrakcija.** Označava pojednostavljenje složenih objekata iz realnog svijeta izdvajanjem najbitnijih karakteristika.
- **Enkapsulacija.** Implementacija koja će dovesti do željenog ponašanja objekata.

- **Modularnost.** Odnosi se na formiranje modularnih cjelina koje se mogu ponašati neovisno i mogu komunicirati s drugim modelima.
- **Nasljeđivanje.** Označava svojstvo definiranja objekata na temelju objekata koju su već definirani.
- **Polimorfizam.** Označava svojstvo promjenjivosti oblika.



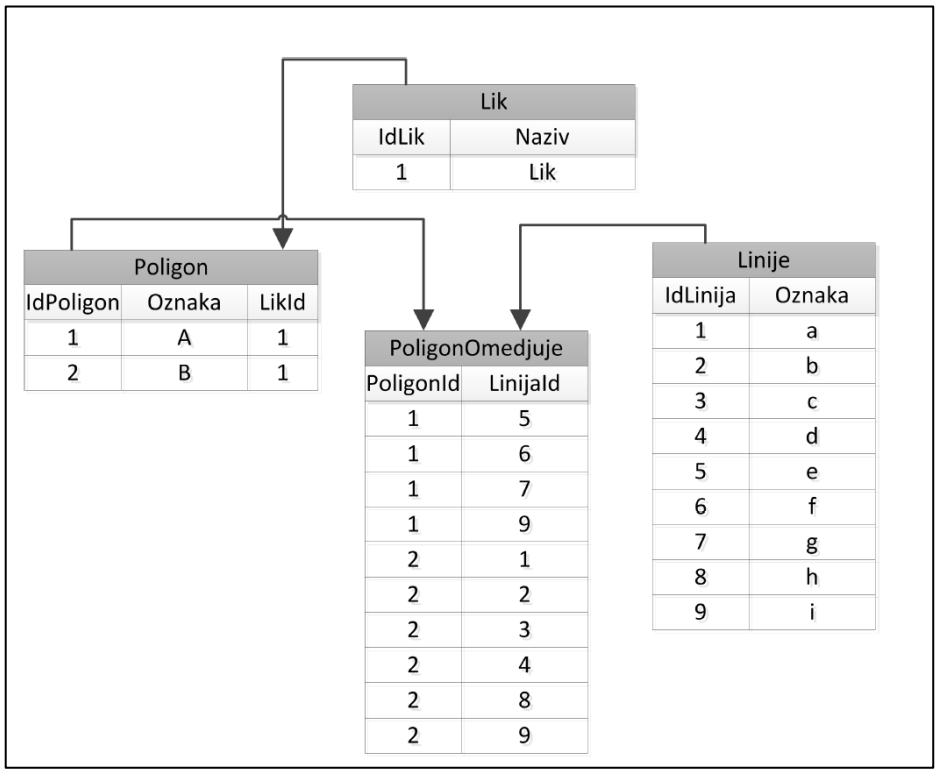
Slika 4-3. Objektno orijentirani model podataka (Carić i Buntić 2015)

4.2.4 Relacijski podatkovni model

Relacijski model je danas najraširenij model podataka. Skoro svi suvremeni sustavi za upravljanje bazom podataka upotrebljavaju relacijske modele podataka (**slika 4-4**). Relacija (veza) je povezanost među vrijednostima atributa koja postoji u realnom svijetu. Ona je ovisna o entitetima sustava i ne može postojati sama za sebe, a predstavlja bilo koju vezu između dva ili više entiteta sustava. To je ujedno i temelj relacijske baze podataka. Relacija je često u praksi formalni izraz za tablicu s podacima. Preciznije, to nisu potpuno jednaki pojmovi, jer tablica predstavlja bilo koji proizvoljni skup informacija unutar ili izvan bilo koje baze podataka, dok je relacija strogo definiran element relacijskog sustava (Milanović, 2013; prema Bronzite, 1989).

Najpoznatije implementacije sustava za upravljanje relacijskim bazama su:

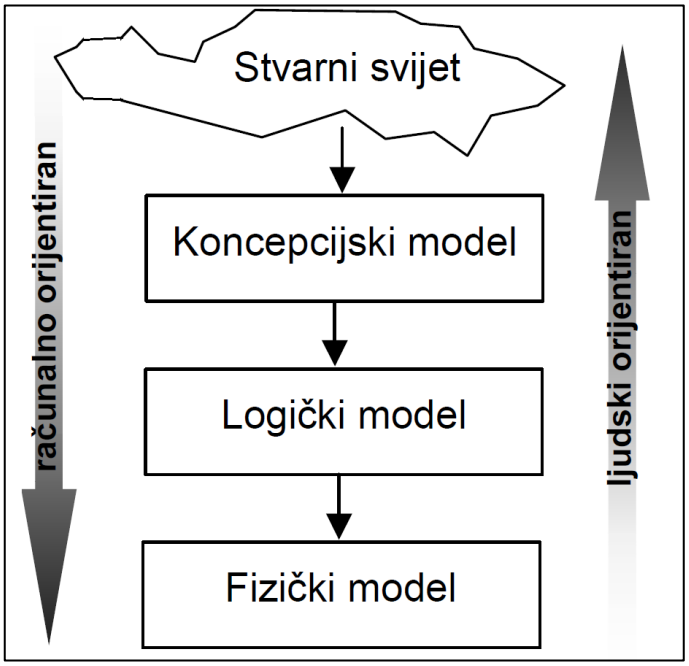
- *SQL Server*;
- *Oracle*;
- *Microsoft Access*;
- *PostgreSQL*;
- *MySQL*.



Slika 4-4. Relacijski podatkovni model (Carić i Buntić, 2015)

4.3 Modeliranje podataka

Modeliranje podataka prvenstveno se odnosi na prilagodbu podataka računalnim sustavima, a predstavlja postupak pronalaženja kategorija podataka te njihov međusobni odnos koji se može vršiti na svakoj od tri razine apstrakcije promatranja podataka, na konceptualnoj, logičkoj ili implementacijskoj te na fizičkoj razini (Varga, 1994). Konceptualni model je najčešće ljudski orijentiran i djelomično strukturiran model objekata, obilježja i procesa. Logički model predstavlja implementacijsku strukturu promatranog dijela stvarnog svijeta, dok fizički model podataka prikazuje stvarnu fizičku organizaciju podataka na računalu, ujedno predstavljajući implementaciju baze podataka na uređajima i medijima za memoriranje podataka (**slika 4-5**).



Slika 4-5. Razine modeliranja podataka (modificirano prema Matijević, 2004)

4.3.1 Konceptualno modeliranje podataka

Konceptualni model podataka opisuje cjelokupnu strukturu podataka informacijskog sustava definirajući tako entitete ili objekte, njihove atribute te veze među njima. Kod modeliranja podataka u standardnim aplikacijama, proces je baziran na poslovnim pravilima, praksi i regulativom. Izrađen je na temelju zahtjeva informacijskog sustava te je neovisan o

kasnijoj implementaciji na logičkoj ili fizičkoj razini. Za opis modela podataka na konceptualnoj razini najčešće se koriste dijagrami modela entiteti-veze i dijagram objektnog modela.

Model entiteti-veze najčešći je oblik konceptualnog modeliranja podataka zbog svoje jednostavnosti i prilagođenosti najraširenijem implementacijskom relacijskom modelu baze podataka. U entiteti-veze modelu promatrani svijet dijeli se na entitete koji su određeni svojim atributima i povezani vezama. Svaka pojava, tj. instanca entiteta ima iste atribute, ali različite vrijednosti atributa. Ključni atribut ili ključ služi za jedinstvenu identifikaciju entiteta. Veze među entitetima određene su ovisno o stupnju, kardinalnosti, smjeru i egzistencijalnoj ovisnosti.

Objektni model promatra stvarni svijet kao objekte. Varga (1994) definira objekte kao apstrakciju nečega u problemskoj domeni, o čemu se prikupljaju podaci i što sadrži vrijednosti svojih atributa i svojeg ponašanja, a klase objekata kao opis jednog ili više objekata koji imaju isti skup atributa i jednak opis ponašanja. Općenito se može reći da je klasa definicija objekta, a objekt instanca ili pojava klase. Objektni model značajan je po dodanim obilježjima ponašanja kojima se opisuju operacije ili metode koje se obavljaju nad objektom. Grafički prikaz objektnog modela ostvaruje se dijagramima klasa (Matijević, 2004).

Kod modeliranja geoprostornih podataka na konceptualnoj razini proces je složeniji jer se opisuje način na koji korisnik razumijeva geoprostorne podatke i njima upravlja. Prostorni koncepti kojima se modeliraju podaci baziraju se na objektno-orijentiranim ili prostorno-orijentiranim konceptima. U objektno-orijentiranim prostornim konceptima prostor je određen objektima od interesa, dok je u prostorno-orijentiranim prostornim konceptima svakoj točki u prostornim konceptima pridružena neka značajka i atribut. Međutim, geoprostorni koncepti se ne mogu izravno implementirati već odražavaju geoprostorni model podataka te pripadajuću strukturu podataka (Galić, 2006).

4.3.2 Logičko modeliranje

Logički ili implementacijski model rezultat je logičkog modeliranja koje je osnovano na prethodno sastavljenom konceptualnom modelu i zahtjevima za korištenjem podataka. Model se opisuje u obliku sheme baze podataka, u kojoj se koriste pojmovi relacija, logički zapis, redak ili segment, polje ili stupac itd. ovisno o tomu koji se sustav za upravljanje bazom podataka koristi (Varga, 1994).

4.3.3 Fizičko modeliranje

Fizički model rezultira fizičkim modeliranjem osnovanim na prethodnom logičkom modelu podataka. Ovaj model opisuje stvarne fizičke organizacije baze podataka, ima oblik unutarnje sheme baze podataka primjeren korištenom sustavu za upravljanje bazom podataka i karakteristikama korištenog računala (Varga, 1994).

4.4 Hidrogeološka baza podataka

Ideja o izradi baze podataka o hidrogeološkim objektima i pojavama na RGN fakultetu potječe još od 1993. godine. Tada je izrađena prva tablica u softveru *dBase IV* pod *DOS* operativnim sustavom. U prvoj izrađenoj tablici su bili samo podaci o vodocrpilištima. Svaka tablica je bila ujedno i datoteka na disku, uz prateće indeksne datoteke. Ubrzo su izrađene i brojne druge tablice te je zbog dokumentacije izrađen katalog podataka čitavog hidrogeološkog katastra odnosno sada baze podataka. Kasnije, prelaskom na *Windows* operativni sustav, postojeća struktura je zadržana te prebačena u *Visual dBase* sustav za upravljanje bazom podataka (DBMS). I na kraju, 2002. godine, došlo je do druge promjene *DBMS*-a te se od tada koristi – *Microsoft Access*. Kod njega su sve tablice u jednoj *mdb* datoteci. Limit datoteke je vrlo velik i iznosi 2 GB. No to sigurno još dugo neće biti premašeno, jer je sadašnja veličina datoteke 20-ak MB. Baza nije prevelika zato što u njoj nema tzv. OLE objekata (slika, filmova, zvučnih i drugih „težih“ datoteka), a svi su dokumenti izvan baze vidljivi u njoj preko *hyperlink* poveznica (Perković, 2002).

Hidrogeološka baza podataka sadrži brojne tablice (engl. Tables), ukupno njih 31 (**tablica 4-1**). Osim njih, u bazi postoje brojni upiti (engl. Queries) pomoću kojih se podaci mogu pretraživati, ažurirati, izdvajati u druge tablice ili omogućiti izvoz podataka u GIS aplikaciju. Za pregled i ažuriranje koriste se obrasci (engl. Forms) kojih ima onoliko koliko ima osnovnih tipova točkastih podataka. Izvješća (engl. Reports) omogućuju ispis podataka na pisaču ili izvoz (engl. Export) u PDF dokument. Makroi (snimljeni opetovani postupci unutar Access-a) i moduli (programski kodovi raznih proračuna, napisani u Visual Basic-u) omogućuju automatizam i povećavaju brzinu nekih čestih postupaka s podacima (Perković, 2002).

Tablica 4-1. Prikaz količine podataka u hidrogeološkoj bazi podataka (Perković, 2002)

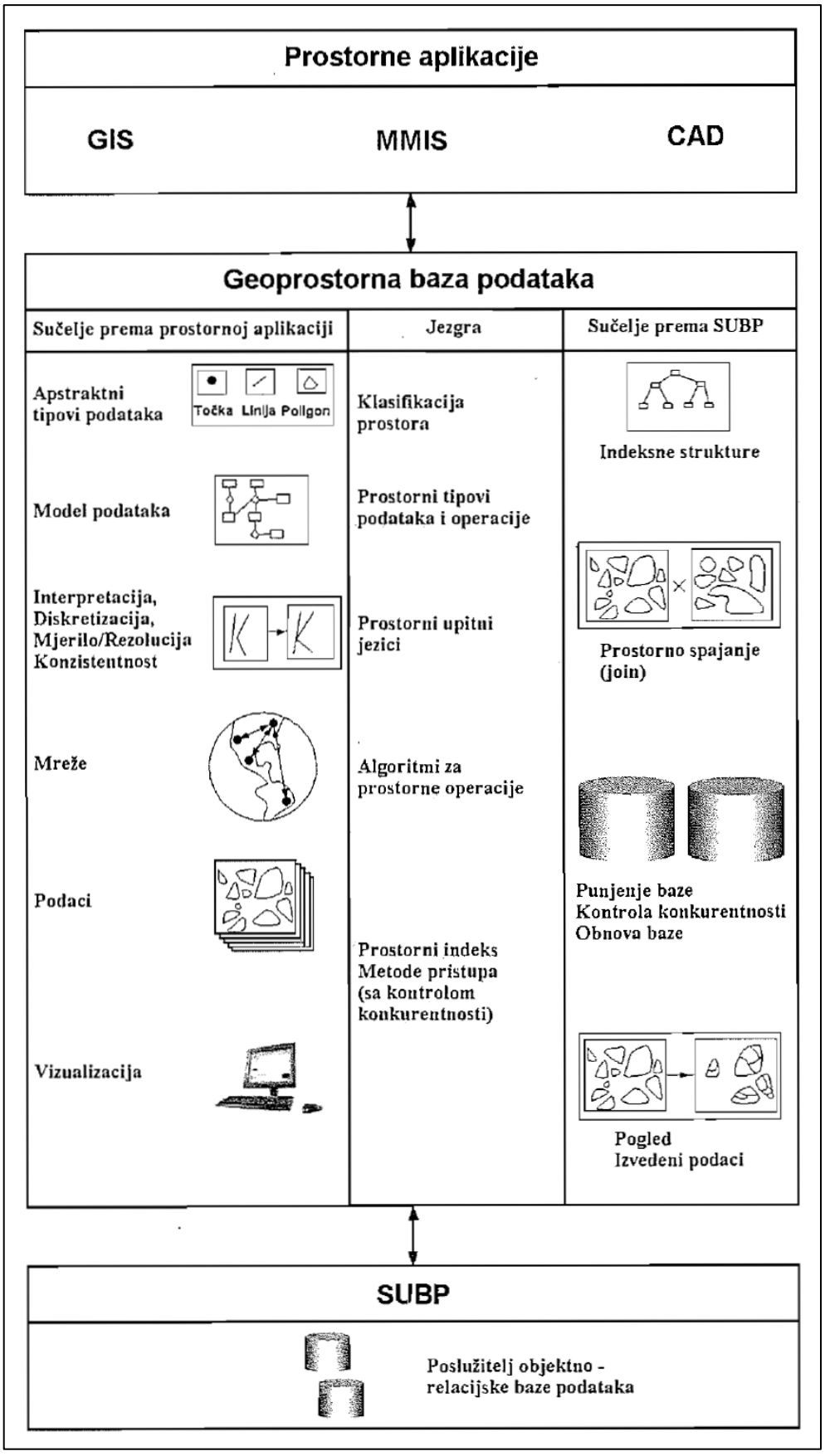
NAZIV TABLICE	OPIS	BROJ ZAPISA (SLOGOVA)	BROJ POLJA (ATRIBUTA)
ANALIZE	tip analize vode	14	2
ARHIVE	arhive izvornih podataka	75	2
BUSENI_OBJEKTI	bušeni objekti	6724	62
CISTERNE	cisterne (Dalmacija)	270	33
CRPILISTA	crpilišta (Zagreb)	13	2
EGPV	EGPV jedinice	102	4
HG_PARAMETRI	hidrogeološki podaci za bušene objekte	3978	8
IZVODJACI	izvođači bušenja, mjerenja, analiza…	72	2
IZVORI	izvori	3888	56
IZVORI_VODA	podaci o vodi izvora	2179	55
KARTE	listovi TK 1:50 000 po Parizu	193	3
LITERATURA	literatura projekta EGPV	450	13
LITOL_STUP	litološki podaci za bušene objekte	36224	5
MATERIJAL	materijal ugradnje za bušene objekte	206	2
METEO_OBJEKTI	meteorološki objekti Državnog hidrometeorološkog zavoda	476	15
MORFO_POJAVE	morfološke pojave (spilje, ponori i jame)	305	40
MOTRENJE_PV	motrenje razina podzemne vode na piezometrima	1956	5
NAMJENA	namjena bušenog objekta	54	2
NASELJA	naselja	6874	8
OPCINE	općine	563	2
PODTRASE	podtrase trasa	724	9
POKUSNO CRPLJENJE	podaci pokusnog crpljenja bunara	563	2
REZIM_IZVORA	režim izvora	6	2
TEH_PODACI	tehnički podaci (intervali ugradnje)	13948	8
TEHNIKA_BUSENJA	vrste tehnika bušenja	53	2
TIP_IZVORA	tipovi izvora	25	2
TIP_METEO_OBJEKTA	tipovi meteoroloških objekata	4	2
TIP_VODONOSNIKA	tipovi vodonosnika	4	2
TRASE	trase	181	22
VODOKAZI	vodokazi	241	12
ZUPANIJE	županije	21	3
	UKUPNO:	**80386**	**387**

5. GEOPROSTORNE BAZE PODATAKA

5.1 Općenito

Geoprostorni sustav baze podataka je sustav baze podataka sa svim značajkama standardnog sustava, s dodatnim mogućnostima za reprezentaciju, manipuliranje i analizu (upite) objekata u prostoru. To podrazumijeva da korisnik može promatrati geoprostorne i standardne (tzv. alfanumeričke) podatke na homogen način, korištenjem standardnih tehnika modeliranja i upitnih jezika (Galić, 2006).

Geoprostorne baze podataka predstavljaju skup geoprostornih podataka, odnosno podataka koji su prostorno vezani uz Zemljinu površinu. Podršku bazi podataka daje sustav za upravljanje geoprostornim bazama podataka (engl. Spatial Database Management System, SDBMS) koji sadrži sve značajke standardnih sustava, ali s dodatnim modulom za prikaz, upravljanje i analizu prostornih objekata prikazanih na konceptnoj **slici 5-1**. Gornji sloj na slici je specijalizirana aplikacija (GIS, multimedijski informacijski sustav, CAD, itd.) koja pristupa podacima u bazi (donji sloj) preko geoprostorne baze podataka na srednjem sloju. Glavne značajke sustava za upravljanje geoprostornim bazama podataka su da posjeduju geoprostorne apstraktne tipove podataka, upitni jezik koji podupire takve tipove te proces operacija nad geoprostornim podacima.

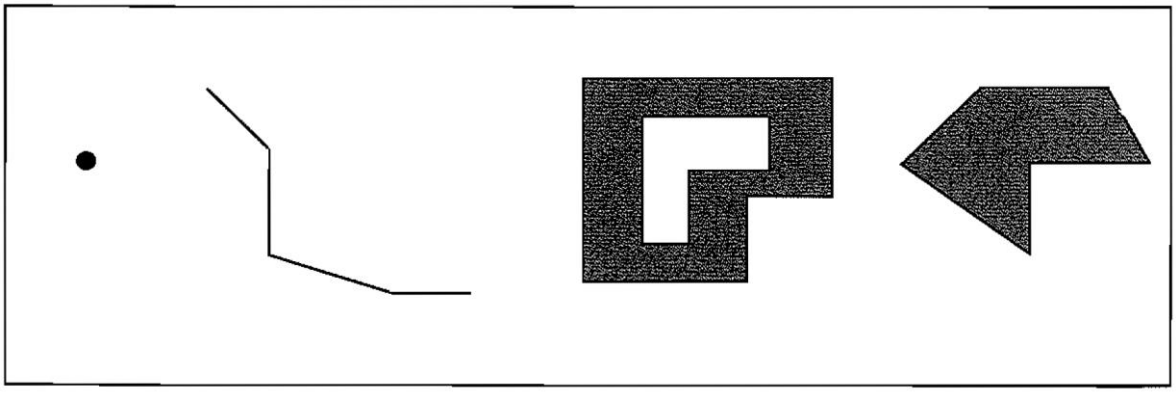


Slika 5-1. Troslojna arhitektura geoprostorne baze podataka (Galić, 2006)

5.2 Geoprostorni podaci

Geoprostorni podaci su podaci o geoprostornim entitetima, odnosno o stvarnim ili apstraktnim objektima ili pojavama na Zemljinoj površini, koji se sastoje od prostorne i tematske sastavnice. Tematsku ili semantičku sastavnicu čini skup atributnih podataka, jednostavnih tipova podataka koji alfanumeričkim znakovima opisuju objekt, obično su ti podaci prikazani u obliku tablica. Prostorna komponenta određena je geometrijskom i topološkom vrstom podataka te je prikazana grafičkim oblikom (Matijević, 2004).

Prostorna sastavnica obuhvaća definiranje geometrijskog tipa podatka i topološkog modela. Geometrijski tip podataka definira oblik, veličinu i položaj objekta u prostoru pri čemu je geometrija određena koordinatama karakterističnih točaka u koordinatnom sustavu. Temeljna stavka polazi od činjenice da se svi geometrijski likovi mogu zapisati kao uređen niz parova koordinata karakterističnih točaka. Osnovni geometrijski tipovi kojima se modeliraju objekti su točka, linija ili poligon (**slika 5-2**.), dok njihovom kombinacijom nastaju složeniji oblici poput mreža, topologije i 3D objekata.



Slika 5-2. Tri temeljne apstrakcije: točka, linija i poligon (Galić, 2006)

5.3 Geoprostorne baze podataka u okruženju *ArcGIS Desktop*-a

U najužem smislu, *ArcGIS* geoprostorna baza podataka je kolekcija raznih geografskih podataka koji su zajedno pohranjeni u zajedničkoj sustavnoj mapi (baza.gdb), bazi podataka programa *Microsoft Access* (baza.mdb) ili višekorisničkom relacijskom sustavu za upravljanje bazom podataka (npr. Oracle, Microsoft SQL Server, PostgreSQL, Informix ili IBM DB2). Geoprostorne baze podataka mogu varirati veličinom, a strukturirane su tako da ih može koristiti jedna osoba za vlastite potrebe pa sve do velikih korporacija s puno korisnika u raznim odjelima (ESRI, 2019a).

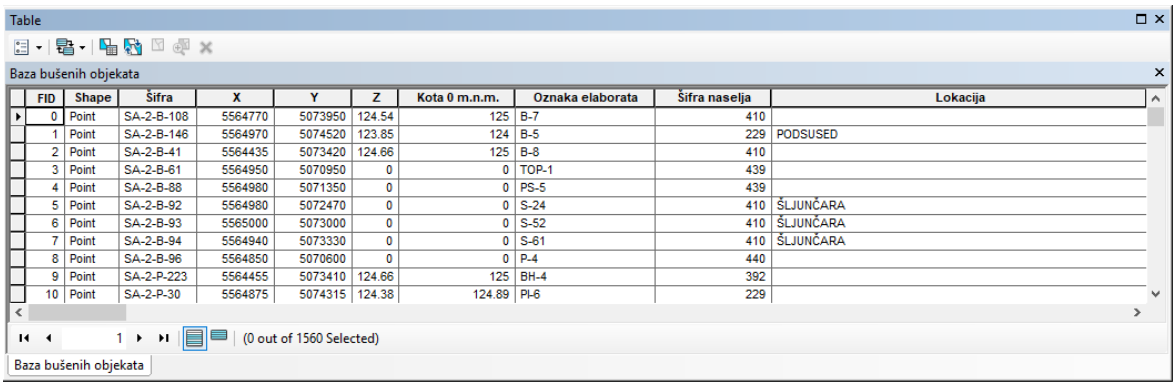
U aplikacijskom okruženju *ArcGIS*-a, geoprostorne baze podataka imaju nekoliko obilježja:

- Geoprostorne baze podataka su zadani oblik strukturiranja podataka te primarni podatkovni format za uređivanje i upravljanje podacima.
- Označavaju fizički spremnik geoprostornih informacija, što znači da im se može pristupiti preko *ArcGIS* sučelja ili koristeći SQL kroz neku SUBP aplikaciju.
- Sadrže opsežan model podataka za prikazivanje i upravljanje geoprostornim podacima. Model se može implementirati kao niz tablica koje sadrže obilježja (engl. Feature class), rastere i atribute.
- Softverska logika omogućuje rad sa svim oblicima geoprostornih podataka, uključujući *shapefile* datoteke (engl. Shapefile), CAD datoteke, TIN-ove, slike, GML datoteke kao i brojne ostale.

5.3.1 Arhitektura geoprostornih baza podataka

Model pohrane podataka je baziran na nizu jednostavnih no ipak esencijalnih relacijskih baza podataka koji ističe prednosti osnovnog SUBP-a. Tablice i pravilno definirani atributni tipovi kreirani su da pohranjuju shemu te prostorne atribute svakog geografskog podatkovnog skupa. Tim je pristupom pomoću SQL jezika omogućeno pristupanje, modificiranje i vršenje ostalih operacija nad podacima.

Primjerom u tablici na **slici 5-3** prikazano je modeliranje jednog obilježja (engl. Feature class) s odgovarajućom poligonskom geometrijom. Obilježje je pohranjeno u obliku tablice tako da svaki redak predstavlja jednu od njegovih značajki. *Shape* stupac sadrži geometrijske informacije svake značajke. Bitno je napomenuti da jedno obilježje sadrži isključivo samo jedan tip podatka, u ovom primjeru su to točke.



Table

Baza bušenih objekata

FID	Shape	Šifra	X	Y	Z	Kota 0 m.n.m.	Oznaka elaborata	Šifra naselja	Lokacija
0	Point	SA-2-B-108	5564770	5073950	124.54	125	B-7	410	
1	Point	SA-2-B-146	5564970	5074520	123.85	124	B-5	229	PODSUSED
2	Point	SA-2-B-41	5564435	5073420	124.66	125	B-8	410	
3	Point	SA-2-B-61	5564950	5070950	0	0	TOP-1	439	
4	Point	SA-2-B-88	5564980	5071350	0	0	PS-5	439	
5	Point	SA-2-B-92	5564980	5072470	0	0	S-24	410	ŠLJUNČARA
6	Point	SA-2-B-93	5565000	5073000	0	0	S-52	410	ŠLJUNČARA
7	Point	SA-2-B-94	5564940	5073330	0	0	S-61	410	ŠLJUNČARA
8	Point	SA-2-B-96	5564850	5070600	0	0	P-4	440	
9	Point	SA-2-P-223	5564455	5073410	124.66	125	BH-4	392	
10	Point	SA-2-P-30	5564875	5074315	124.38	124.89	PI-6	229	

1 (0 out of 1560 Selected)

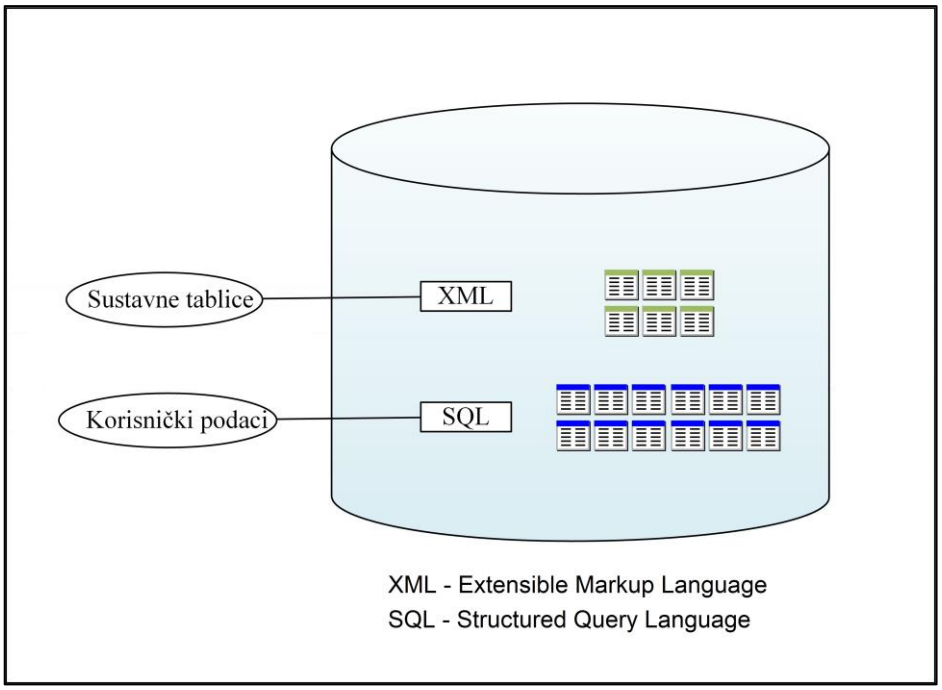
Baza bušenih objekata

Slika 5-3. Relacijska tablica sa značajkama obilježja (modificirano prema ESRI, 2019b)

Geoprostorne baze podataka implementirane su koristeći jednaki višeslojni softver kao i u većini drugih SUBP aplikacija, čime njena implementacija po ničemu ne iskače u usporedbi s ostalima. Takva višeslojna arhitektura se ponekad i naziva objektno-relacijskim modelom.

Jezgru geoprostorne baze čine standardne relacijske sheme. Shema je ostvarena kao kolekcija geoprostornih sustavnih tablica u SUBP-u, koji definira integritet i ponašanje geoprostornih informacija. Tablice mogu biti pohranjene kao datoteke na nekom mediju ili unutar sadržaja nekog SUBP-a kao što su *Oracle*, *IBM DB2* ili neki drugi.

Pravilno definirani tipovi stupaca u tablici koriste se za pohranu tradicionalnih tabličnih vrijednosti. Kada je geoprostorna baza podataka pohranjena unutar SUBP-a, njen prostorni prikaz, koji je najčešće prikazan vektorima i rasterima, uglavnom je pohranjena koristeći prošireni prostorni tip. Unutar baze podataka postoje dva primarna tipa tablica: sustavne tablice koje sadrže metapodatke i tablice skupova podataka (**slika 5-4**).

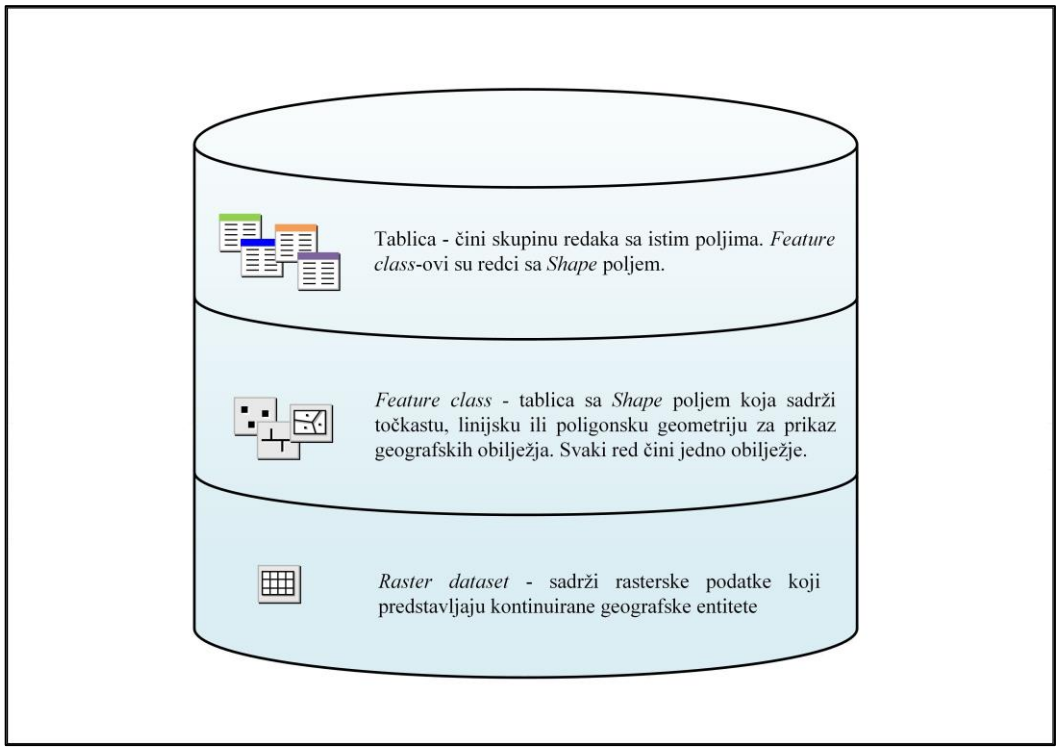


Slika 5-4. Vrste tablica unutar geoprostorne baze podataka (modificirano prema ESRI, 2019b)

5.3.2 Elementi geoprostornih baza podataka

U *ArcGIS* okruženju podaci su organizirani unutar *File geodatabase* modela baze podataka kao (**slika 5-5)**:

- Tablični podaci;
- Vektorski podaci (*Feature dataset*-ovi koji sadrže *Feature class*-ove);
- Rasterski podaci.



Slika 5-5. Tipovi podatkovnih skupova u geoprostornoj bazi podataka (modificirano prema ESRI, 2019c)

5.3.3 Tipovi geoprostornih baza podataka

Geoprostorna baza podataka se ponaša kao „kontejner“ za geoprostorne podatke. Postoje tri tipa:

- ***Personal geodatabase*.** Podaci su pohranjeni unutar *Microsoft Access mdb* datoteke, veličina baze je do 2 GB.
- ***File geodatabase*.** Podaci su pohranjeni u sustavnoj mapi (*.gdb). Svaki podatkovni skup pojedinačno može biti velik do 1 TB.
- ***Enterprise geodatabase*.** Poznata kao i višekorisnička baza. Neograničena veličinom i brojem korisnika. Podaci su pohranjeni u relacijskim bazama podataka koristeći neki od SUBP-ova, nabrojanih u **tablici 5-1**.

Tablica 5-1. Tipovi geoprostornih baza podataka i njenih glavnih karakteristika (ESRI, 2019d)

KARAKTERISTIKE	PERSONAL GEODATABASE	FILE GEODATABASE	ENTERPRISE GEODATABASE
OPIS	Format podataka originalno namijenjen samo za *Microsoft Access*. Time je ograničena veličinom i OS-om.	Razni formati pohranjeni u sustavnoj mapi OS-a. Zadani oblik geoprostorne baze podataka u *ArcGIS*-u.	Kolekcija raznih formata pohranjena u tablicama relacijskih baza podataka.
BROJ KORISNIKA	Jedan zapisivač i nekoliko čitača podataka. Istovremeni pristup dovodi do smanjenja performansi.	Više čitača ili jedan zapisivač podataka po jednom skupu podataka. Istovremeni pristup bilo kojoj datoteci može smanjiti performanse.	Neograničen broj zapisivača i čitača podataka.
FORMAT	Sav sadržaj pohranjen je u bazi podataka aplikacije *Microsoft Access*.	Svaki podatkovni skup je odvojena datoteka na disku, unutar jedne sustavne mape.	*Oracle, Microsoft SQL Server, IBM D2, IBM Informix, PostgreSQL.*
VELIČINA	2 GB, iako performanse opadaju već između 250 i 500 MB.	1 TB za svaki podatkovni skup. Granica se može povećati i do 256 TB po jednom skupu.	Ovisi o granicama *SUBP-a.*
OS PLATFORME	*Windows*.	*Windows* i *UNIX*.	*Windows, UNIX i Linux.*
SIGURNOST	*Windows* sigurnosni sustav.	Sustavna sigurnost pokrenute datoteke.	Ovisi što pruža *SUBP*.
ADMIN. ALATI	*Windows* upravljački sustav.	Upravljanje svojstvima datoteke.	*SUBP* rezerva, oporavak, replikacija, *SQP* podrška itd.
OSTALO	Često se koristi kao upravljač atributne tablice.	Moguće sažeti veličinu podataka opcijom spremanja kao read-only.	Zahtjevi: *ArcGIS Desktop Standard* i *Advanced*, *ArcGIS Engine* i *ArcGIS for Server Workgroups*

Glavne prednosti *File geodatabase* modela u odnosu na *Personal geodatabase* za geoprostornu bazu podataka u ovom radu:

Poboljšana raznolikost i općenita iskoristivost modela

- Model dostupan za sve *ArcGIS* licence.
- Model radi na *Windows* i *UNIX* platformama.

Optimiziranije performanse i prostor pohrane

- Način strukturiranja podataka optimizira performanse i prostor pohrane.
- Čak i operacije s podacima do veličine 1 TB pružaju bolje performanse nego operacije sa *Shapefile*-ovima.
- Veličina baze ograničena je samo veličinom diska, a pojedinačni *Feature class*-ovi se mogu proširiti i do 256 TB.
- Moguće dodjeljivati konfiguracijske oznake ukoliko su podaci u određenom rasporedu veličine za još bolje performanse.

Poboljšani model uređivanja

- Model omogućuje uređivanje jednom korisniku, ali čitanje podataka više korisnika, dok samostalne *Feature class*-ove može uređivati više korisnika istovremeno bez zaključavanja baze podataka.

Pohrana rastera u geoprostornu bazu

- Ovaj model omogućuje pohranu *Managed i Unmanaged* rasterskih podataka.
- *Managed*: pohrana rastera u obliku BLOB-ova (engl. Binary large objects).
- *Unmanaged*: pohrana putanja rastera koji se nalaze u drugoj sustavnoj mapi.

Mogućnost ažuriranja postavki prostornih indeksa

- Prostorni indeksi koriste se za brzo lociranje podataka pri radu s velikim bazama podataka, a ovaj model uvodi dinamičnost i modificiranje istih.

Mogućnost sažimanja podataka

- Sažimanjem podataka se smanjuje njihova veličina koja zauzima disk uz minimalnu promjenu performansi, dakle pregled i dohvat podataka jednako vremenski traju kao kod nesažetih podataka.
- Sažimanje je namijenjeno za podatke koji ne zahtijevaju daljnje uređivanje.
- Sažimanje je reverzibilno i pri tome nema gubljenja podataka (ESRI, 2019e).

6. PRIPREMA I ORGANIZACIJA PODATAKA

6.1 Vrste korištenih podataka

Svi podaci korišteni za izradu ovog rada općenito se mogu podijeliti na vektorske, rasterske i tablične podatke. Vektorski podaci prikazuju modele stvarnih entiteta (npr. vodocrpilišta) i to kroz sva tri tipa: točke, linije i poligoni; pri čemu su točkasti podaci najzastupljeniji. Rasterski podaci, nešto manje zastupljeni, pružaju sve relevantne informacije po cijeloj površini istraživanog područja u nekoliko tematskih slojeva. Treći tip podataka su tablice koje sadrže zapise u numeričkom i tekstualnom obliku, te time nadopunjavaju vektorske podatke. Njihov jednostavni oblik zapisa omogućuje nesmetani pristup i međusobnu interakciju svih podataka. Većina korištenih podataka dobivena je iz sustava RGN fakulteta, dok su neki podaci javno dostupni (engl. Open Source).

Svi podaci korišteni u ovom radu morali su proći određene procese obrade kako bi postali upotrebljivi i svrsishodni u konačnoj bazi podataka. Prije pripreme i obrade podataka, razmatrani su sljedeći kriteriji koje podaci moraju zadovoljiti kako bi bili valjani (Chesnaux et al., 2011):

- Korisnost;
- Kvaliteta;
- Format;
- Starost;
- Autorska prava.

U smislu korisnosti podataka razmatra se koliko su upotrebljivi obzirom na originalnu namjenu. Primjerice, ako su podaci dobiveni za neko drugo, nehidrogeološko istraživanje, onda su manje korisni no i dalje su upotrebljivi. Kriterij kvalitete označava koliko su podaci pouzdani, precizni i redundantni. Općenito se u praksi ispostavlja da privatne tvrtke posjeduju kvalitetnije podatke. Format i prikaz podataka mogu značajno ubrzati točnost i brzinu rada ako su oni u digitalnom formatu, što danas uglavnom i je tako. Ukoliko podaci ne postoje pohranjeni digitalno, potrebno je digitalizirati sva postojeća izvješća, elaborate, terenske tablice, karte i ostale grafičke priloge. Najčešće su takvi podaci dosta stari, što za neka istraživanja i nije od prevelike važnosti (npr. logovi bušotina), dok je s druge strane neka istraživanja nemoguće provesti bez recentno dobivenih podataka (npr.

vodostaji). U cijelom postupku nabave podataka možda su i najbitniji faktor autorska prava, odnosno cijena koju postavljaju autori da legitimno omoguće upotrebu svojih podataka drugima, iako je danas dosta podataka uglavnom besplatno i javno dostupno u sve većim količinama.

Podaci korišteni pri izradi geoprostorne baze podataka u ovome radu zadovoljavaju svih pet navedenih kriterija i time su oni valjani i točni za daljnju obradu.

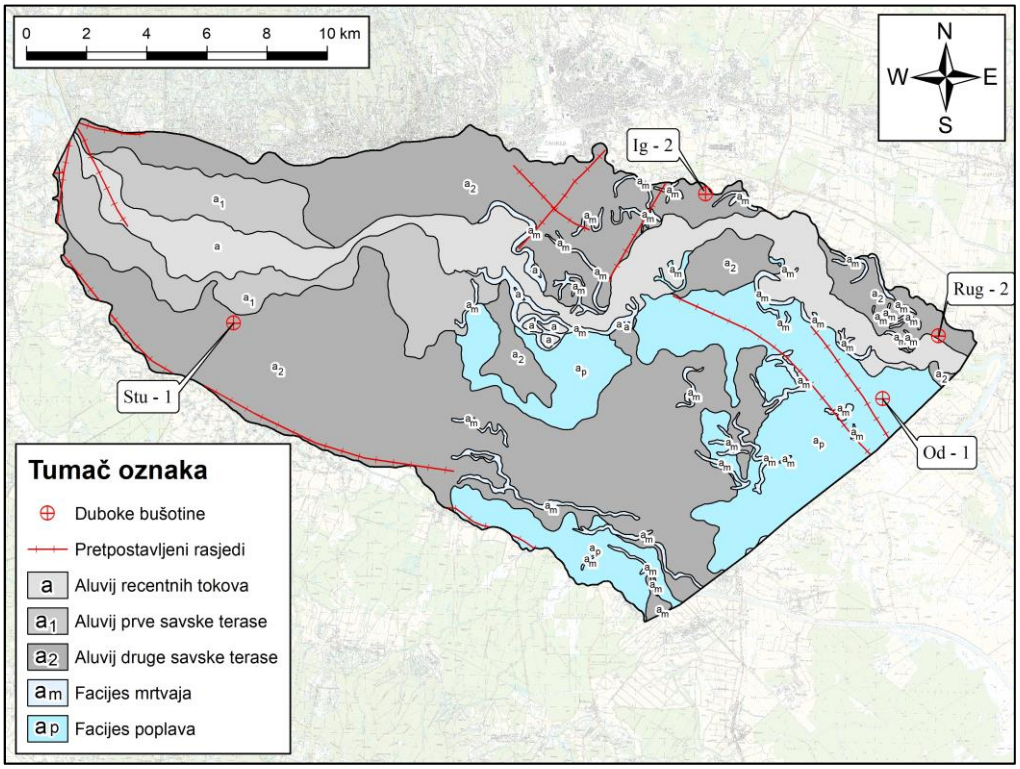
6.2 Obrada i opis podataka

Nakon utvrđivanja da su svi podaci valjani, prelazi se na njihovo dodavanje u GIS projekt *ArcMap*-a. Na početku je vrlo bitno definirati koordinatni sustav u kojem se radi te kasnije uključiti dodatne transformacije koordinatnih sustava ukoliko neki podaci imaju drugačiji koordinatni sustav. GIS projekt i geoprostorna baza podataka izrađeni su u projekcijskom koordinatnom referentnom sustavu poprečne Mercatorove projekcije (HTRS96/TM) (Državna geodetska uprava, DGU, 2019). U sljedećim koracima provedeno je sužavanje opsega svih ulaznih podataka samo na područje istraživanja, ovdje je to konkretno površinski obuhvat (dalje poligon) prostiranja zagrebačkog vodonosnika. Nakon toga su podaci obrađeni brojnim alatima unutar *ArcMap*-a. U nastavku će biti prikazani detaljni opisi i grafički prikazi podataka u obliku karata za sve slojeva podataka.

6.2.1 Geološki podaci

Geologija zagrebačkog vodonosnika prikazana je točkama, linijama i poligonima. Karta je dobivena ručnom vektorizacijom, te naknadnom konverzijom *dgn* datoteke napravljene u *MicroStation* programu u okviru nekadašnjeg projekta EGPV. Nakon uvoza datoteke u *ArcMap* prvo je smanjen opseg prikaza podataka alatom *Clip*, čime se i ekstenzija datoteke promijenila u *shp*. Dalje slijedi korak kodiranja boja po poligonima, odnosno klasificiranje poligona na pet skupina prema vrsti kronostratigrafske pripadnosti i dodjela odgovarajuće boje svakoj skupini tako da one odgovaraju listovima Zagreb (Šikić i dr., 1972) i Ivanić grad (Basch, 1976) Osnovne geološke karte 1:100 000 SFRJ. Poslije toga dodane su i litološke oznake koje se dobiju alatom *Feature to Point*. Dobivenim točkama se tada

dodijeli odgovarajuća simbološka oznaka, odnosno slovo s indeksom. Neke točke su dodatno pomaknute kako bi se jasnije očitalo na koji se poligon odnose. Dakle, karta prikazuje kronostratigrafske jedinice na površini vodonosnika, linije pretpostavljenih rasjeda te četiri lokacije vrlo dubokih bušotina (**slika 6-1**).



Slika 6-1. Vektorska geološka karta zagrebačkog vodonosnika

6.2.2 Hidrološki podaci

DHMZ postaje

Ovi podaci spadaju u hidrološku skupinu podataka te je ukupno devet entiteta prikazano na karti. Podaci nisu uvedeni kao *shp* datoteke već su kreirani pomoću alata „*Add XY data*“ iz Excel tablice koja je prethodno obrađena tako da bude čitljiva u *ArcMap*-u. Karta prikazuje četiri sloja podataka, odnosno četiri vrste mjernih postaja (**slika 6-2**).

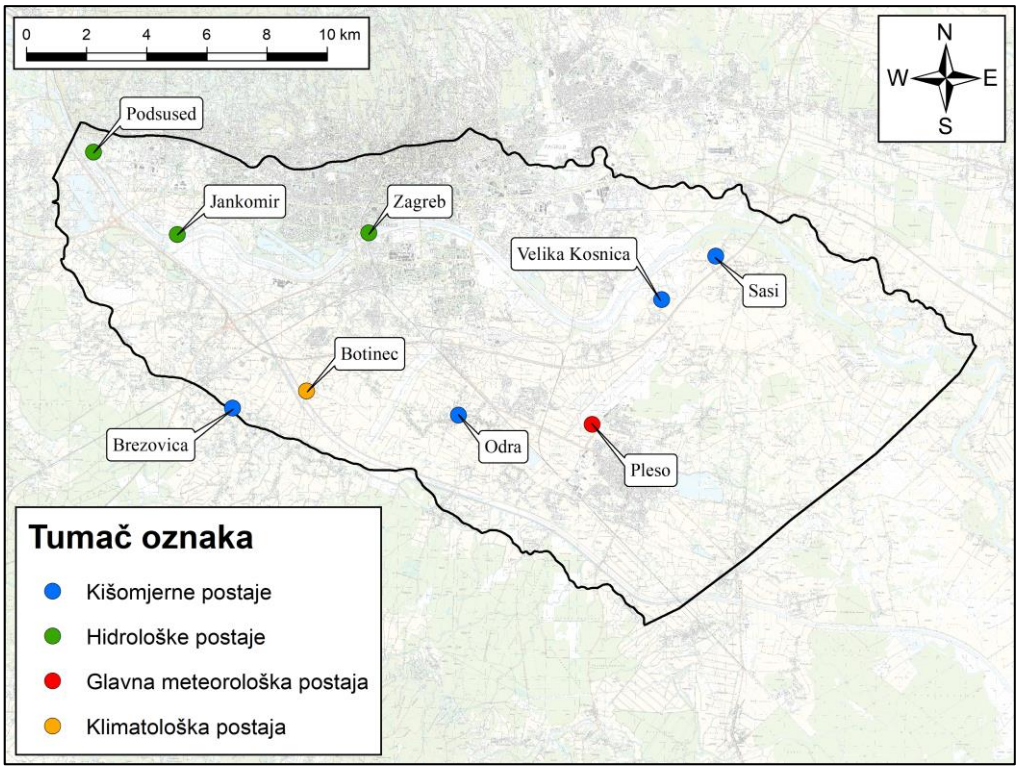
Kišomjerne postaje raspoređuju se tako da daju realnu sliku oborinskog režima nekog područja. Kišomjerna postaja je meteorološka postaja osnovne mreže na kojoj se obavljaju opažanja i mjerenja oborine i atmosferskih pojava. Na kišomjernoj meteorološkoj postaji

obavljaju se sljedeća opažanja i mjerenja: oborine (vrsta i količina), visine snježnog pokrivača, praćenje atmosferskih pojava, fenološka opažanja (po potrebi) (DHMZ, 2008).

Hidrološka postaja je hidrografska postaja koja mjeri visinu vodostaja neke rijeke ili jezera. U okviru ovog rada, na području vodonosnika nalaze se tri hidrološke postaje koje mjere vodostaje rijeke Save.

Glavna meteorološka postaja je meteorološka postaja osnovne mreže Državnog hidrometeorološkog zavoda, s profesionalnim meteorološkim motriteljima, na kojoj se obavljaju opažanja i mjerenja prema različitim programima rada za potrebe: praćenja i prognoze vremena i klime, proučavanja atmosfere, agrometeorologije, tehničke meteorologije, hidrologije, zaštite okoliša i ostalih gospodarstvenih djelatnosti i znanstvenih disciplina. Na glavnoj meteorološkoj postaji obavljaju se sljedeća opažanja: sadašnjeg vremena, prošlog vremena, oblaka: količina (naoblaka) i vrsta, visine podnice oblaka, vidljivosti, posebnih pojava, stanja tla, fonološka opažanja (prema potrebi), jačine vjetra, stanja mora na obalnim postajama (DHMZ, 2008).

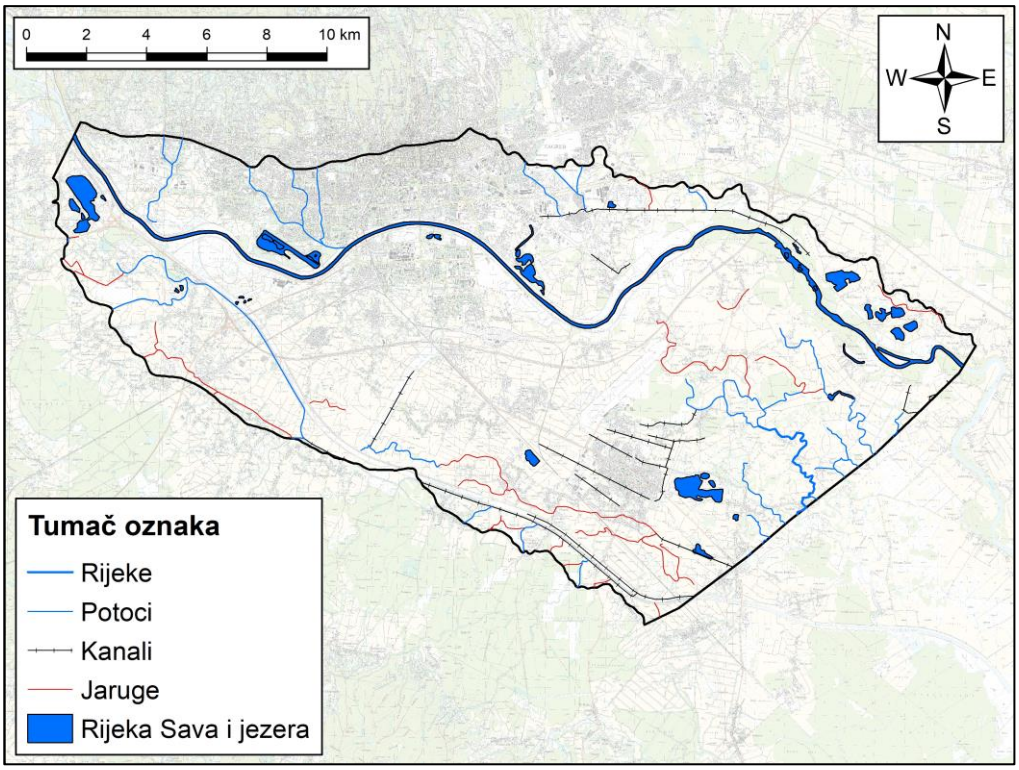
Klimatološke meteorološke postaje promatranjem i mjerenjem prikupljaju podatke o vremenskim prilikama i klimi u određenom području.



Slika 6-2. Karta s lokacijama meteoroloških i hidroloških postaja DHMZ-a

Hidrografska mreža

Prikazuje prirodne entitete vodenih tijela na istraživanom području. Vektorskim linijama su prikazane rijeke, potoci, jaruge i kanali dok je rijeka Sava zajedno s jezerima prikazana kao poligonski sloj (**slika 6-3**). Ova skupina slojeva dolazi u staroj Gauß-Krügerovoj projekciji (u softveru engl. naziv MGI Balkans 5), no *ArcMap*-u je eksplicitno podešeno da tu projekciju transformira „u letu“ u službenu projekciju HTRS96/TM. Najznačajnije vodno tijelo u bazi podataka je rijeka Sava, koja zajedno s oborinama napaja zagrebački vodonosnik. Njen smjer toka generalno se kreće iz sjeverozapada prema jugoistoku, a ovisno o svom vodostaju ona napaja ili drenira vodonosnik.



Slika 6-3. Karta hidrografske mreže

6.2.3 Hidrogeološki podaci

Vodocrpilišta

Ovi točkasti podaci prikazuju lokacije sedam glavnih aktivnih vodocrpilišta grada Zagreba (**slika 6-4**).

Vodocrpilište **Zapruđe** smješteno je u neposrednoj blizini rijeke Save, mosta Slobode, jezera Bundek i gradskih prometnica. Sastoji se od četiri zdenca koji su od Save udaljeni svega 500 m (od nasipa 400 m), ali otkad je vodocrpilište u eksploataciji (1986) nije bilo značajnijeg onečišćenja vode. Promjer zdenca je 800 mm, a dubina između 13,2 i 17,5 m (Bačani i Posavec, 2014b).

Vodocrpilište **Žitnjak II** izgrađeno je 1963. god., nakon što je zbog zagađenja zatvoren zdenac vodocrpilišta Žitnjak I. Nalazi se u industrijskom području. Sastoji se od jednog zdenca promjera 600 mm (Bačani i Posavec, 2014b).

Vodocrpilište **Sašnjak** je treće po veličini vodocrpilište grada Zagreba. Zbog potreba grada za vodom, vodocrpilište je provizorno pušteno u pogon 1972. godine, a punim

kapacitetom 1977. godine, izgradnjom sabirne komore na koju je spojeno šest zdenaca-teglica. Zbog onečišćenja vode, 1987. godine izgrađeno je postrojenje za pročišćavanje vode od organskih onečišćivala kapaciteta 200 l/s na bazi aktivnog ugljena, koje je kasnije prošireno na 400 l/s. Zdenci kaptiraju šljunkovite naslage do dubine 34,5 m. U krovini su polupropusne glinovito-prašinaste naslage neujednačene debljine, a u podini sloj prašinaste gline. Vodonosni sloj je heterogen s proslojcima gline (Bačani i Posavec, 2014b).

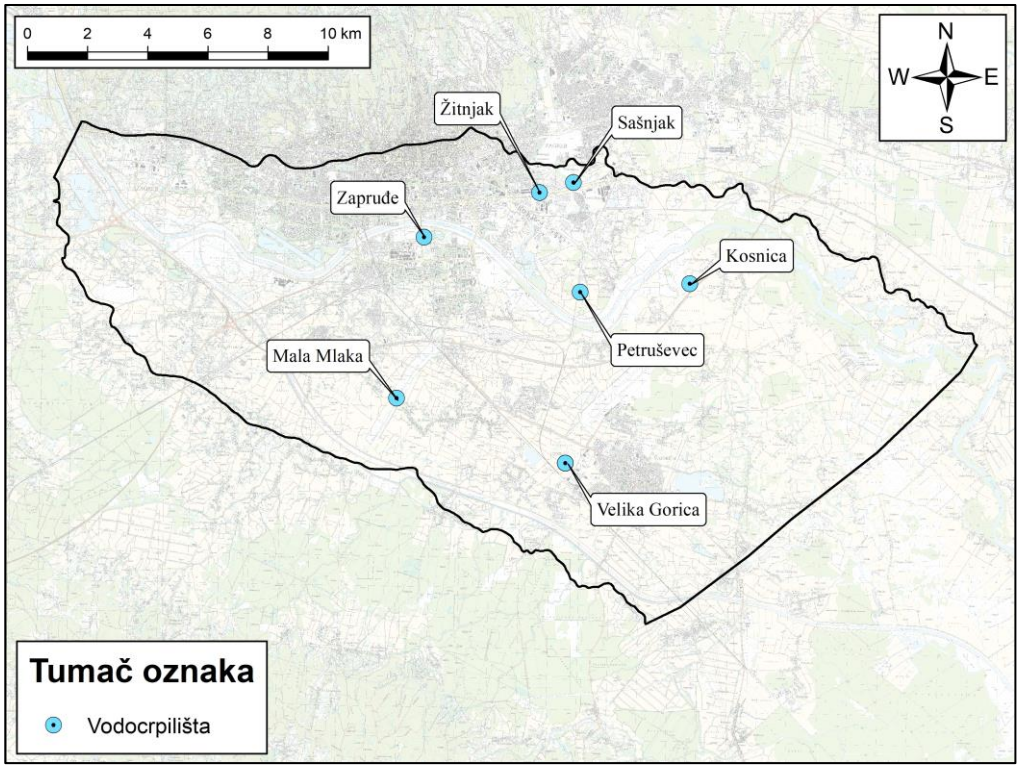
Na vodocrpilištu **Petruševec** zdenci su udaljeni od korita Save (koja s tri strane okružuje vodocrpilište) između 550 i 900 m te 400 do 700 m od naselja. Oko 900 m zapadno od vodocrpilišta je Savica, stari, ali još aktivan rukavac Save. Premda je voda inicijalno dobre kvalitete, kod intenzivnog crpljenja zdenci B4 i B5 navlače vodu s visokim sadržajem mangana. Demanganizacija prirodnim putem nije uspjela pa je izgrađen uređaj za demanganizaciju vode. Prvi, aluvijalni vodonosni sloj je na lokaciji Petruševca debljine do 60 m. Hidraulička veza sloja sa Savom je izravna. Velika debljina sloja omogućuje da i veće promjene vodostaja Save ne utječu bitno na kapacitet vodocrpilišta. Ispod prvog vodonosnog sloja do dubine od 100 m postoji još nekoliko tanjih šljunkovitih i pjeskovitih slojeva, koji pripadaju drugom vodonosnom sloju zagrebačkog sustava podzemnih voda. Krovinu sustava čine polupropusne prašinasto–pjeskovite naslage, a u podini je prašinasta glina (Bačani i Posavec, 2014b).

Intenzivnija istraživanja područja vodocrpilišta **Mala Mlaka** započela su 1932. godine, a projekt vodocrpilišta izrađen je 1938. godine. Izgradnja vodocrpilišta od 10 kopanih zdenaca promjera 6 m, dubine 13 do 18 m započela je 1956. godine, a prvi bunari pušteni su u pogon 1964. godine (B-VI, B-VII i B-VIII). Instalirani kapacitet vodocrpilišta je 1,7 m^3/s. Zbog pada razina podzemnih voda uz kopane zdence izvedeno je šest bušenih zdenaca promjera 700 mm i dubine 40 m od kojih je u pogonu pet. U bušene zdence ugrađene su niskotlačne uronjene crpke *Pleuger*. Zdencima se kaptira voda iz aluvijalnog šljunkovitog nanosa Save, koji je na vodocrpilištu nabušen do dubine 38 m. Pokrov je polupropustan, izgrađen od prašinasto-pjeskovito-glinovitih slojeva debljine 1,5-6 m. U podini su prašinaste gline. Debljina sloja na području između Save i vodocrpilišta nije kontinuirana i varira od 6 m uz Savu do preko 35 m na vodocrpilištu (Bačani i Posavec, 2014b).

Vodocrpilište **Velika Gorica** smješteno je zapadno od Grada Velike Gorice, a služi za vodoopskrbu Grada Velike Gorice i Grada Zagreba. Vodocrpilište se sastoji od pet bušenih zdenaca, a s radom je počelo 1987. godine. Zdenci su dubine od 35,8 m do 46 m.

Zdenci zahvaćaju aluvijalni šljunčano-pjeskoviti vodonosni sloj, koji je bušenjem ustanovljen na dubinskom intervalu od približno 4 do 44 m. Vodonosni horizont je izgrađen od sitnozrnog do krupnozrnog šljunka s većim udjelom krupnozrnog pijeska. U krovini je prašinasta, polupropusna glina. Podina je razvijena nejednoliko. Neke od bušotina nabušile su glinu na dubini od 79 m, dok je na drugima u podini nabušen prašinasti pijesak (Bačani i Posavec, 2009).

Debljina vodonosnog sustava, koji se na području vodocrpilišta **Kosnica** sastoji od tri sloja koja su međusobno odvojena proslojkom gline i prašinastim pijeskom s primjesom gline, je oko 90 m. Gornji vodonosni sloj je otvorenog tipa i ima debljinu oko 27 m, dok drugi i treći imaju debljinu oko 30 m i poluzatvorenog su tipa. Transmisivnost vodonosnika na području Kosnice, određena pokusnim crpljenjem izvedenih zdenaca i interpretacijom rezultata crpljenja, iznosi 10 000 m^2 /dan (Vukojević i dr., 2011) (preuzeto iz Ružićić, 2013).

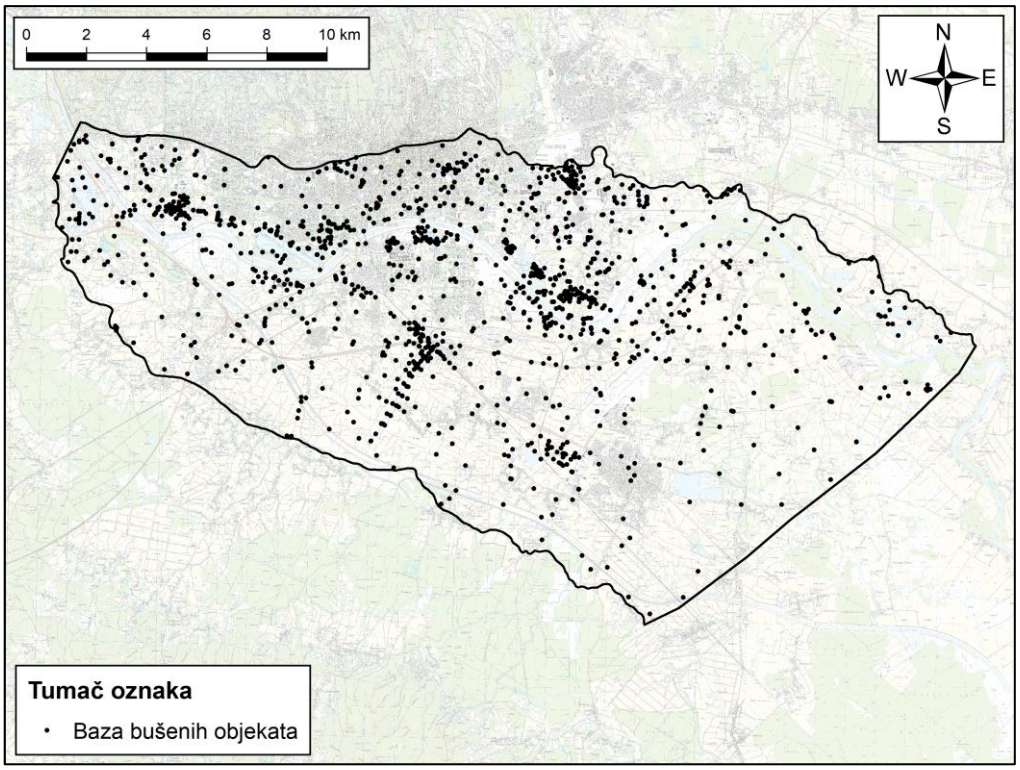


Slika 6-4. Karta lokacija glavnih aktivnih vodocrpilišta

Bušeni objekti iz hidrogeološke baze podataka *hgbaza.mdb*

Ova baza bušenih objekata sadrži sve zapise bušotina na području zagrebačkog vodonosnika. Bušotine su starosti od sredine 60-ih do kraja 90-ih godina prošlog stoljeća, a bile su namijenjene za razne svrhe: geološke, hidrogeološke-vodoopskrbne, geotehničke, kemijske i ostalo. Dakle, korisnost ovih bušotina je zadovoljavajuća, posebice jer velik broj bušotina sadrži dodatne podatke o litološkom profilu, tehničke podatke o bušotinama, hidrogeološkim parametrima te mjerenjima razina podzemnih voda koji su svakako korisni za hidrogeološku bazu podataka (**slika 6-5**).

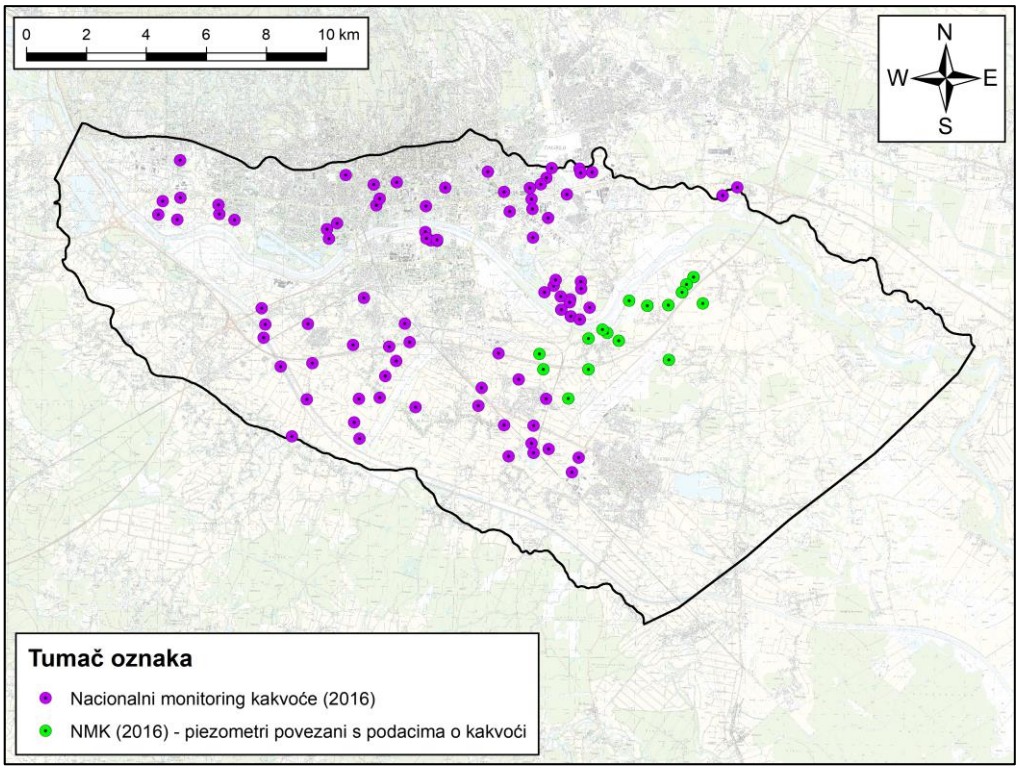
Tablice koje sadrže gore navedene podatke prethodno su uređene u softveru *Microsoft Excel*, a potom prebačeni u *dBase dbf* format tablice koristeći alat *Table to Table* unutar *ArcMap*-a. Ova baza bušotina predstavlja najbitniji hidrogeološki *Feature class*, pa je prema tome ona povezana s dodatne četiri tablice koje opisuju hidrogeološke parametre, tehničke podatke, litološke profile i motrenja razina podzemnih voda. Te tablice ipak nisu potpune, pa svaka tablica nadopunjuje različit broj bušenih objekata. Za povezivanje atributne tablice bušotina s novim tablicama korišten je alat *Relate*, a kao zajednički ID korišteno je polje (engl. Field) „Sif_obj“ (alias: Šifra). Ukupan broj bušotina na području zagrebačkog vodonosnika je 1560.



Slika 6-5. Karta s lokacijama bušenih objekata

Nacionalni monitoring kakvoće (NMK)

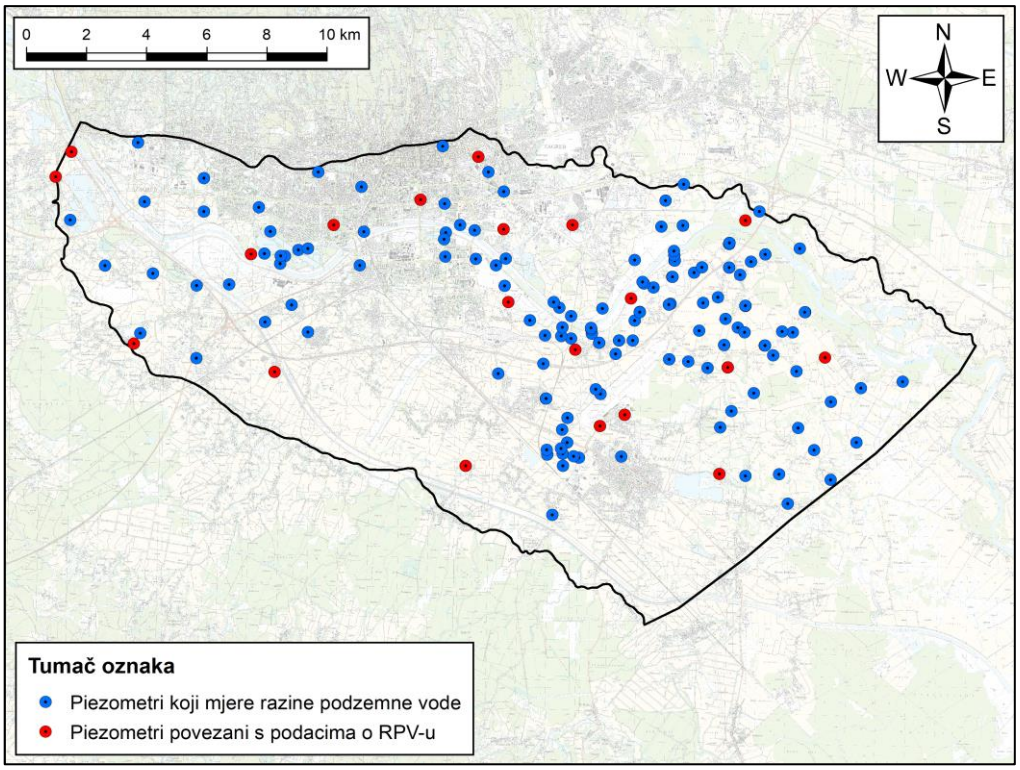
Ovaj podatkovni skup sadrži 116 točkastih objekata postaja koje mjere kemizam i kakvoću pitke vode (**slika 6-6**). Svaka postaja sadrži podatke o udjelu određenih kemijskih spojeva te kemijske, fizikalne i mikrobiološke parametre. Ovaj set podataka također je vrlo bitan za hidrogeologiju pa je stoga i njemu dodijeljena nova tablica koristeći alat *Relate*. Relacijska tablica „nmk_podaci“ sadrži niz kemijskih i fizikalnih parametara te još neke opće podatke za 36 mjernih postaja. Nova *dBase dbf* tablica dobivena je originalno iz *Excel* tablice alatom *Table to Table.* Zajedničko ID polje za relacijsku vezu tablica je polje „Sifra“ (alias: Šifra).



Slika 6-6. Karta lokacija piezometara kojima se prati kakvoća podzemne vode

Razina podzemne vode

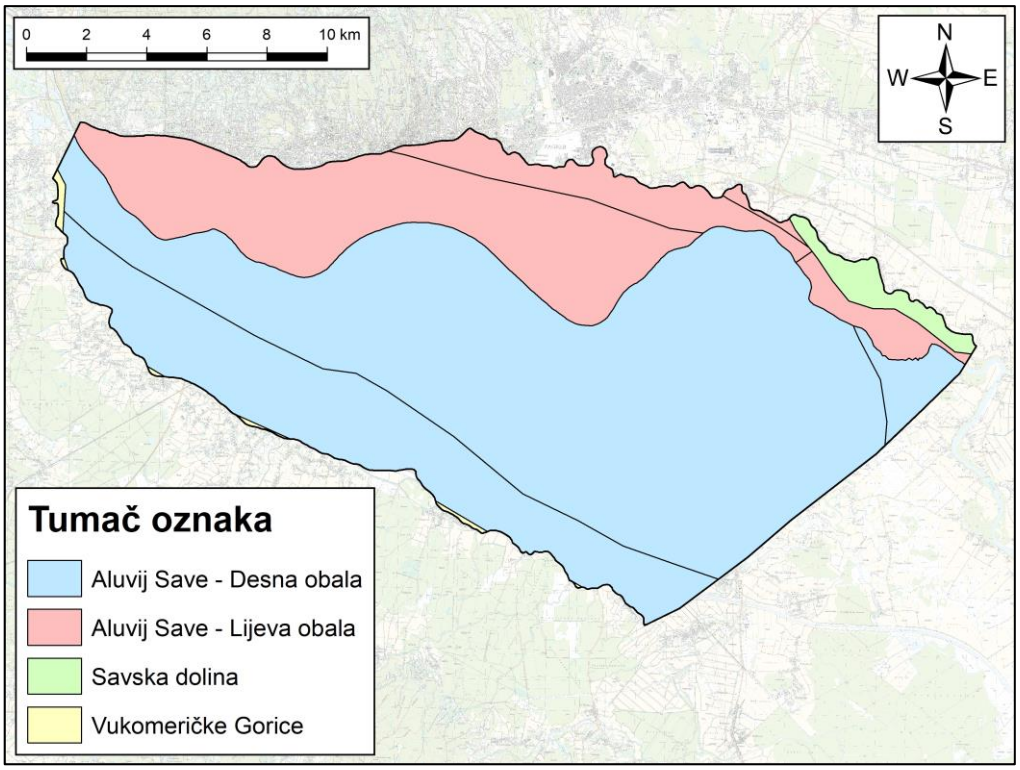
U ovom skupu podataka postoji 177 piezometara na području zagrebačkog vodonosnika, od kojih je, za demonstraciju, odabrano 20 ravnomjerno po cijeloj površini zagrebačkog vodonosnika sa svrhom da im se doda jedna relacijska tablica kao i prethodnim podacima (**slika 6-7**). Dodatna tablica sadrži mjerne podatke razina podzemnih voda od 2010. do 2014. godine. Tablični podaci koji to opisuju prethodno su uređeni u programu *Microsoft Excel*, a potom prebačeni u *dBase dbf* format koristeći alat *Table to Table* unutar *ArcMap*-a. Kako bi se povezala *shp* datoteka piezometarskih postaja i novostvorena *dBase dbf* tablica, korišten je također alat *Relate*. Kao zajedničko polje tablice korišteno je polje „Sifra“ (alias: Šifra).



Slika 6-7. Karta lokacija piezometara kojima se prati razina podzemne vode

Vodne cjeline

Ova karta prikazuje poligone podzemnih vodnih cjelina, odnosno poligone podzemnih slivova (**slika 6-8**). Veći dio zagrebačkog vodonosnika pripada podzemnim vodnim cjelinama aluvija Save desne i lijeve obale. S hidrološkog stajališta, prostor sliva rijeke Save se može označiti kao relativno bogat površinskom i podzemnom hidrološkom mrežom.



Slika 6-8. Karta podzemnih vodnih cjelina

Sirova i tehnološka voda

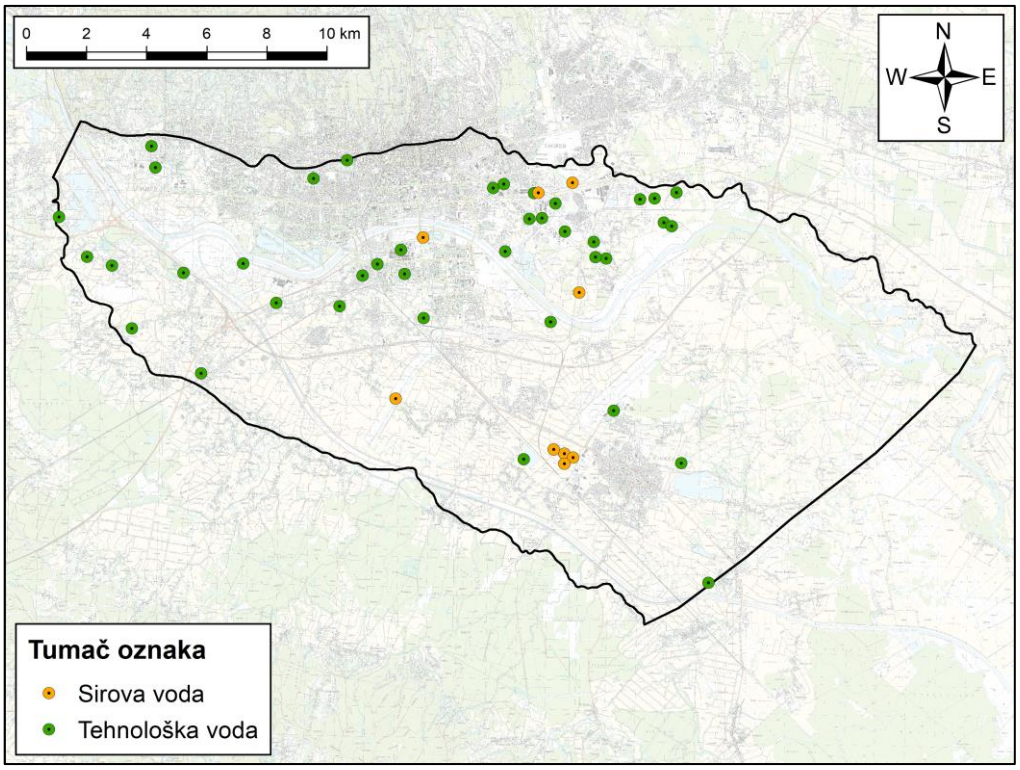
Ova dva skupa točkastih podataka sadrže podatke o uzorkovanju sirove vode prije distribucije i lokacije dobivanja tehnološke vode industrijskim procesima. Lokacije dobivanja sirove vode su zapravo većim djelom već spomenuta vodocrpilišta, no ipak potrebno ih je razdvojiti jer ovdje imaju funkciju monitoringa, a ne eksploatacije (**slika 6-9**).

Monitoring vode za piće je bilo koje kontinuirano uzorkovanje, laboratorijska analiza i općenito praćenje pokazatelja zdravstvene ispravnosti vode za piće (Narodne novine, 2019) s ciljem zaštite zdravlja pučanstva od bolesti koje se mogu prenijeti vodom ili im je uzrok konzumiranje vode. Ispitivanje zdravstvene ispravnosti vode za piće na temelju monitoringa i reprezentativnog broja uzoraka obuhvaća (Zavod za javno zdravstvo Dubrovačko-neretvanske županije, 2019):

- vodu na izvorištu prije procesa obrade i ako se izravno koristi kao voda za piće;
- vodu nakon procesa obrade, odnosno dezinfekcije;
- vodu u spremniku vode za piće;

- vodu u razvodnoj mreži i vodu na mjestu potrošnje.

Tehnološka ili procesna voda je voda koja se upotrebljava u proizvodnji ili postupku obrade ili u stvarnom proizvedenom proizvodu. Primjeri uključuju vodu za pranje, ispiranje, izravan dodir, hlađenje, sastav otopina, kemijske reakcije, ispiranje plina (tzv. scrubbing) u primjenama u industriji i preradi hrane. U mnogim slučajevima voda se posebno tretira za postizanje kvalitete vode potrebne za taj proces (European Environment Information and Observation Network, EIONET, 2019).



Slika 6-9. Karta lokacija uzorkovanja sirove vode i odbacivanja tehnološke vode

6.2.4 Pritisci

Onečišćivala

Osam slojeva koji utječu na ranjivost vodonosnika preuzeti su s javnog mrežnog WFS servera (**slika 6-10**). Postupak je proveden korištenjem *Interoperabiltiy* proširenja (engl. Data Interoperability extension) za *ArcMap*. Svaki točkasti podatak nadopunjen je informacijama u atributnoj tablici, a koje provodi i stavlja na mrežu Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (HAOP,2019a).

Aktivni izvori onečišćenja su oni koji zasigurno emitiraju onečišćenje te mogu biti stalni i povremeni. Stalni izvori emitiraju se kroz cijelo vrijeme promatranja te na iste ne utječu hidrološki uvjeti. Dijele se na:

- Točkaste izvore - industrijski influenti, uređaji za pročišćavanje otpadnih voda, drenažne rudničke vode, riblje farme, septičke jame i dr.
- Raspršene ili difuzne izvore - poljoprivredna aktivnost na navodnjavanim površinama.

U stalne izvore onečišćenja pripadaju i oni izvori koji bi u idealnim uvjetima trebali pripadati potencijalnim izvorima onečišćenja (npr. kanalizacijska mreža, odlagališta komunalnog i industrijskog otpada, divlja odlagališta i napuštene šljunčare).

Potencijalni izvori onečišćenja dijele se na:

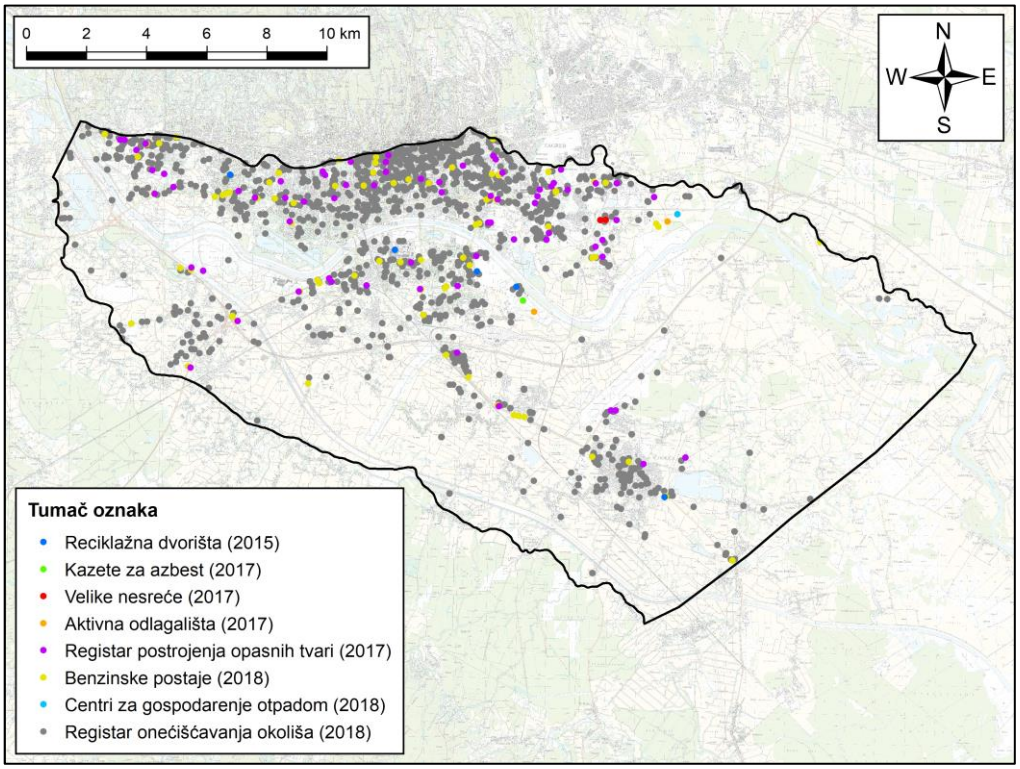
- Točkaste izvore - lokacije istjecanja oborinskih otpadnih voda, odlagališta jalovine u otvorenim površinskim kopovima, odlagališta stajskoga gnojiva i ostalog otpadnog materijala s farmi
- Difuzne izvore - poljoprivredna aktivnost, sustavi odvodnje oborinskih otpadnih voda i pošumljavanje.

U normalnim prilikama, potencijalni izvori onečišćenja ne emitiraju onečišćujuće tvari, već do njihove emisije dolazi radi različitih kvarova, nepažnje ili drugih sličnih okolnosti.

Za potrebe ovog rada, u grupu točkastih izvora svrstana su aktivna odlagališta otpada, kazete za azbest, reciklažna dvorišta, centri za gospodarenje otpadom, sve benzinske postaje (BP) i izdvojene BP na autocestama, objekti iz Registra postrojenja u kojima je utvrđena prisutnost opasnih tvari (RPOT), lokacije Očevidnika prijavljenih velikih nesreća (OPVN) i obveznici Registra onečišćenja okoliša (ROO). Ispusti industrije iz novog ROO-a se nisu mogli dobiti izdvojeno, ali su promatrani i kao raspršeni (plošni) izvori onečišćenja u okviru industrijskih ili komercijalnih objekata izdvojenih u *CORINE Land Cover* Hrvatska (CLC Hrvatska) sloju iz 2012. godine (HAOP, 2019b).

S poveznica je preuzet Registar onečišćavanja okoliša (ROO) kao WFS servis, a zatim je za potrebe diplomskog rada izvezen kao *shp* sloj i geoprostorno izdvojen samo za područje zagrebačkog vodonosnika te uključen u GIS projekt ovog rada. Registar

onečišćavanja okoliša za područje zagrebačkog vodonosnika sadrži podatke o 7070 obveznika što ga čini najbitnijim u WFS grupi slojeva. Osim podataka o pravnim subjektima, sloj sadrži podatke o izvorima, vrsti, količini, načinu i mjestu ispuštanja, prijenosa i odlaganja onečišćujućih tvari i otpada u okoliš (HAOP, 2019a).



Slika 6-10. Karta lokacija onečišćenja

CORINE namjena zemljišta (engl. Corine Land Cover 2012)

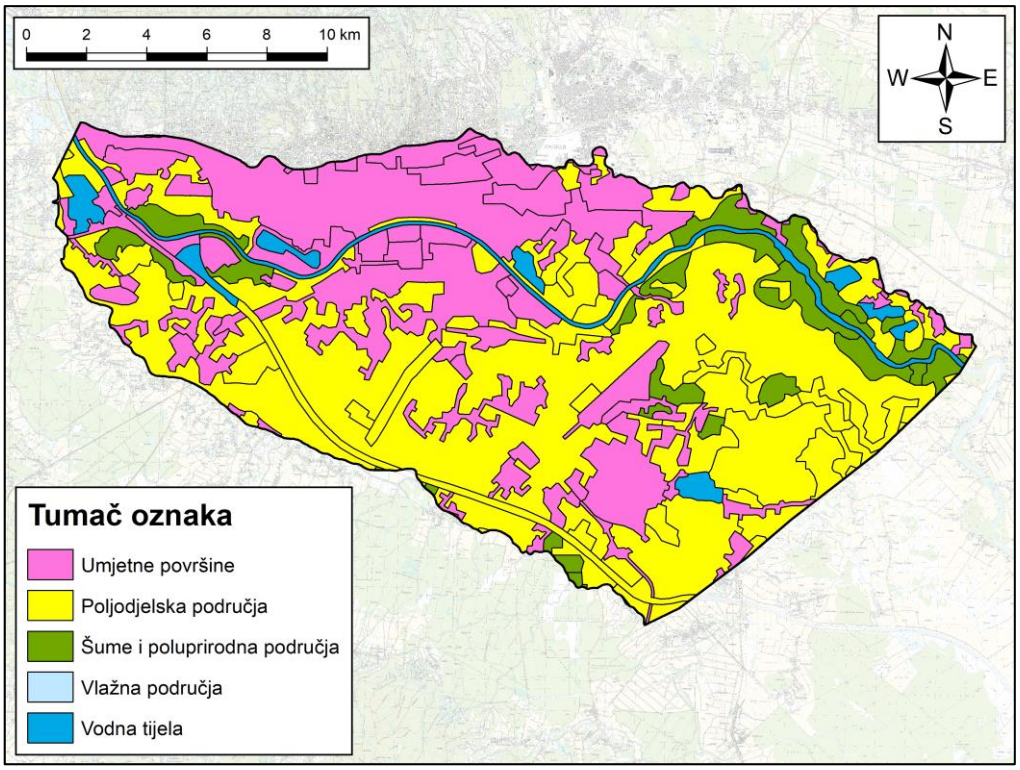
CORINE Land Cover (CLC) Hrvatska predstavlja digitalnu bazu podataka o stanju i promjenama zemljišnog pokrova i namjeni korištenja zemljišta Republike Hrvatske za razdoblje 1980.-2006. Baza CLC Hrvatska je konzistentna i homogenizirana s podacima pokrova zemljišta cijele Europske unije. CLC baza podataka izrađena je prema programu za koordinaciju informacija o okolišu i prirodnim resursima pod nazivom CORINE (COoRdination of INformation on the Environment) prihvaćenom od strane Europske unije i na razini Europske unije ocijenjena je kao temeljni referentni set podataka za prostorne i teritorijalne analize.

Svaka zemlja izrađuje nacionalnu bazu podataka, a podaci se na europskoj razini spajaju u jedan zajednički GIS sloj, uključujući prilagođavanje poligona prema granicama država. Standardni pristup izrade CLC baze temelji se na vizualnoj interpretaciji satelitskih snimaka prema prihvaćenoj CLC metodologiji, dajući vektorske podatke u mjerilu 1:100 000, minimalne širine poligona 100 m, minimalnog područja kartiranja 25 ha za bazu pokrova zemljišta, odnosno pet ha za bazu promjena. Definirana CLC nomenklatura uključuje 44 klase, raspoređene u tri razine, od kojih svaka opisuje različit pokrov zemljišta.

Pet klasa prve razine su:

1. Umjetne površine;
2. Poljodjelska područja;
3. Šume i poluprirodna područja;
4. Vlažna područja;
5. Vodene površine.

Prilikom izrade baze na području Republike Hrvatske (RH) od 44 definiranih klasa detektirano je 39 klasa za CLC 2000, odnosno 40 klasa za CLC 2006. Javno dostupan sloj na stranicama HAOP-a prikazuje zemljišni pokrov i namjenu korištenja zemljišta u RH. Za potrebe ovog diplomskog rada, na karti je prikazano samo pet klasa prve razine na istraživanom području (**slika 6-11**) (HAOP, 2019b).



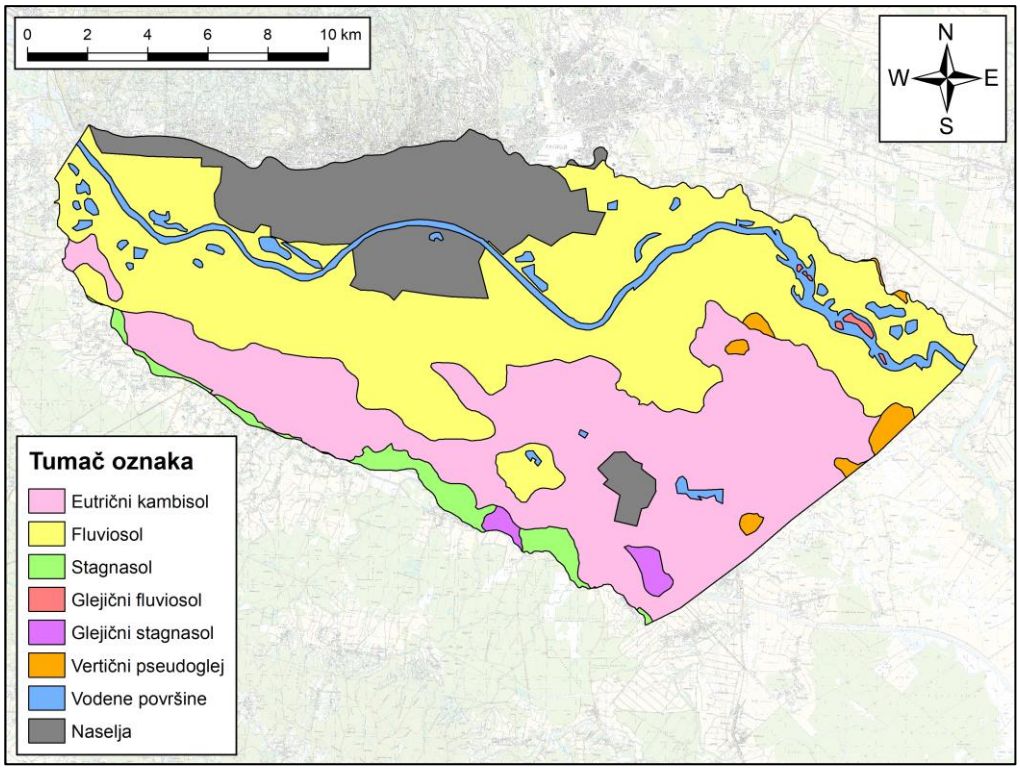
Slika 6-11. Karta CORINE namjene zemljišta

Pedologija

Ovaj sloj prikazuje devet različitih vrsta tla koje prekrivaju vodonosnik (**slika 6-12**). Tlo je materijal koji nastaje trošenjem zemljine kore atmosferilijama. Tla se prema mehaničkim svojstvima dijele na:

- **koherentna tla**: vezana tla (prah, glina, organsko tlo)
- **nekoherentna tla**: nevezana tla (šljunak, pijesak i njihove mješavine)

Najznačajniji pedološki tip na području zagrebačkog vodonosnika je flluviosol, koji je iz inženjersko-geološke perspektive aluvijalni nanos, odnosno šljunčane naslage. Gledano granulometrijski, šljunak je jako propustan materijal, što čini zagrebački vodonosnik bogatim vodnim zalihama. S druge strane, čini ga isto tako i vrlo ranjivim na razne onečišćivače.



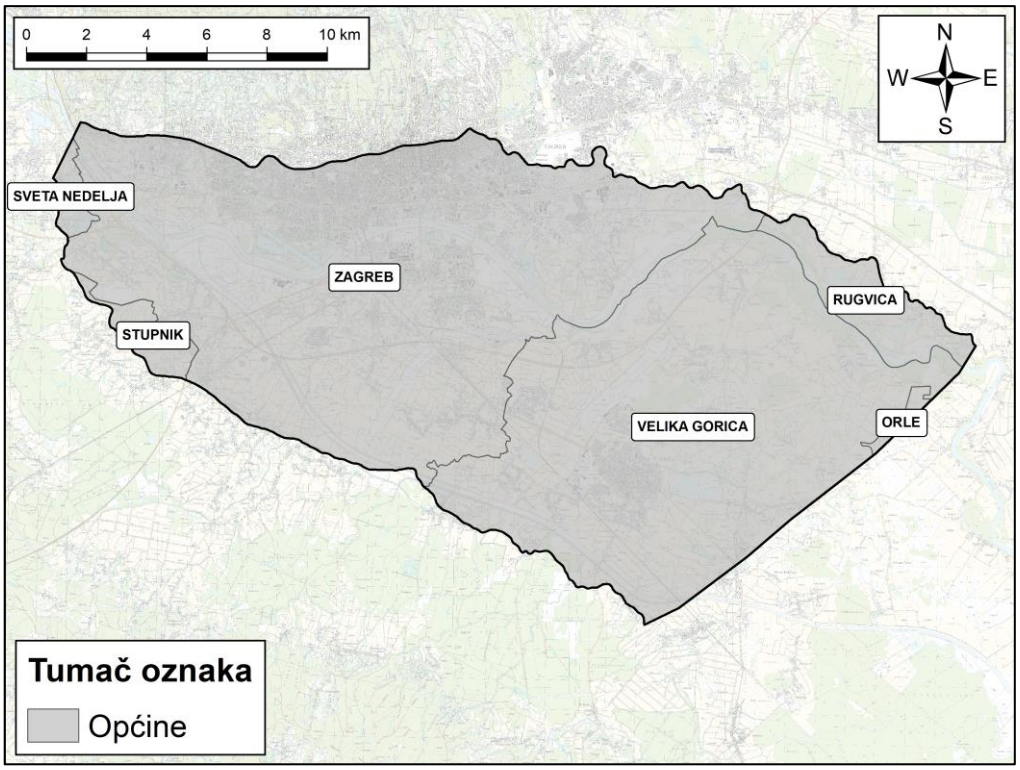
Slika 6-12. Pedološka karta zagrebačkog vodonosnika (modificirano prema Huljek, 2018)

6.2.5 Administrativne granice

Općine

Općina je naziv za najnižu i osnovnu političko-teritorijalnu jedinicu i za organizaciju lokalne samouprave i lokalne uprave na njezinom teritoriju. Trenutno je u Hrvatskoj općina zakonom definirana kao jedinica lokalne samouprave, osnovana u pravilu za područje više naselja koja predstavljaju prirodnu, gospodarsku i društvenu cjelinu te koja su povezana zajedničkim interesima stanovništva. Na području zagrebačkog vodonosnika nalazi se pet općina (**slika 6-13**), to su:

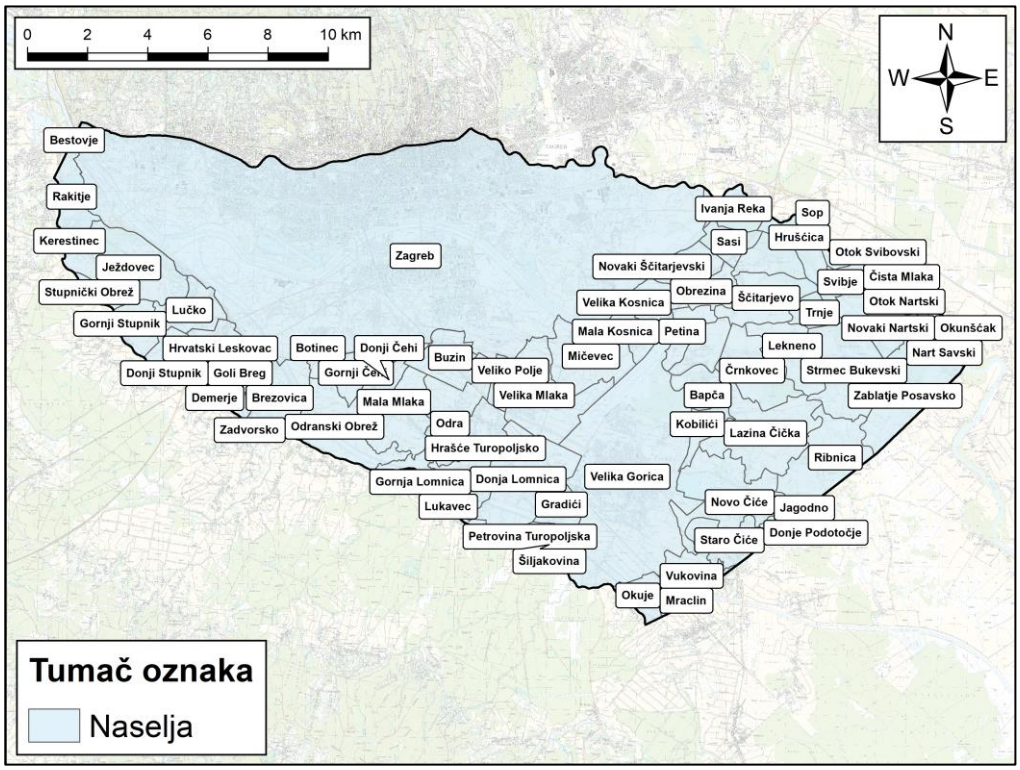
- Grad Zagreb;
- Velika Gorica;
- Rugvica;
- Sveta Nedelja;
- Stupnik.



Slika 6-13. Karta granica općina

Naselja

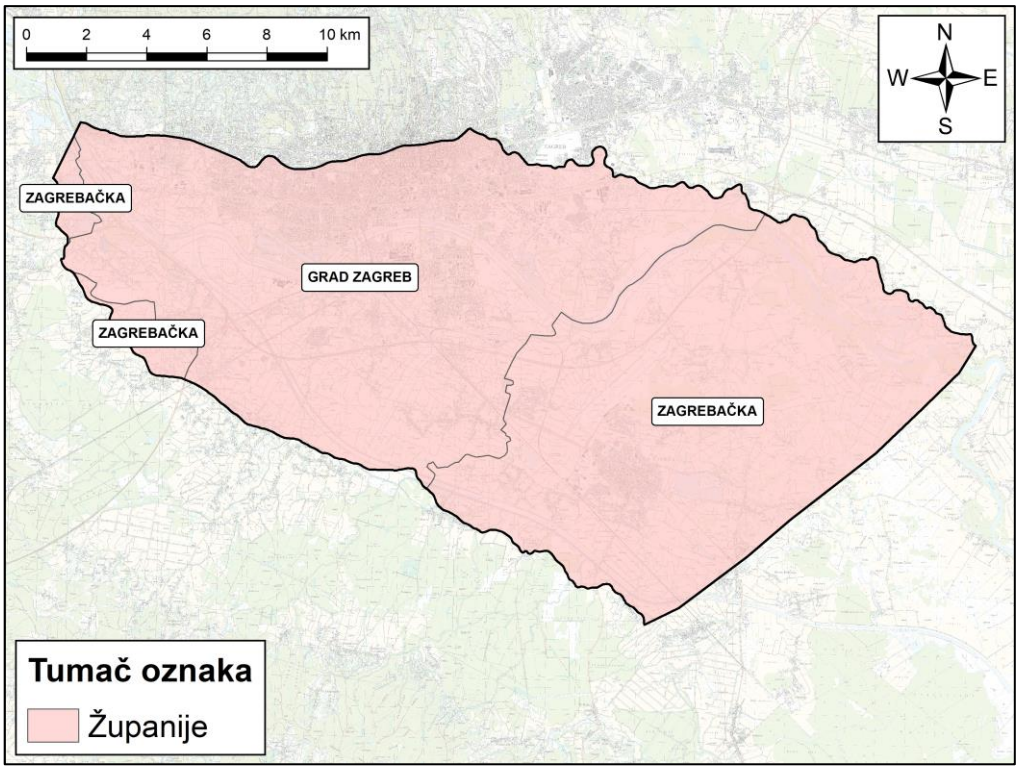
Naselje je mjesto stalnog ili povremenog boravka ljudi, u kojima se odvija njihova proizvodnja i druge djelatnosti te njihov društveni i osobni život. Naselje je izgrađen, nastanjen, prostorno i funkcionalno ujedinjen dio naseljenog mjesta. Na području zagrebačkog vodonosnika nalazi se 59 registriranih naselja (**slika 6-14**).



Slika 6-14. Karta granica naselja

Županije

Županija je jedinica područne samouprave u Republici Hrvatskoj čije područje predstavlja prirodnu, povijesnu, prometnu, gospodarsku, društvenu i samoupravnu cjelinu, a ustrojava se radi obavljanja poslova od područnoga interesa. Županija obuhvaća više prostorno povezanih općina i gradova na svom području. Na području zagrebačkog vodonosnika prostiru se dvije županije: Grad Zagreb i Zagrebačka županija (**slika 6-15**).

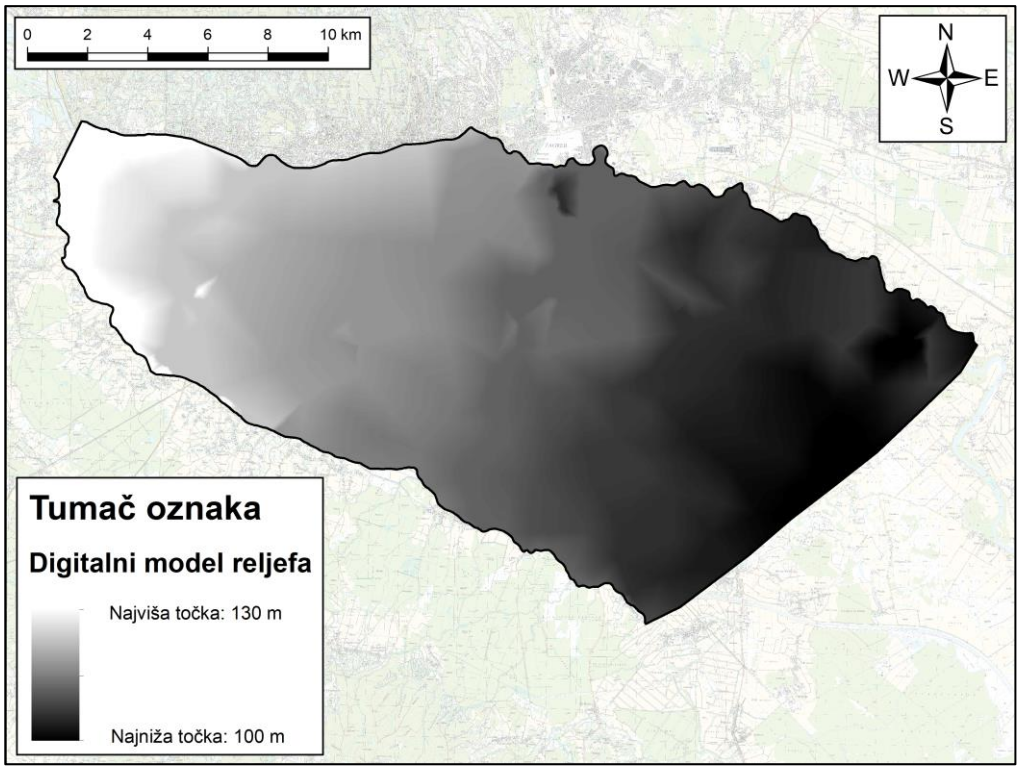


Slika 6-15. Karta granica županija

6.2.6 Rasterski podaci

Digitalni model reljefa (DMR)

DMR je skup položajno (i visinski) određenih točaka i geometrijskih elemenata (prijelomnica, linija oblika i površina isključenja) potrebnih za prikaz Zemljine površine. Podaci za izradu i ažuriranje DMR-a prikupljanju se fotogrametrijskim kartiranjem (stereoizmjerom) uz pomoć digitalnih fotogrametrijskih stanica iz aerofotogrametrijskog snimanja gdje rezolucija snimaka mora biti najmanje 30 cm (GSD ≤30) (DGU, 2019). Ovaj rasterski sloj je jedini 3D podatak dodan u geoprostornu bazu (**slika 6-16**). Nakon dobivanja potrebne površine rastera alatom *Extract by Mask* ovaj raster služi kao dopuna za daljnji rad s prostornom bazom podataka.

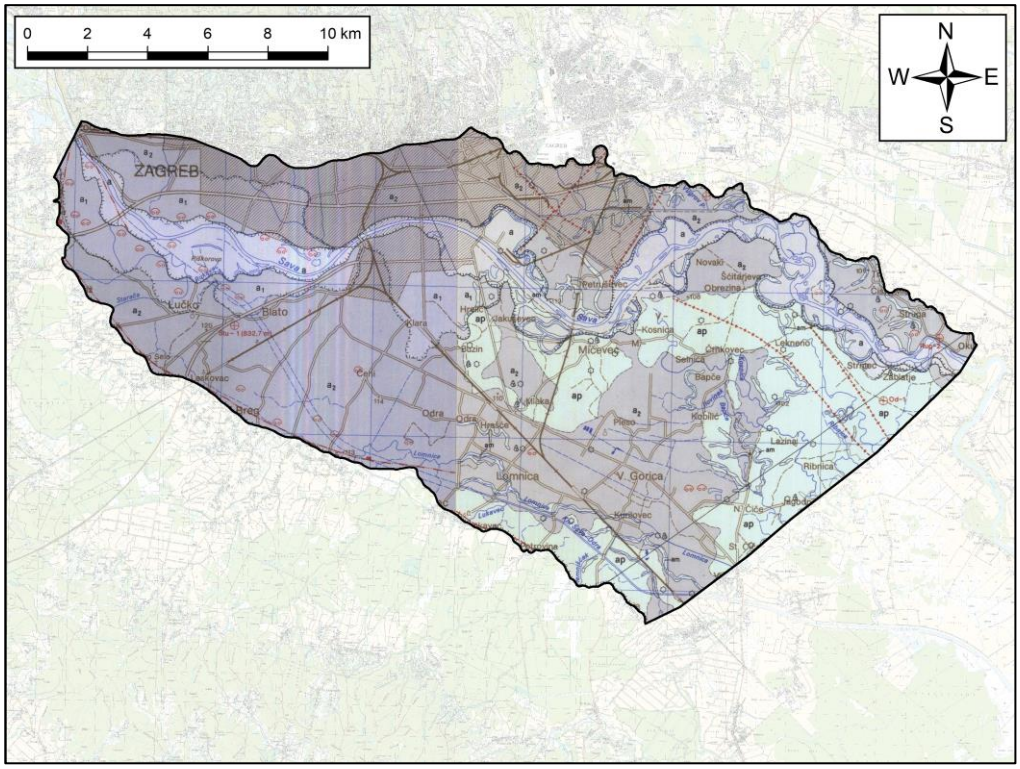


Slika 6-16. Karta digitalnog modela reljefa

Osnovna geološka karta

Osnovna geološka karta Republike Hrvatske 1:100 000 sastoji se od 74 lista s pripadajućim tumačima te je temelj za sva ostala detaljna i specijalistička geološka istraživanja: hidrogeološka, inženjersko-geološka, naftnogeološka, lociranje pojava i ležišta mineralnih sirovina i dr. Istraživanja na Osnovnoj geološkoj karti su započela 1962. godine temeljem Uputstva za izradu Osnovne geološke karte SFRJ. Na području Republike Hrvatske tijekom tridesetak godina permanentnih istraživanja izrađeno je 74 lista s pripadajućim tumačima, od kojih je 66 listova izrađeno u Hrvatskom geološkom institutu. Izradbom Osnovne geološke karte M 1:100 000 Hrvatska je dobila temeljnu geološku kartu nužnu za daljnja istraživanja u geološkim, hidrogeološkim i inženjersko-geološkim radovima te boljem planiranju i iskorištavanju mineralnih sirovina (HGI, 2019). Ovaj raster dobiven je spajanjem dva odvojena rastera. Svaki od ulaznih rastera dobiven je obradom OGK listova Zagreba i Ivanić-Grad u softveru *PhotoFiltre*. Obradom se dobiju *tif* datoteke koje se potom georeferenciraju u *ArcMap*-u. Može ih se georeferencirati u koordinatnom sustavu MGI Balkans 5 obzirom da su slike originalno (prema koordinatama na karti) i smještene u taj sustav. *ArcMap* će, kao i za vektorske slojeve primijeniti transformaciju „u letu“ i za njih u HTRS96/TM sustavu. Nakon toga, georeferencirani rasteri se mogu spojiti

u jedan raster OGK sloja za zagrebački vodonosnik prilikom uvoza u hidrogeološku bazu podataka (**slika 6-17**).

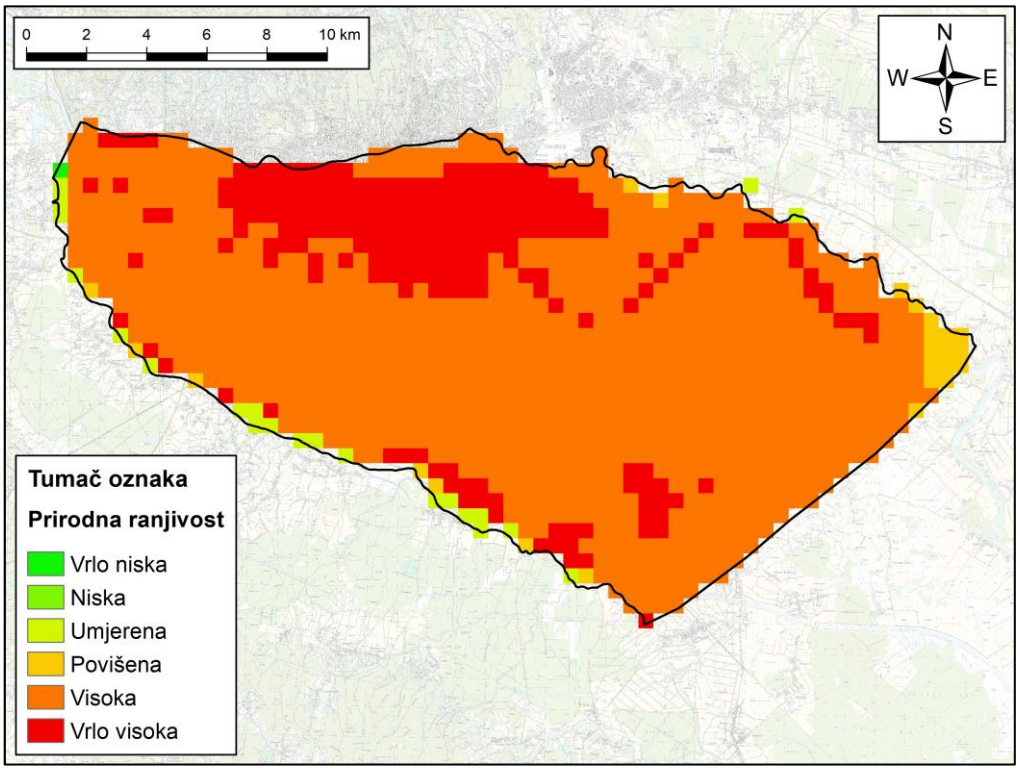


Slika 6-17. Opća geološka karta zagrebačkog vodonosnika, listovi Zagreb (Šikić i dr., 1972) i Ivanić Grad (Basch, 1976)

Ranjivost

Prema Zwahlenu (2004) prirodna ranjivost podzemne vode uzima u obzir geološke, hidrološke i hidrogeološke osobine područja neovisno o svojstvima onečišćivala i načinu onečišćenja dok specifična ranjivost uz prirodnu ranjivost uzima u obzir svojstva svakog pojedinog onečišćivala. Osnovni parametri koji se uzimaju o obzir tijekom modeliranja prirodne ranjivosti su infiltracija, osobine tla te karakteristike saturirane i nesaturirane zone. Prirodna ranjivost se odnosi na rizik povezan uz difuzne izvore onečišćenja, a za razliku od specifične ranjivosti uzima u obzir sve tipove onečišćenja. Koncept ranjivosti podzemne vode primjenjiv je na vodonosnike s međuzrnskom poroznošću i na krške vodonosnike.

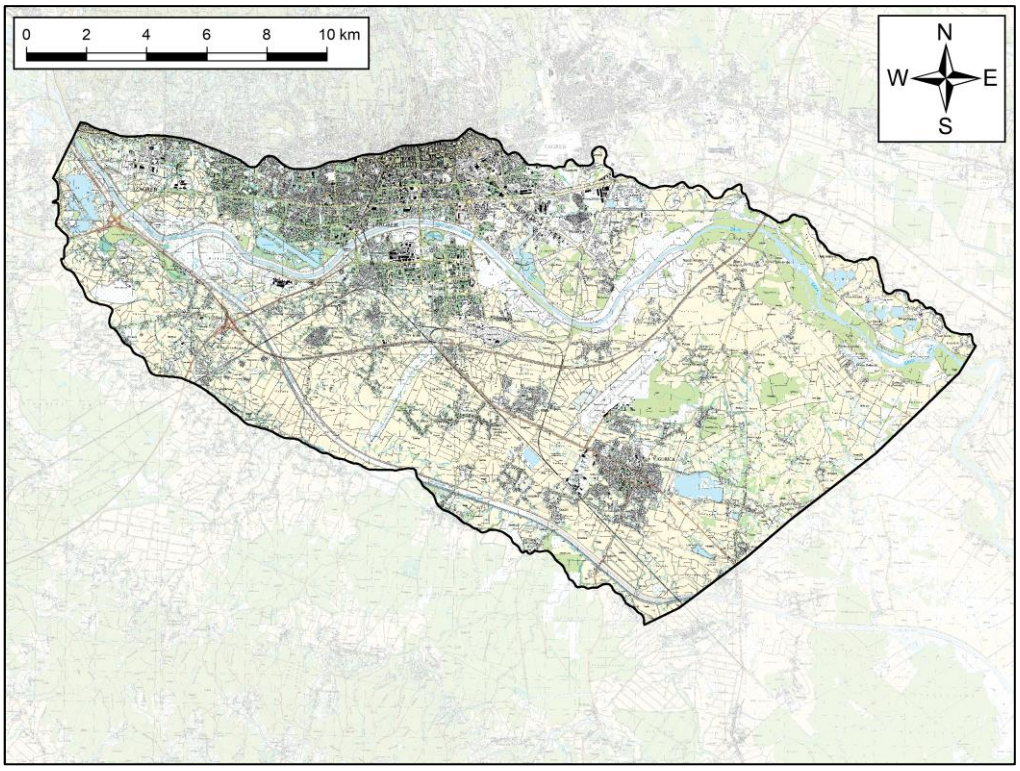
Prirodna ranjivost zagrebačkog vodonosnika prikazana je kao raster čiji su pikseli obojani na temelju pet kategorija. Od vrlo male pa do vrlo visoke ranjivosti. Prema karti je vidljivo da je cijeli vodonosnik izrazito ranjiv (**slika 6-18**).



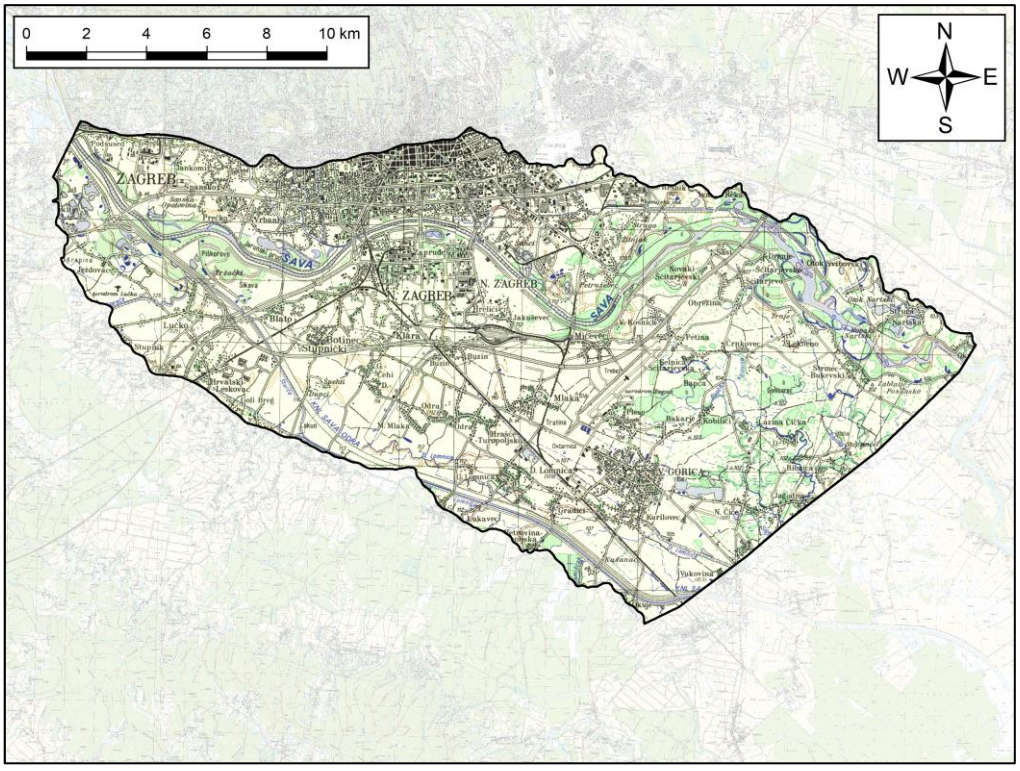
Slika 6-18. Karta prirodne ranjivosti vodonosnika (modificirano prema Brkić i dr., 2009)

Topografske podloge mjerila 1:25 000 i 1:100 000

Topografska karta je ortogonalna projekcija presjeka reljefa s horizontalnim ekvidistalnim ravninama, dopunjena utvrđenim oznakama za najvažnije prirodne i izgrađene objekte (Bahun, 1993). U geoprostornu bazu podataka dodane su dvije topografske podloge mjerila 1:25 000 (**slika 6-19**) i 1:100 000 (**slika 6-20**). Kao i DMR, topografske podloge imaju funkciju dopune ostalim podacima te daju dobru osnovu za daljnji rad s bazom podataka.



Slika 6-19. Topografska podloga mjerila 1:25 000



Slika 6-20. Topografska podloga mjerila 1:100 000

7. IZGRADNJA MODELA GEOPROSTORNE BAZE PODATAKA

7.1 Općenito

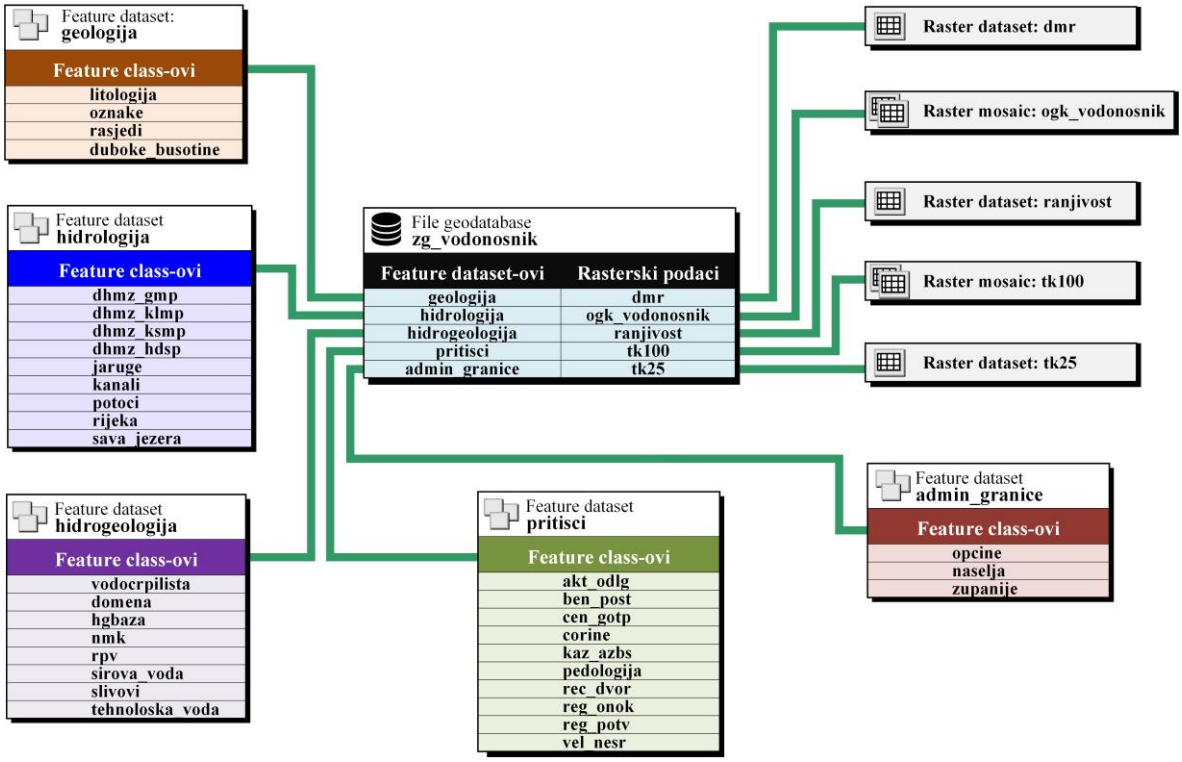
Za izgradnju geoprostorne baze podataka korišten je *File geodatabase* tip baze koju pruža softver *ArcMap*. Ovaj tip baze predstavlja najbolju osnovu obzirom na zahtjeve korisnika i općenito njenu daljnju uporabu za buduće projekte. Glavne prednosti *File geodatabase* za ovaj projekt su:

- Istovremeni pristup više korisnika
- Praktički neograničeni kapacitet za buduća ažuriranja
- Jednostavnija organizacija podataka
- Visoke performanse dohvata, obrade i spremanja podataka

7.2 Izgradnja modela

Prostorni podaci podataka organizirani su u nekoliko grupa i to na temelju njihove prostorne tematike koje prikazuju. Baza je organizirana u programu *ArcCatalog*, na način da su grupe stvorene kao zasebni *Feature dataset*-ovi koji u sebi sadrže *Feature class*-ove. Na **slici 7-1** vidi se prikaz strukture unutar *ArcCatalog*-a, tj. strukturni shematski model geoprostorne baze podataka napravljen u softveru *Microsoft Visio*, dok je u **prilogu 1** prikazana potpuno razgranata struktura. Model je dakle izgrađen od pet grupa *Feature dataset*-ova koji sadrže *Feature class*-ove te pet rastera. Pet osnovnih grupa podataka su:

- Geologija;
- Hidrologija;
- Hidrogeologija;
- Pritisci;
- Administrativne granice.

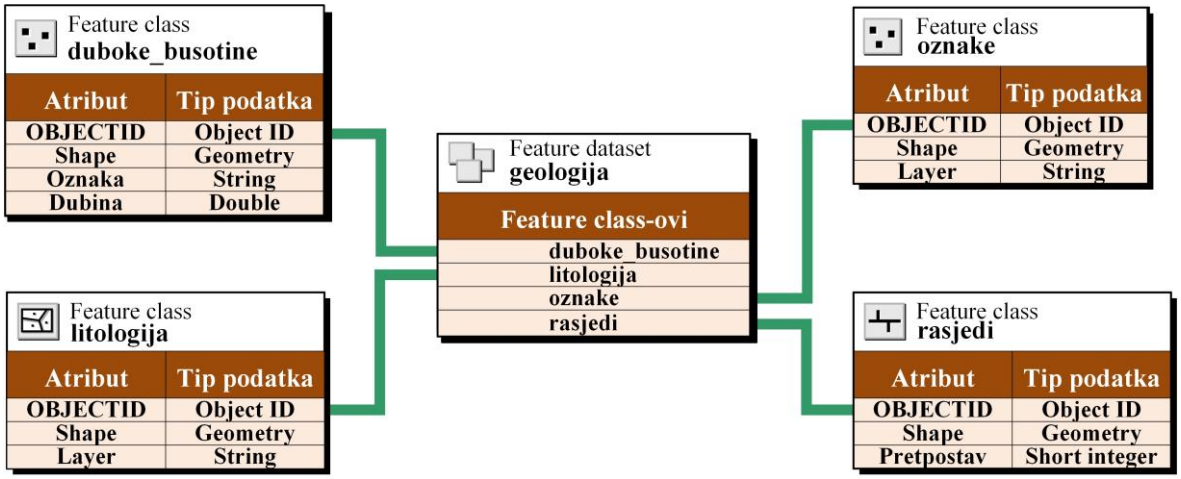


Slika 7-1. Shematski prikaz prostornih podataka unutar geoprostorne baze podataka

7.3 Opis *Feature dataset*-ova

7.3.1 *Feature dataset* „geologija“

Podaci u ovom *Feature dataset*-u (**slika 7-2**) organizirani su u četiri *Feature Class*-a. To su: (**1**) duboke_busotine, (**2**) litologija, (**3**) oznake i (**4**) rasjedi.



Slika 7-2. Shematski prikaz *Feature dataset*-a „geologija“

(**1**) *Feature class*: „**duboke_busotine**“ sadrži četiri točkasta objekta s prostornim i atributnim podacima koji predstavljaju specijalne duboke bušotine. Struktura atributa prikazana je u **tablici 7-1**.

Tablica 7-1. Prikaz strukture atributne tablice „oznake“

duboke_busotine		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
Oznaka	Predstavlja naziv dodijeljen bušotini	String
Dubina	Označava do koje dubine doseže bušotina	Double

(**2**) Feature class: „**litologija**“ sadrži poligonske objekte s prostornim i atributnim podacima koji predstavljaju litološke članove, a prekrivaju zagrebački vodonosnik. Poligoni ukupno predstavljaju pet litoloških cjelina, a napravljeni su ručnom vektorizacijom prema Osnovnoj geološkoj karti 1:100 000 SFRJ. Struktura atributa prikazana je u **tablici 7-2**.

Tablica 7-2. Prikaz strukture atributne tablice „litologija“

litologija		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
Layer	Polje koje nosi oznaku određenog poligona	String

(**3**) *Feature class* „**oznake**“ sadrži točkaste objekte s prostornim i atributnim podacima čija je svrhu dopuna poligonima koji prikazuju litološke jedinice Osnovne geološke karte 1:100 000 SFRJ. Nakon uvoza u *ArcMap* projekt objektima se može dodijeliti ranije stvorena simbologija (lyr datoteka) tako da svaka točka prikazuje točnu oznaku za pojedinu litološku jedinicu. Struktura atributa prikazana je u **tablici 7-3**.

Tablica 7-3. Prikaz strukture atributne tablice „oznake“

oznake		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
Layer	Oznake litoloških jedinica	String

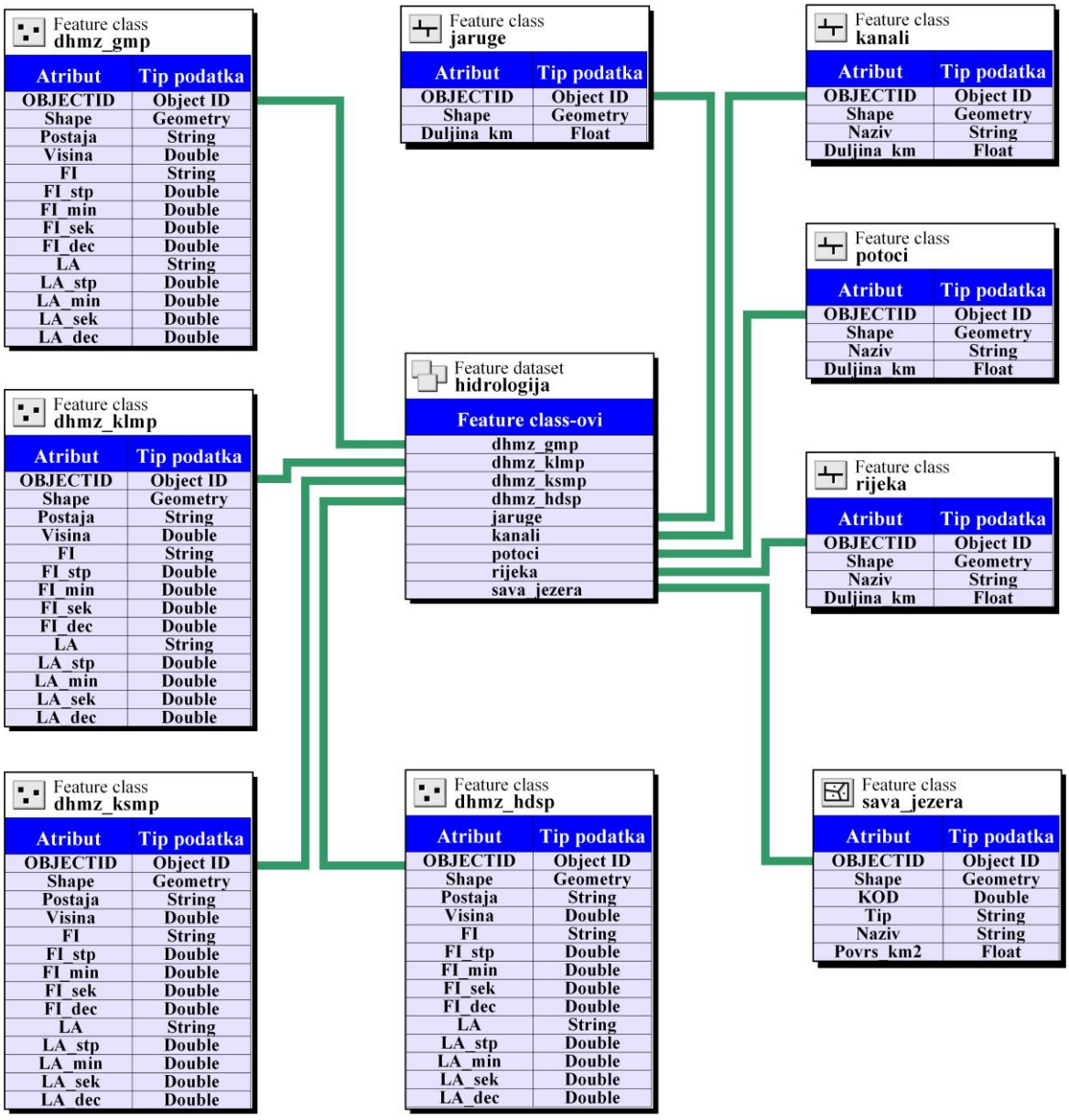
(**4**) *Feature class:* „**rasjedi**“ sadrži linijske objekte s prostornim i atributnim podacima o pružanju pretpostavljenih rasjednih zona na području zagrebačkog vodonosnika. Struktura atributa prikazana je u **tablici 7-4**.

Tablica 7-4. Prikaz strukture atributne tablice „rasjedi“

rasjedi		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
Pretpostav	Pokazuje jesu li rasjedi pretpostavljeni (0/1)	String

7.3.2 *Feature dataset* „hidrologija“

Podaci u ovom *Feature dataset*-u (**slika 7-3**) organizirani su u devet *Feature class*-a. To su: (**1**) dhmz_gmp, dhmz_klmp, dhmz_ksmp, dhmz_hdsp, (**2**) jaruge, kanali, potoci, rijeka, (**3**) sava_jezera.



Slika 7-3. Shematski prikaz *Feature dataset*-a „hidrologija“

(**1**) *Feature class*-e „**dhmz_gmp**“, „**dhmz_klmp**“, „**dhmz_ksmp**“ i „**dhmz_hdsp**“ ukupno sadrže devet točkastih objekata s prostornim i atributnim podacima. Svi podaci prikupljeni su od strane DHMZ-a. Objedinjeni prikaz strukture atributa za sve tri *Feature class*-e dan je u **tablici 7-5**.

Tablica 7-5. Prikaz strukture atributnih tablica „dhmz_gmp“, „dhmz_klmp“, „dhmz_ksmp“ i dhmz_hdsp“

dhmz_gmp, dhmz_klmp, dhmz_ksmp, dhmz_hdsp		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
Postaja	Naziv mjerne postaje	String
Visina	Visina postaje od razine mora	Double
FI	φ koordinata točke	String
FI_stp	Vrijednost stupnjeva	Double
FI_min	Vrijednost minuta	Double
FI_sek	Vrijednost sekundi	Double
FI_dec	Decimalni zapis φ koordinate	Double
LA	λ koordinata točke	String
LA_stp	Vrijednost stupnjeva	Double
LA_min	Vrijednost minuta	Double
LA_sek	Vrijednost sekundi	Double
LA_dec	Decimalni zapis λ koordinate	Double

(**2**) *Feature class*-e „**jaruge**“, „**kanali**“, „**potoci**“ i „**rijeka**“ sadrže linijske objekte s prostornim i atributnim podacima o objektima hidrografske mreže na području zagrebačkog vodonosnika. Objedinjeni prikaz strukture atributa za sve četiri *Feature class*-e dan je u **tablici 7-6**. Postoji iznimka za *Feature class* „jaruge“ jer on nema atribut „Naziv“.

Tablica 7-6. Prikaz strukture atributnih tablica „jaruge“, „kanali“, „potoci“ i „rijeka“

jaruge, kanali, potoci, rijeka		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
Naziv	Naziv dodijeljen hidrološkim objektima	String
Duljina_km	Duljina objekta u kilometrima	Float

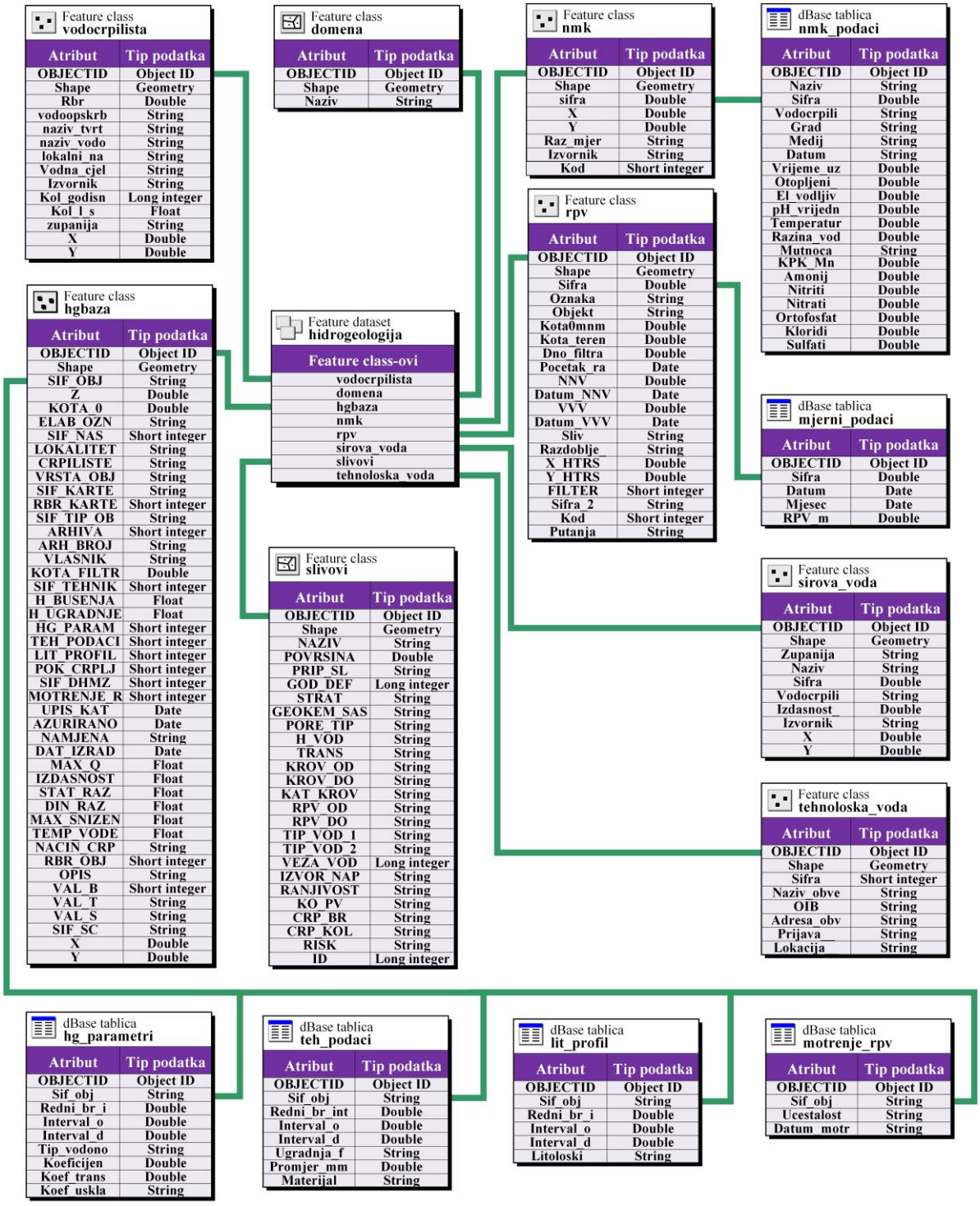
(**3**) *Feature class* „**sava_jezera**“ prikazuje poligonske objekte s prostornim i atributnim podacima o entitetima površinskih voda. Primarni entitet je rijeka Sava s najvećom površinom, a još su prisutna jezera i ostale vodene površine. Struktura atributa prikazana je u **tablici 7-7**.

Tablica 7-7. Prikaz strukture atributne tablice „sava_jezera“

sava_jezera		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
KOD	Brojčana oznaka dodijeljena objektu	Double
Tip	Vrsta hidrološkog objekta	String
Naziv	Naziv dodijeljen objektu	String
Povrs_km2	Površina objekta (km^2)	Float

7.3.3 *Feature dataset* „hidrogeologija“

Podaci u ovom *Feature dataset*-u (**slika 7-4**) organizirani su u devet *Feature class*-ova i šest *dBase* relacijskih tablica. *Feature class*-ovi su: (**1**) vodocrpilista, (**2**) domena, (**3**) hgbaza, (**4**) nmk, (**5**) rpv, (**6**) sirova_voda, (**7**) slivovi, (**8**) tehnoloska_voda. *dBase* relacijske tablice su: (**9**) hg_parametri, (**10**) teh_podaci, (**11**) lit_profil, (**12**) motrenje_rpv, (**13**) mjerni podaci, (**14**) nmk_podaci. Svrha relacijskih tablica je dopuna podataka za određene *Feature class*-ove.



Slika 7-4. Shematski prikaz *Feature dataset*-a „hidrogeologija“

(**1**) *Feature class* „**vodocrpilista**“ sadrži točkaste objekte s prostornim i atributnim podacima o aktivnim crpilištima grada Zagreba. Atributna struktura prikazana je u **tablici 7-8**.

Tablica 7-8. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „crpilista“

vodocrpilista		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
Rbr	Redni broj dodijeljen vodocrpilištu	Double
Zupanija	Naziv županije u kojem je vodocrpilište	String
X	X koordinata vodocrpilišta	Double
Y	Y koordinata vodocrpilišta	Double
vodoopskrb	Mjesto opskrbljivanja vodom	String
naz_tvrt	Tvrtka koja je izradila vodocrpilište	String
naziv_vodo	Naziv vodovoda	String
lokalni_na	Lokalni naziv vodocrpilišta	String
Vodna_cjel	Slivno područje u kojem se nalazi vodocrpilište	String
Izvornik	Izvorni set dobivenog podatka	String
Kol_godisn	Godišnja crpna količina (l/s)	Long integer
Kol_l_s	Crpna količina (l/s)	Float

(**2**) *Feature class* „**domena**“ sadrži jedan poligonski objekt s prostornim i atributnim podacima o granici zagrebačkog vodonosnika. Ovaj objekt je temeljni element cijele baze jer svi ostali podaci se nalaze isključivo u njegovom obuhvatu. Atributna struktura prikazana je u **tablici 7-9**.

Tablica 7-9. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „domena“

domena		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
Naziv	Naziv vodonosnika	String

(**3**) *Feature class* „**hgbaza**“ sadrži točkaste objekte s prostornim i atributnim podacima, a predstavljaju **1560** bušenih objekata na području zagrebačkog vodonosnika. Sve bušotine ne sadrže sve podatke. Ova tablica je povezana s četiri relacijske tablice koje prikazuju hidrogeološke parametre, tehničke podatke, litološke profile i podatke o razini podzemne vode samo za one bušotine koje imaju te podatke. Struktura atributne tablice prikazana je u **tablici 7-10**.

Tablica 7-10. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „hgbaza“

hgbaza		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
SIF_OBJ	Oznaka dodijeljena svakoj bušotini	String
X	X koordinata bušotine	Double
Y	Y koordinata bušotine	Double
Z	Visina bušotine iznad morske razine	String
KOTA_0	Kota nule	Double
ELAB_OZN	Oznaka bušotine u elaboratu	String
SIF_NAS	Brojčana oznaka naselja u kojem se bušotina nalazi	Short integer
LOKALITET	Naziv naselja u kojem se bušotina nalazi	String
CRPILISTE	Naziv vodocrpilišta za koje je bušotina izbušena	String
VRSTA_OBJ	Vrsta bušotine prema namjeni	String
SIF_KARTE	Oznaka bušotine na karti	String
RBR_KARTE	Redni broj karte	Short integer
SIF_TIP_OB	Vrsta bušotine: piezometarska, termalna ili bunar	String
ARHIVA	Oznaka bušotine u arhivskoj pohrani	Short integer
ARH_BROJ	Dopunska oznaka bušotine u arhivskoj pohrani	String
VLASNIK	Projektantska tvrtka koje je naručila izradu bušotine	String
KOTA_FILTRA	Visina filtra iznad razine mora	Double
SIF_TEHNIK	Brojčana oznaka aparature korištene za izradu bušotine	Short integer
H_BUSENJA	Dubina bušotine	Float
H_UGRADNJE	Dubina do koje doseže filtar	Float
HG_PARAM	Dodatna tablica o hidrogeološkim parametrima bušotine (0/1)	Short integer
TEH_PODACI	Dodatna tablica o tehničkim podacima bušotine (0/1)	Short integer
LIT_PROFIL	Dodatna tablica s litološkim profilom bušotine (0/1)	Short integer
POK_CRPLJ	Dodatna tablica s podacima o pokusnom crpljenju	Short integer
SIF_DHMZ	Brojčana oznaka bušotine u bazi DHMZ-a	Short integer
MOTRENJE_R	Dodatna tablica s podacima o RPV-u (0/1)	Short integer
UPIS_KAT	Datum upisa bušotine u katastar	Date
AZURIRANO	Zadnje ažuriranje podataka o bušotini	Date
NAMJENA	Svrha izrade bušotine	String
DAT_IZRAD	Datum kada je bušotina izrađena	Date
MAX_Q	Maksimalna crpna količina (m3/s)	Float
IZDASNOST	Izdašnost (m3/s)	Float
STAT_RAZ	Statička razina RPV	Float
DIN_RAZ	Dinamička razina RPV	Float
MAX_SNIZEN	Minimalna RPV, odnosno maksimalno sniženje	Float
TEMP_VODE	Temperatura vode (°C)	Float
NACIN_CRP	Metoda crpljenja vode iz bušotine	String
RBR_OBJ	Redni broj bušotine	Short integer

Nastavak tablice 7-10. Prikaz strukture atributne tablice Feature class-a „hgbaza“

hgbaza		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
VAL_B	Kontrolno polje 1	Short integer
VAL_T	Kontrolno polje 2	String
VAL_S	Kontrolno polje 3	String
SIF_SC	Kontrolno polje 4	String

(**4**) *Feature class* „**nmk**“ sadrži točkaste objekte s prostornim i atributnim podacima, a predstavlja 116 mjernih postaja koje mjere kakvoću vode u distribuciji. Ovaj *Feature class* također ima jednu relacijsku tablicu s dodatnim podacima o kemijskim analizama za 27 postaja. Atributna struktura prikazana je u **tablici 7-11**.

Tablica 7-11. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „nmk“

nmk		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
sifra	Oznaka dodijeljena mjernim postajama	Double
X	X koordinata mjerne postaje	Double
Y	Y koordinata mjerne postaje	Double
Raz_mjer	Vremensko razdoblje mjerenja	String
Izvornik	Izvorni set dobivenog podatka	String
Kod	Označava relaciju s dodatnim podacima (0/1)	Short integer

(**5**) *Feature class* „**rpv**“ sadrži 177 točkastih objekata s prostornim i atributnim podacima o piezometrima koji mjere razinu podzemne vode (RPV). U ovom *Feature* class-u odabrano je 20 piezometara ravnomjerno raspoređenih po površini zagrebačkog vodonosnika te je napravljena relacija s novom tablicom koja sadrži mjerenja RPV-a u razdoblju od 2010. do 2014. godine. Atributna struktura dana je u **tablici 7-12**.

Tablica 7-12. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „rpv“

rpv		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
Sifra	Oznaka dodijeljena mjernim postajama	Double
Oznaka	Naziv mjerne postaje	String
Objekt	Nadopunjeno ime postaje	String

Nastavak tablice 7-12. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „rpv“

rpv		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
Kota0mnm	Kota nule	Double
Kota_teren	Kota terena	Double
Dno_filtra	Označava kotu donje plohe filtra	Double
Pocetak_ra	Datum na koji je postaja počela s radom	Date
NNV	RPV kod minimalnih niskih voda	Double
Datum_NNV	Datum kod minimalnih niskih voda	Date
VVV	RPV kod maksimalnih visokih voda	Double
Datum_VVV	Datum kod maksimalnih visokih voda	Date
Sliv	Označava vodnu cjelinu na kojoj se nalazi mjerna postaja	String
Razdoblje_	Vremensko razdoblje za koja postoje mjerenja	String
X_HTRS	X koordinata postaje	Double
Y_HTRS	Y koordinata postaje	Double
FILTER	Binarni zapis o postojanju filtra u mjernoj postaji	Short integer
Sifra_2	Puni zapis šifre dodijeljen svakoj mjernoj postaji	String
Kod	Označava relaciju s dodatnim podacima (0/1)	Short integer
Putanja	Sadrži poveznice na originalne *xlsx* tablice odabranih postaja	String

(**6**) *Feature class* „**sirova_voda**“ sadrži osam točkastih objekata s prostornim i atributnim podacima. Ovi objekti su zdenci na vodocrpilištima koji služe za uzimanje uzoraka za kemijsku analizu tek crpljene vode. Atributna struktura prikazana je na **tablici 7-13**.

Tablica 7-13. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „sirova_voda“

sirova_voda		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
Zupanija	Naziv županije u kojoj se postaja nalazi	String
Naziv	Naziv tvrtke koja provodi analizu	String
Sifra	Oznaka dodijeljena mjernim postajama	Double
Vodocrpili	Naziv vodocrpilišta na kojem se provode mjerenja	String
Izdasnost_	Crpna količina vodocrpilišta	Double
Izvornik	Izvorni set dobivenog podatka	String
X	X koordinata postaje	Double
Y	Y koordinata postaje	Double

(**7**) *Feature class* „**slivovi**“ sadrži poligonske objekte s prostornim i atributnim podacima o hidrogeološkim vodnim cjelinama, odnosno podzemnim slivovima zagrebačkog vodonosnika. Atributna struktura dana je u **tablici 7-14**.

Tablica 7-14. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „slivovi“

slivovi		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
NAZIV	Naziv vodne cjeline	String
POVRSINA	Površina pojedinog sliva (km^2)	Double
PRIP_SL	Domena prostiranja sliva	String
GOD_DEF	Godina u kojoj je sliv utvrđen	Long integer
STRAT	Prevladavajuće stratigrafske naslage	String
GEOKEM_SAS	Prevladavajući geokemijski sastav sliva	String
PORE_TIP	Tip pora koji prevladava u slivu	String
H_VOD	Vrijednost hidrauličke vodljivosti (m/dan)	String
TRANS	Vrijednosti transmisivnosti (m^2/s)	String
KROV_OD	Dubina na kojoj počinju krovinske naslage (m)	String
KROV_DO	Dubina na kojoj prestaju krovinske naslage (m)	String
KAT_KROV	Hidrogeološka povoljnost krovine	String
RPV_OD	Dubina na kojoj se javlja podzemna voda (m)	String
RPV_DO	Dubina na kojoj prestaje podzemna voda (m)	String
TIP_VOD_1	Vrsta vodonosnika prema otvorenosti	String
TIP_VOD_2	Vrsta sliva (vodonosnika) prema produktivnosti	String
VEZA_VOD	Povezanost sliva (vodonosnika) sa susjednim slivom (vodonosnikom)	Long integer
IZVOR_NAP	Izvor napajanja sliva	String
RANJIVOST	Veličina ranjivosti sliva	String
KO_PV	Svrha korištenja vode s pojedinog sliva	String
CRP_BR	Broj vodocrpilišta na slivu	String
CRP_KOL	Crpna količina na slivu (m^3/s)	String
RISK	Rizik količinskog stanja sliva	String
ID	Identifikacijski broj dodijeljen slivu	Long integer

(**8**) *Feature class* „**tehnoloska_voda**“ sadrži točkaste objekte s prostornim i atributnim podacima. Atributni podaci odnose se na obveznike, tj. tvrtke koje u svojim industrijskim procesima koriste tehnološku vodu. Struktura atributa prikazana je niže u **tablici 7-15**.

Tablica 7-15. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „tehnoloska_voda“

tehnoloska_voda		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
Sifra	Oznaka dodijeljena mjernim postajama	Short integer
Naziv_obve	Naziv obveznika	String

Nastavak tablice 7-15. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „tehnoloska voda“

tehnoloska_voda		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OIB	Osobni identifikacijski broj obveznika	String
Adresa_obv	Adresa obveznika	String
Prijava__	Detaljan opis objekta na lokaciji	String
Lokacija__	Lokacija obveznika	String

(**9**) *dBase* relacijska tablica „**hg_parametri**“ sadrži atributne podatke o različitim hidrogeološkim parametrima za *Feature class* „hg_baza“. Ova tablica sadrži podatke za **176** bušotina u geobazi zagrebačkog vodonosnika. Atributna struktura dana je u **tablici 7-16**.

Tablica 7-16. Prikaz strukture relacijske tablice „hg_parametri“

hg_parametri		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Sif_obj	Oznaka dodijeljena bušotinama	String
Redni_br_i	Redni broj intervala	Double
Interval_o	Dubina na kojoj interval počinje (m)	Double
Interval_d	Dubina na kojoj interval završava (m)	Double
Tip_vodono	Tip vodonosnika	String
Koeficijen	Koeficijent filtracije	Double
Koef_trans	Koeficijent transmisivnosti	Double
Koef_uskla	Koeficijent uskladištenja	String

(**10**) *dBase* relacijska tablica „**teh_podaci**“ sadrži atributne podatke o različitim tehničkim podacima za *Feature class* „hg_baza“. Ova tablica sadrži dodatne podatke za **1124** bušotine u postojećoj bazi. Atributna struktura dana je u **tablici 7-17**.

Tablica 7-17. Prikaz strukture relacijske tablice „teh_podaci“

teh_podaci		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Sif_obj	Oznaka dodijeljena bušotinama	String
Redni_br_int	Redni broj intervala	Double
Interval_o	Dubina na kojoj interval počinje (m)	Double
Interval_d	Dubina na kojoj interval završava (m)	Double
Ugradnja_f	Pokazuje ima li bušotina ugrađen filter (0/1)	String
Promjer_mm	Promjer bušotine (mm)	Double
Materijal	Materijal korišten za filter	Double

(**11**) *dBase* relacijska tablica „**lit_profil**“ sadrži atributne podatke za *Feature class* „hg_baza“. Ova tablica sadrži dodatne podatke o litološkim profilima bušotina za **515** bušotina u postojećoj bazi. Atributna struktura dana je u **tablici 7-18**.

Tablica 7-18. Prikaz strukture relacijske tablice „lit_profil“

lit_profil		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Sif_obj	Oznaka dodijeljena bušotinama	String
Redni_br_i	Redni broj intervala	Double
Interval_o	Dubina na kojoj interval počinje (m)	Double
Interval_d	Dubina na kojoj interval završava (m)	Double
Litoloski_	Litološki opis intervala	String

(**12**) *dBase* relacijska tablica „**motrenje_rpv**“ sadrži atributne podatke za *Feature class* „hg_baza“. Ova tablica sadrži podatke o razinama podzemnih voda za **870** bušotina u postojećoj bazi. Atributna struktura dana je u **tablici 7-19**.

Tablica 7-19. Prikaz strukture relacijske tablice „motrenje_rpv“

motrenje_rpv		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Sif_obj	Oznaka dodijeljena bušotinama	String
Dan_motren	Dan na koje je provedeno motrenje	Date
Ucestalost	Frekvencija motrenja	String

(**13**) *dBase* relacijska tablica „**nmk_podaci**“ sadrži atributne podatke za *Feature class* „nmk“. Ova tablica sadrži **727** podataka dobivene kemijskim analizama. Atributna struktura dana je u **tablici 7-20**.

Tablica 7-20. Prikaz strukture relacijske tablice „nmk_podaci“

nmk_podaci		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Naziv	Naziv mjerne postaje	String
Sifra	Oznaka dodijeljena postaji	Double
Vodocrpili	Naziv vodocrpilišta	String
Grad	Grad u kojem se rade analize	String
Medij	Medij koji se analizira	String

Nastavak tablice 7-20. Prikaz strukture relacijske tablice „nmk_podaci“

nmk_podaci		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
Datum	Datum provođenja analize	String
Vrijeme_uz	Točno vrijeme uzorkovanja	Double
Otopljeni_	Otopljeni kisik (mgO_2/l)	Double
El_vodljiv	Električna vodljivost (µg/cm)	Double
pH_vrijedn	pH vrijednost	Double
Temperatur	Temperatura (°C)	Double
Razina_vod	Razina podzemne vode (m)	Double
Mutnoca	Mutnoća (NTU)	String
KPK_Mn	Kemijska potrošnja kisika za Mn spojeve (mgO2/l)	Double
Amonij	Koncentracija amonijevih iona (mgN/l)	Double
Nitriti	Koncentracija nitritnih iona (mgN/l)	Double
Nitrati	Koncentracija nitratnih iona (mgN/l)	Double
Ortofosfat	Koncentracija orotofosfatnih iona (mgP/l)	Double
Kloridi	Koncentracija kloridnih iona (mg/l)	Double
Sulfati	Koncentracija sulfatnih iona (mg/l)	Double

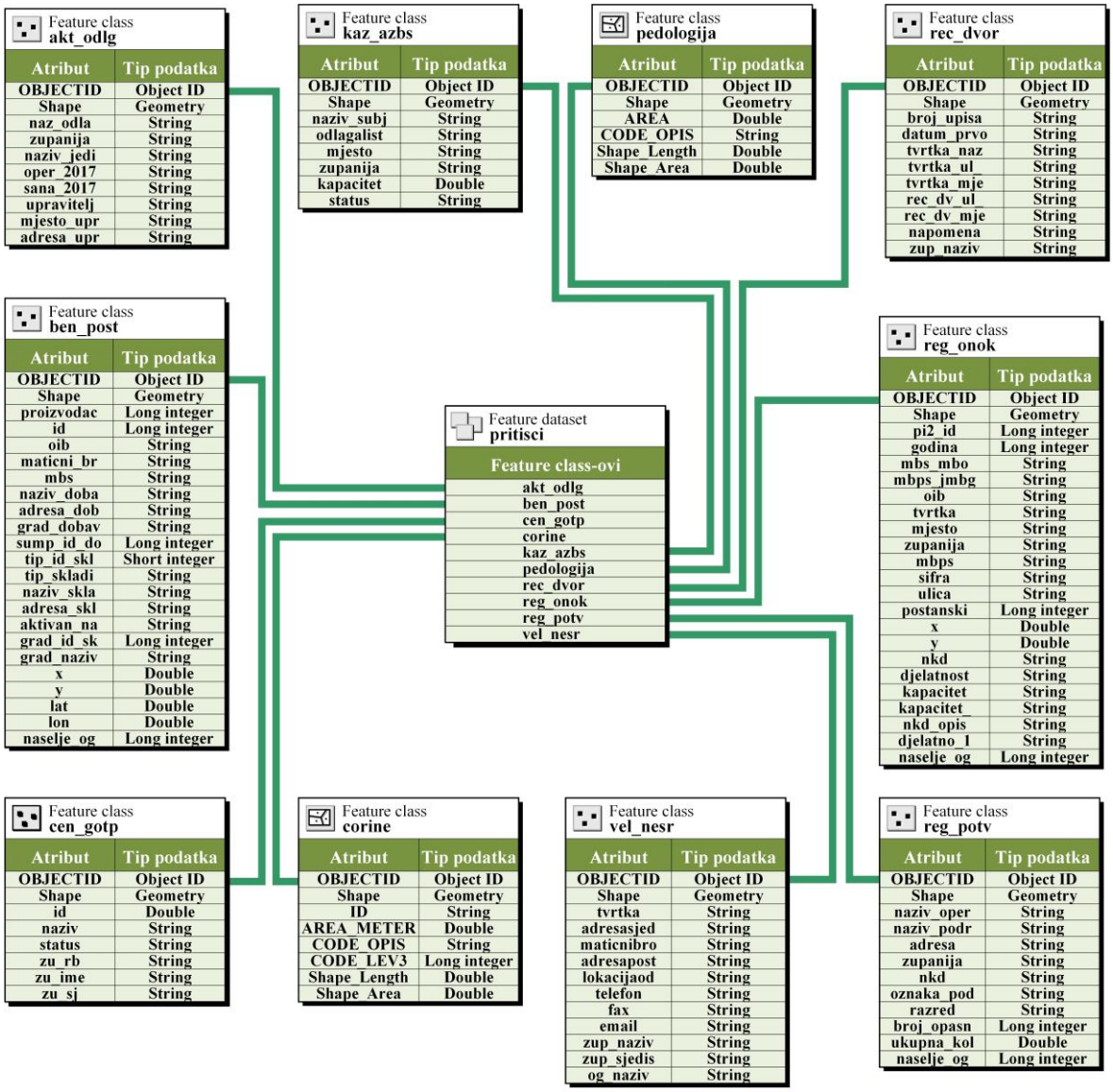
(**14**) *dBase* relacijska tablica „**mjerni_podaci**“ sadrži atributne podatke za *Feature class* „rpv_20“. Ova tablica sadrži čak **13030** podatkovnih zapisa za 20 RPV postaja. Atributna struktura dana je u **tablici 7-21**.

Tablica 7-21. Prikaz strukture relacijske tablice „mjerni_podaci“

mjerni_podaci		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Sifra	Oznaka dodijeljena bušotinama	Double
Datum	Dan, mjesec i godina uzorkovanja	Date
Mjesec	Mjesec uzorkovanja	Date
RPV_m	Razina podzemne vode (m)	Double

7.3.4 *Feature dataset* „pritisci“

Podaci u ovom *Feature dataset*-u (**slika 7-5**) organizirani su u deset *Feature class*-ova: (**1**) akt_odlg, (**2**) ben_post, (**3**) cen_gotp, (**4**) corine, (**5**) kaz_asbs, (**6**) pedologija, (**7**) rec_dvor, (**8**) reg_onok, (**9**) reg_potv, (**10**) vel_nesr.



Slika 7-5. Shematski prikaz *Feature dataset*-a „pritisci“

(**1**) *Feature class* „**akt_odlg**“ sadrži dva točkasta objekta s prostornim i atributnim podacima. Objekti prikazuju aktivna odlagališta u 2017. godini na području zagrebačkog vodonosnika. Atributna struktura prikazana je u **tablici 7-22**.

Tablica 7-22. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „akt_odlg“

akt_odlg		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
naz_odla	Naziv odlagališta	String
zupanija	Županija u kojoj se odlagalište nalazi	String
naziv_jedi	Grad u kojem se odlagalište nalazi	String
oper_2017	Opisuje aktivnost odlagališta u 2017. godini	String
sana_2017	Stanje sanacije u 2017. godini	String
upravitelj	Pravna osoba koja upravlja odlagalištem	String
mjesto_upr	Mjesto u kojoj se nalazi upravitelj	String
adresa_upr	Adresa upravitelja	String

(**2**) *Feature class* „**ben_post**“ sadrži 87 točkastih objekata s prostornim i atributnim podacima. Objekti prikazuju sve benzinske pumpe izgrađene na području zagrebačkog vodonosnika. Atributna struktura prikazana je u **tablici 7-23**.

Tablica 7-23. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „ben_post“

ben_post		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
proizvodac	Šifra proizvođača goriva	Long integer
id	Identifikacijska oznaka pumpe	Long integer
oib	Osobni identifikacijski broj	String
maticni_br	Matični broj pumpe	String
mbs	Matični broj subjekta	String
naziv_doba	Naziv dobavljača goriva	String
adresa_dob	Adresa dobavljača	String
grad_dobav	Grad dobavljača	String
sump_id_do	ID oznaka udjela sumpora u gorivu	Long integer
tip_id_skl	ID oznaka vrste uskladištenja goriva	Short integer
tip_skladi	Vrsta skladištenja goriva	String
naziv_skla	Naziv skladišta	String
adresa_skl	Adresa skladišta	String
aktivan_na	Aktivnost postaje u 2018. godini	String

Nastavak tablice 7-23. Prikaz strukture atributne tablice Feature class-a „ben_post“

ben_post		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
grad_id_sk	Poštanski broj grada gdje se postaja nalazi	Long integer
grad_naziv	Grad u kojoj se postaja nalazi	String
x	X koordinata postaje	Double
y	Y koordinata postaja	Double
lat	Geografska širina postaje	Double
lon	Geografska dužina postaje	Double
naselje_og	Matični broj općine/grada	Long integer

(**3**) *Feature class* „**cen_gotp**“ sadrži jedan točkasti objekt s prostornim i atributnim podacima. Objekt prikazuje centar za gospodarenje otpadom na području zagrebačkog vodonosnika u 2018. godini. Atributna struktura prikazana je u **tablici 7-24**.

Tablica 7-24. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „cen_gotp“

cen_gotp		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
id	Identifikacijska oznaka	Double
naziv	Naziv	String
status	Aktivnost centra	String
zu_rb	Redni broj županije	String
zu_ime	Ime županije	String
zu_sj	Sjedište županije	String

(**4**) *Feature class* „**corine**“ sadrži 173 objekata s prostornim i atributnim podacima. Objekti prikazuju zemljište zagrebačkog vodonosnika obzirom na njegovu namjenu. Poligoni su podijeljeni u pet različitih skupina. Atributna struktura prikazana je u **tablici 7-25**.

Tablica 7-25. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „corine“

corine		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
ID	Identifikacijska oznaka područja	String
AREA_METER	Površina poligona (km^2)	Double
CODE_OPIS	Opis namjene zemljišta	String
CODE_LEV3	Posebna kodna oznaka poligona	Long integer

(**5**) *Feature class* „**kaz_azbs**“ sadrži jedan objekt s prostornim i atributnim podacima. Objekt prikazuje skladište azbesta na području zagrebačkog vodonosnika. Atributna struktura prikazana je u **tablici 7-26**.

Tablica 7-26. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „kaz_azbs“

kaz_azbs		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
naziv_subj	Naziv subjekta	String
odlagalist	Naziv odlagališta	String
mjesto	Mjesto odlagališta	String
zupanija	Županija u kojoj se nalazi odlagalište	String
kapacitet	Kapacitet odlagališta	Double
status	Status aktivnosti	String

(**6**) *Feature class* „**pedologija**“ sadrži osam tipova poligonskih objekata s prostornim i atributnim podacima. Objekti prikazuju podijeljenu površinu zagrebačkog vodonosnika obzirom na vrstu tla. Atributna struktura prikazana je u **tablici 7-27**.

Tablica 7-27. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „pedologija“

pedologija		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
AREA	Površina poligona (km^2)	Double
CODE_OPIS	Opis tla	String

(**7**) *Feature class* „**rec_dvor**“ sadrži pet točkastih objekata s prostornim i atributnim podacima, a prikazuje pet reciklažnih dvorišta izgrađenih na području zagrebačkog vodonosnika. Atributna struktura prikazana je u **tablici 7-28**.

Tablica 7-28. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „rec_dvor“

rec_dvor		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
broj_upisa	Oznaka upisa dvorišta u bazi	String

Nastavak tablice 7-28. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „rec_dvor“

rec_dvor		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
datum_prvo	Datum prvog odlaganja/početka rada	String
tvrtka_naz	Naziv tvrtke koja upravlja dvorištem	String
tvrtka_ul_	Ulica tvrtke	String
tvrtka_mje	Mjesto tvrtke	String
rec_dv_ul	Ulica reciklažnog dvorišta	String
rec_dv_mje	Mjesto reciklažnog dvorišta	String
napomena	Dodatne bilješke o dvorištu	String
zup_naziv	Naziv županije	String

(**8**) *Feature class* „**reg_onok**“ sadrži **7070** točkastih objekata s prostornim i atributnim podacima. Objekti prikazuju lokacije na kojima postoji neka vrsta onečišćenja zagađivalom. Atributna struktura prikazana je u **tablici 7-29**.

Tablica 7-29. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „reg_onok“

reg_onok		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
pi2_id	Identifikacijska oznaka registra	Long integer
godina	Godina stvaranja registra	Long integer
mbs_mbo	Matični broj subjekta	String
mbps_jmbg	Jedinstveni matični broj	String
oib	Osobni identifikacijski broj	String
tvrtka	Naziv tvrtke koja vodi registar	String
mjesto	Mjesto u kojem se vodi registar	String
zupanija	Županija	String
mbps	Matični broj poslovnog subjekta	String
sifra	Brojčana šifra registra	String
ulica	Ulica tvrtke koja vodi registar	String
postanski	Poštanski broj tvrtke	Long integer
x	X koordinata	Double
y	Y koordinata	Double
nkd	Nacionalna klasifikacija djelatnosti	String
djelatnost	Šifra djelatnosti	String
kapacitet	Kapacitet određenih jedinica otpada	String
kapacitet_	Frekvencija obrade otpada	String
nkd_opis	Opis djelatnosti	String
djelatno_1	Opis posla	String
naselje_og	Šifra naselja	Long integer

(**9**) *Feature class* „**reg_potv**“ sadrži 72 točkasta objekta s prostornim i atributnim podacima. Objekti prikazuju sva postrojenja opasnih tvari na zagrebačkom vodonosniku. Atributna struktura prikazana je u **tablici 7-30**.

Tablica 7-30. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „reg_potv“

reg_potv		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
naziv_oper	Naziv postrojenja	String
naziv_podr	Naziv područja	String
adresa	Adresa postrojenja	String
zupanija	Županija u kojem je postrojenje	String
nkd	Nacionalna klasifikacija djelatnosti	String
oznaka_pod	Šifra područja	String
razred	Kategorije opasnosti postrojenja	String
broj_opasn	Brojčana opasnost postrojenja	Long integer
ukupna_kol	Ukupna količina proizvoda/otpada	Double
naselje_og	Šifra naselja	Long integer

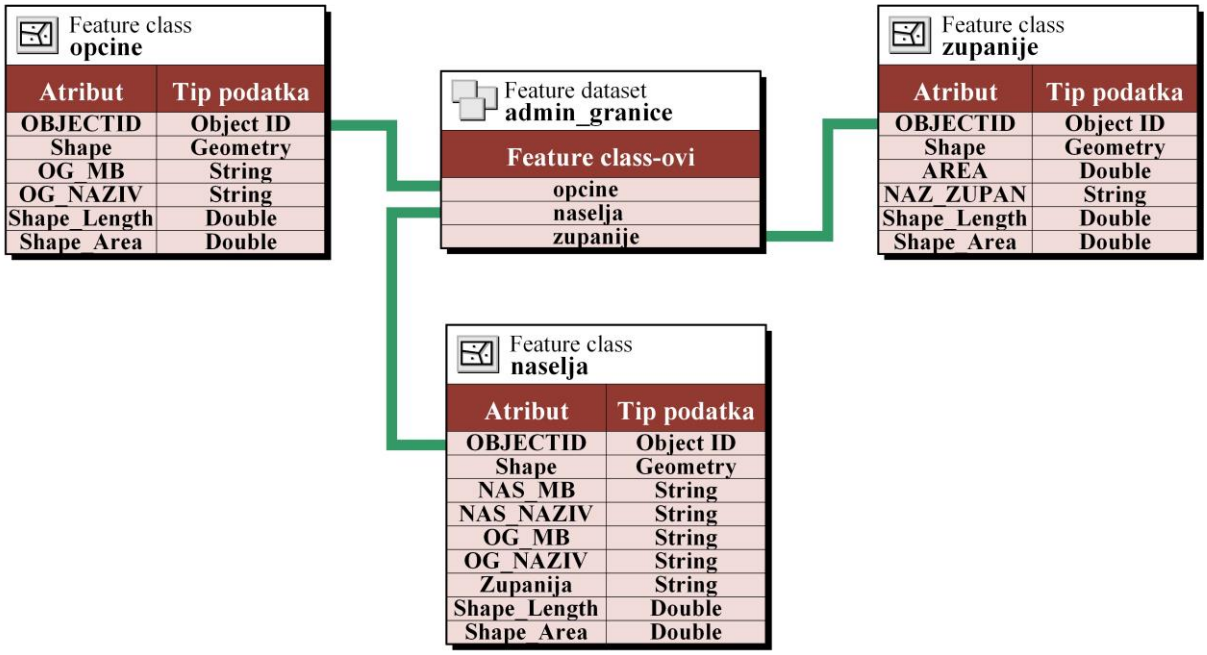
(**10**) *Feature class* „**vel_nesr**“ sadrži dva točkasta objekta s prostornim i atributnim podacima. Objekti se odnose na lokacije gdje su se dogodile značajnije ekološke nesreće. Atributna struktura prikazana je u **tablici 7-31**.

Tablica 7-31. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „vel_nesr“

vel_nesr		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
tvrtka	Naziv tvrtke	String
adresasjed	Adresa tvrtke	String
maticnibro	Matični broj	String
adresapost	Adresa postrojenja	String
lokacijaod	Vlasnik	String
telefon	Telefonski kontakt broj	String
fax	Telefaks broj	String
email	eMail kontakt adresa	String
zup_naziv	Naziv županije	String
zup_sjedis	Sjedište županije	String
og_naziv	Grad u kojoj se tvrtka nalazi	String

7.3.5 *Feature dataset* „admin_granice“

Podaci u ovom *Feature dataset*-u (**slika 7-6**) organizirani su u tri *Feature class*-e: (**1**) opcine, (**2**) naselja, (**3**) zupanije.



Slika 7-6. Shematski prikaz *Feature dataset*-a „admin_granice“

(**1**) *Feature class* „**opcine**“ sadrži pet poligonskih objekata s prostornim i atributnim podacima. Objekti prikazuju granice općina koje obuhvaća domena zagrebačkog vodonosnika. Atributna struktura prikazana je u **tablici 7-32**.

Tablica 7-32. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „opcine“

opcine		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
OG_MB	Matični broj općine/grada	String
OG_NAZIV	Naziv općine/grada	String

(**2**) *Feature class* „**naselja**“ sadrži 59 poligonskih objekata s prostornim i atributnim podacima. Objekti prikazuju 59 naselja na području zagrebačkog vodonosnika. Atributna struktura prikazana je u **tablici 7-33**.

Tablica 7-33. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „naselja“

naselja		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
NAS_MB	Matični broj naselja	String
NAS_NAZIV	Naziv naselja	String
OG_MB	Matični broj općine/grada	String
OG_NAZIV	Naziv općine/grada	String
Zupanija	Naziv županije u kojem se naselje nalazi	String

(**3**) *Feature class* „**zupanije**“ sadrži dva poligonska objekta s prostornim i atributnim podacima. Objekti prikazuju prostiranje granica dviju županija na površini domene zagrebačkog vodonosnika. Atributna struktura prikazana je u **tablici 7-34**.

Tablica 7-34. Prikaz strukture atributne tablice *Feature class*-a „zupanije“

zupanije		
ATRIBUT	OPIS	TIP PODATKA
OBJECTID	Jedinstvena oznaka koju dodjeljuje sustav	Object ID
Shape	Tip geometrije prikaza podatka	Geometry
AREA	Površina županije (km^2)	Double
NAZ_ZUPAN	Naziv županije	String

7.3.6 Rasterski podaci

Rasterski podaci pohranjeni su u geoprostornoj bazi u dva oblika: *raster dataset* i *raster mosaic* tip (**slika 7-7**). *Raster dataset*-ovi su identični *Feature class*-ovima no ne sadrže atributne podatke, već samo jedan georeferencirani raster. *Raster mosaic* datoteke također ne sadrže atributne podatke, no umjesto jednog sadrže, u ovom radu dva rastera. Jedna od prednosti *File geodatabase* modela baze podataka je što može pohranjivati i vršiti operacije nad rasterskim podacima. Opis ovih rasterskih podataka nalazi se u poglavlju 6.2.6..



Slika 7-7. Shematski prikaz rasterskih podataka u geoprostornoj bazi podataka

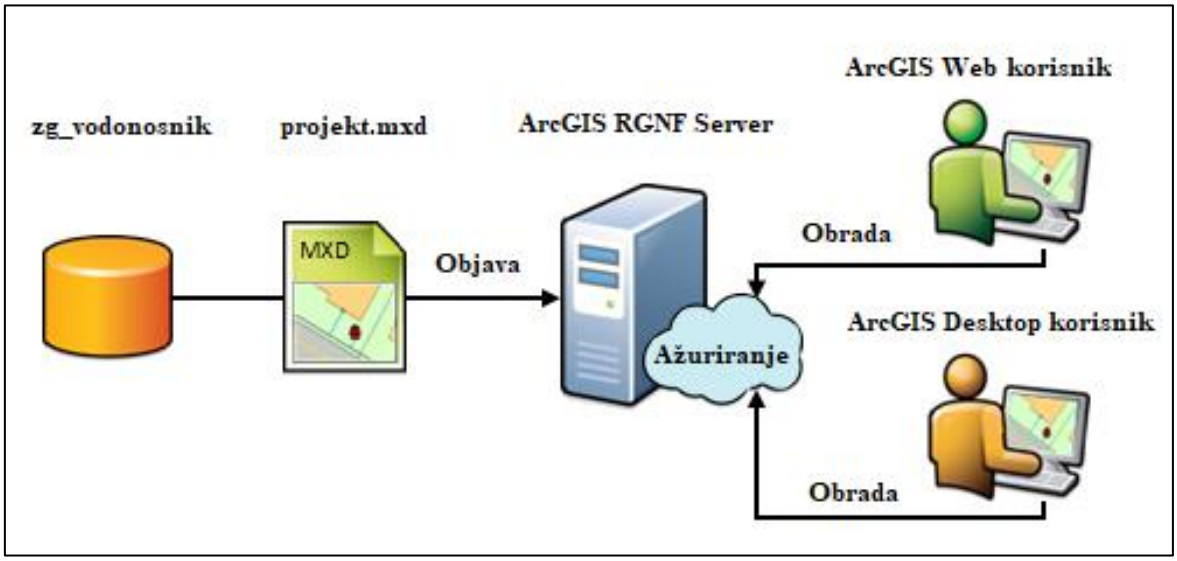
8. IMPLEMENTACIJA MODELA GEOPROSTORNE BAZE PODATAKA

Nakon izrade geoprostorne baze podataka slijedi njena implementacija u praksi. Svrha ove baze podataka nije samo demonstrativna za potrebe diplomskog rada, već da bude i nova aktivna geoprostorna baza podataka koja će biti na raspolaganju djelatnicima RGN fakulteta.

Glavne prednosti pri implementiranju ovog modela baze podataka:

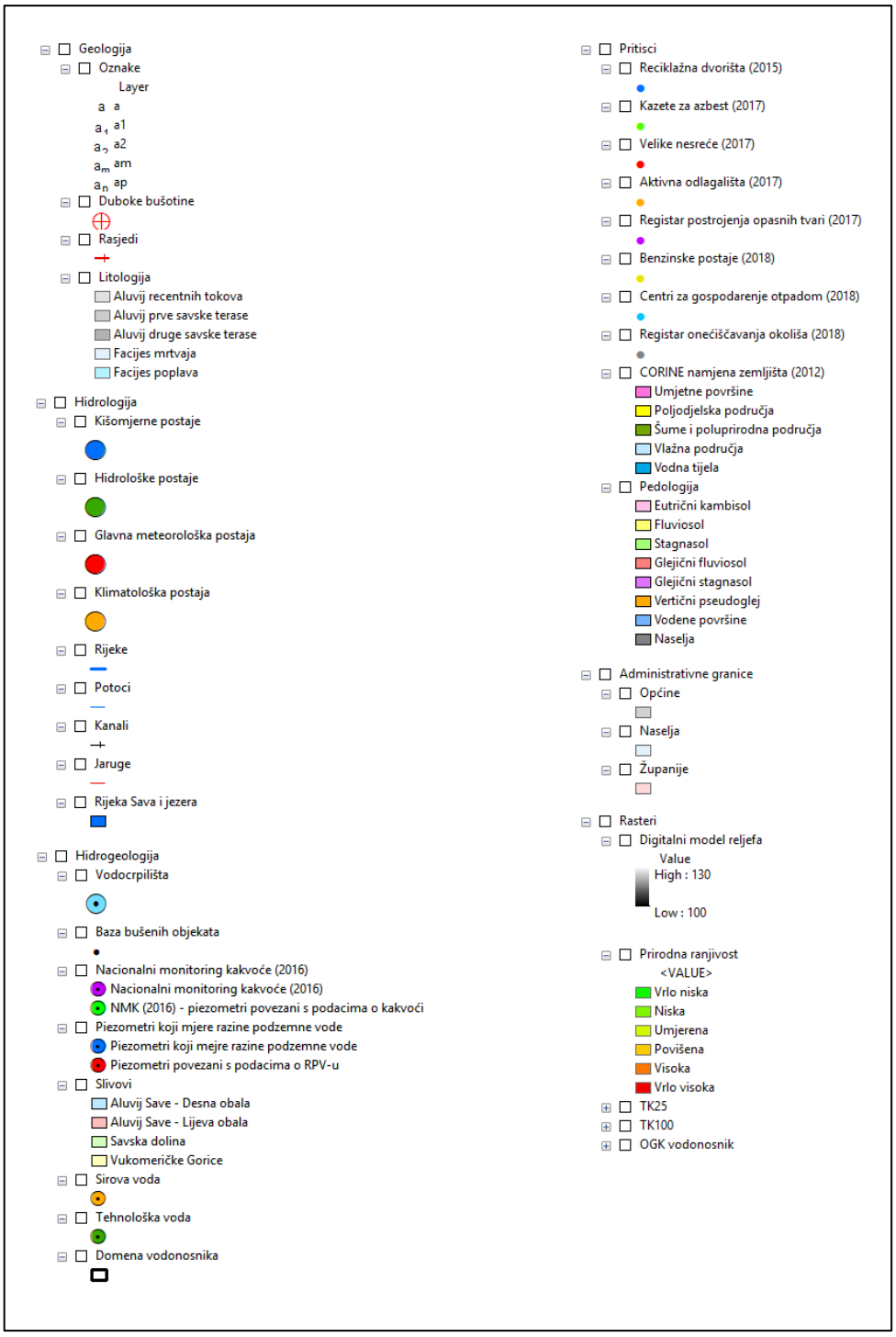
- Korisnik može pristupiti bazi u bilo kojem trenutku;
- Svi podaci organizirani su na jednom mjestu, čime je fragmentacija podataka svedena na minimum;
- Brzina pristupa, dohvata i pohrane podataka u bazi ovisi o LAN vezi sa serverom;
- Sigurnost baze može se postaviti tako da bazi imaju pristup samo određene IP adrese s točnim korisničkim imenom i lozinkom, koju po potrebi postavlja sustavni administrator;
- Mogućnost periodične izrade sigurnosne kopije baze podataka ako se pojavi greška u nekom dijelu sustava;
- Bazu je moguće konstantno, gotovo neograničeno, ažurirati novim podacima.

Zamišljeni koncept rada s geoprostornom bazom podataka prikazan je na **slici 8-1.**



Slika 8-1. Implementacija modela geoprostorne baze podataka na RGN fakultetu

Pri implementiranju je najbitniji element sama geoprostorna baza podataka stvorena preko *ArcCatalog* softvera u *ArcGIS* paketu. Ona je važna jer sama po sebi definira organizaciju podataka u bazi. No, kako će s tom bazom podataka raditi krajnji korisnici, stvoren je i GIS projekt baze podataka u softveru *ArcMap.* U tom su projektu svi podaci iz baze podataka sustavno organizirani i opisani. Organizacija u *ArcMap*-u preko *Table of Contents*-a omogućuje hijerarhijsku organizaciju što je u funkciji bolje preglednosti podataka. Nadalje, ovdje su podaci nazvani punim nazivima što u samom *File geodatabase* konceptu nije moguće zbog određenih softverskih ograničenja pa su korištene kratice bez razmaka i dijakritičkih znakova. Bitno je napomenuti da sam GIS projekt odnosno *mxd* datoteka nije samostalna te je nužno imati i mapu geoprostorne baze podataka. Još jedno od ograničenja *File geodatabase* modela je što podaci u njemu ne sadrže simbologiju koja je unaprijed određena u *ArcMap*-u, zbog toga je kreirana *lyr* mapa koja sadrži simbologiju svakog sloja i u svakom trenutku se može aplicirati na sloju. Na **slici 8-2**. prikazan je raspored podataka u *Table of Contents*-u s odgovarajućom simbologijom.



Slika 8-2. Prikaz organizacije i simbologije podataka u prikazu sadržaja projekta *ArcMap-a*

9. ZAKLJUČAK

Ovaj diplomski rad sadrži pregled podataka i opis procesa izrade geoprostorne baze podataka zagrebačkog vodonosnika u kojoj su ti podaci organizirani. Na temelju iskustva prilikom izrade rada može se zaključiti da je za sve buduće potrebe planiranja, projektiranja i nadogradnje baze podataka vrlo bitno sistematizirati podatke u njoj radi lakšeg korištenja istima, kada njihov broj s vremenom bude sve veći.

Prednosti za korištenje ovog koncepta baze podataka su brojne, posebice u usporedbi sa starijim modelima. Prije svega, najbitnija prednost je da je ovaj model baze dostupan koristeći bilo koju *ArcGIS* licencu na *Windows* i *UNIX* platformama. *File geodatabase* je model baze podataka s naglašenim optimiziranjem performansi pri radu s velikom količinom podataka, što ga čini odličnom podlogom za ovaj rad i svoju buduću namjenu. Jedna od praktičnih prednosti u sklopu RGN fakulteta je to što ovaj model omogućuje da se samostalni *Feature class*-ovi uređuju od strane više korisnika istovremeno bez zaključavanja baze, a to može značajno ubrzati bilo koji budući hidrogeološki projekt. Ovaj model također pruža pohranu rastera ili njihovih putanja što ovisi o njihovoj konfiguraciji, a budući da danas gotovo pa i ne postoje projekti bez ove vrste podataka, ova mogućnost dodatno povećava funkcionalnost i organizaciju. Jedna od prednosti je i mogućnost reverzibilnog sažimanja podataka u bazi, što pridonosi i poboljšanju performansi s radom i smanjenju prostora kojeg ti podaci zauzimaju.

Potencijalni nedostatak u budućnosti ovakvog koncepta baze podataka mogao bi biti što je on koncipiran isključivo za ESRI *ArcGIS* softversko sučelje. Nadalje, ovoj bazi nedostaje određena količina poznatih hidrogeoloških podataka o zagrebačkom vodonosnika, a to su: linije izopaha, izobara, izostrata, ekvipotencijala i ostale podatke o podzemnoj vodi. Ubacivanje ovih podataka u bazu omogućilo bi korištenje softvera *ModFLOW* koji podržava i vremensku dimenziju čime bi se dobile razne simulacije i modeli tokova podzemnih voda za neke hidrogeološke projekte.

Osim što ova baza podataka ima mogućnost izvesti razne tematske karte, postoji i potencijal za 3D modeliranje zagrebačkog vodonosnika. ESRI paket ima i rješenje za to pomoću ekstenzije *ArcHydro Groundwater*. Ova ekstenzija omogućuje izradu hidrogeoloških modela podzemlja. Moguće je kreirati poprečne presjeke i površinske rastere te interpolacijom kreirati tzv. *Geovolumes* odnosno 3D modele.

10. LITERATURA

BAČANI, A., ŠPARICA, M. (2001): Geology of the Zagreb aquifer system. 9th International Congress of the geological society of Greece. (26.-28. September, 2001). Proceedings, volXXXIV, No 5, 1973-1979, Athens.

BAČANI, A., POSAVEC, K. (2009): Elaborat zaštitnih zona vodocrpilišta Velika Gorica, Stručni elaborat, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, 77 str.

BAČANI, A., POSAVEC, K. (2014a): Elaborat o zonama zaštite izvorišta Strmec, Šibice i Bregana. Stručni elaborat, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, 105 str.

BAČANI, A., POSAVEC, K. (2014b): Elaborat o zonama zaštite izvorišta Grada Zagreba, Stručni elaborat, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, 217 str.

BAHUN, S. (1993): Geološko kartiranje, Sveučilišni udžbenik, Školska knjiga, Zagreb, 119 str.

BASCH, O. (1976): Osnovna geološka karta SFRJ, List Ivanić Grad, L 33-81, M 1:100 000, Hrvatski geološki institut, Zagreb

BRKIĆ, Ž., BIONDIĆ, B. (2000): Savski vodonosnik i njegove hidrogeološke značajke. Hidrologija i vodni resursi Save u novim uvjetima, Zbornik radova, Okrugli stol, Slavonski Brod, 2000. 217-227 str.

BRKIĆ, Ž., LARVA, O., MARKOVIĆ T. (2009): Ocjena stanja i rizika cjelina podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske. Stručni elaborat, Hrvatski geološki institut, Zagreb, 177 str.

BRONZITE, M. (1989): Introduction to Oracle, McGraw-Hill Book Company, Book, London, 352 p.

CARIĆ, T., BUNTIĆ, M. (2015): Uvod u relacijske baze podataka, Skripta, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 132 str.

CHESNAUX, R. et al. (2011): Building a geodatabase for mapping hydrogeological features and 3D modeling of groundwater systems: Application to the Saguenay–Lac-St.-Jean region, Canada, Universite du Quebec a Chicoutimi, Centre d'Etudes sur les Ressources Minerales, 555, Computers & Geosciences, Canada.

Državni hidrometeorološki zavod (2008): Naputak za opažanja i mjerenja na glavnim meteorološkim postajama, Naputak, Zagreb, 323 str.

GALIĆ, Z. (2006): Geoprostorne baze podataka, Sveučilišni udžbenik, Golden marketing-Tehnička knjiga, Zagreb, 357 str.

HULJEK, L. (2018): Karta specifične ranjivosti na glavne izvore dušikovih spojeva na području zagrebačkog vodonosnika, Diplomski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 51 str.

POSAVEC, K., JOVIĆ, V., BRKIĆ, B., KOLARIĆ, D., BEKIĆ, D. (2015): Zagreb na Savi – Numeričko modeliranje utjecaja varijantnih rješenja na podzemne vode, U: 6. hrvatska konferencija o vodama s međunarodnim sudjelovanjem, Zbornik radova, Opatija 23.-25.5.2015., Hrvatske vode, Zagreb, 771-794 str.

MANGER, R. (2003): Baze podataka, Skripta, Prirodoslovno-matematički fakultet, Matematički odjel, Zagreb, 63 str.

MATIJEVIĆ, H. (2004): Modeliranje podataka katastra, Magistarski rad, Geodetski fakultet, Zagreb, 111 str.

MILANOVIĆ, N. (2013): Korištenje webgis aplikacije za prikaz prostornih hidrogeoloških podataka, Diplomski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 57 str.

PERKOVIĆ, D. (1998): Hidrogeološki katastar kao dio geografskog informacijskog sustava, Magistarski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 106 + 15 str.

PERKOVIĆ, D. (2002): Programska ljuska za korištenje podataka iz informacijskog sustava projekta "Evidencija i gospodarenje podzemnim vodama", Doktorska disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 111 str.

POSAVEC, K. (2006): Identifikacija i prognoza minimalnih razina podzemne vode zagrebačkoga aluvijalnog vodonosnika modelima recesijskih krivulja. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološki-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 89 str.

POSAVEC, K. (2016): Zagreb na Savi – značaj projekta za izvorišta i Strategiju razvoja vodoopskrbnog sustava grada Zagreba, Predavanje, Društvo građevinskih inženjera Zagreb, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 49-66 str.

RUŽIČIĆ, S. (2013): Model transporta potencijalno toksičnih elemenata kroz nesaturiranu zonu na području regionalnoga vodocrpilišta Kosnica, Doktorska disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 149 str.

ŠIKIĆ, K., BASCH, O., ŠIMUNIĆ, A. (1972): Osnovna geološka karta SFRJ, List Zagreb, L 33-80, M 1: 100 000, Hrvatski geološki institut, Zagreb

VELIĆ, J., SAFTIĆ, B. (1991): Subsurface Spreading and Facies Characteristics of Middle Pleistocene Deposits between Zaprešić and Samobor, Geološki vjesnik, Zagreb, 44, 69-82 str.

VELIĆ, J., DURN, G. (1993): Alternating Lacustrine-Marsh Sedimentation and Subaerial Exposure Phases during Quaternary: Prečko, Croatia. Geologia Croatica, Zagreb, 46/1, 71-90 str.

VELIĆ, J., SAFTIĆ, B., MALVIĆ. T. (1999): Lithologic Composition and Stratigraphy of Quaternary Sediments in the Area of the "Jakuševec" Waste Depository (Zagreb, Northern Croatia), Geologia Croatica, , Zagreb, 52/2, 119-130 str.

URUMOVIĆ, K., MIHELČIĆ, D. (2000): Podzemne vode savskoga vodonosnika. Hidrologija i vodni resursi Save u novim uvjetima, Zbornik radova, Okrugli stol, Slavonski Brod, 2000. 205-215 str.

VARGA, M. (1994): Baze podataka: konceptualno, logičko i fizičko modeliranje podataka, Društvo za razvoj informatičke pismenosti, Zagreb, 217 str.

ZWAHLEN, F. (ed.) (2004): Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (karst) aquifers. Final report - COST Action 620. European Commision, Directorate-General XII Science, Research and Development, Brussels, Luxemburg, EUR 20912:297.

WEB IZVORI

DGU (2019): http://listovi.dgu.hr/ (posjećeno 5.1.2019.)

EIONET (2019): https://www.eionet.europa.eu/gemet/hr/concept/6655 (posjećeno 5.1.2019.)

ESRI (2019):

a) http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/what-is-a-geodatabase.htm (posjećeno 5.1.2019.)

b) http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/the-architecture-of-a-geodatabase.htm (posjećeno 5.1.2019.)

c) http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/a-quick-tour-of-the-geodatabase.htm (posjećeno 5.1.2019.)

d) http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/types-of-geodatabases.htm (posjećeno 5.1.2019.)

e) https://www.esri.com/news/arcuser/0309/files/9reasons.pdf (posjećeno 5.1.2019.)

HAOP (2019)

a) http://envi-portal.azo.hr/node/6 (posjećeno 7.1.2019.)

b) http://www.haop.hr/hr/corine-land-cover-hrvatska-clc-hrvatska/corine-land-cover-hrvatska-clc-hrvatska (posjećeno 7.1.2019.)

HGI (2019): https://www.hgi-cgs.hr/Osnovna-geoloska-karta-Republike-Hrvatske.htm (posjećeno 7.1.2019.)

NN (2019): https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_04_47_1593.html (posjećeno 25.1.2019)

ZZJZDNZ (2019): https://www.zzjzdnz.hr/hr/sluzbe/zdravstvena-ekologija/odjel-za-vode (posjećeno 7.1.2019.)

PRILOZI

Feature class
dhmz_hdsp

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
Postaja	String
Visina	Double
FI	String
FI_stp	Double
FI_min	Double
FI_sek	Double
FI_dec	Double
LA	String
LA_stp	Double
LA_min	Double
LA_sek	Double
LA_dec	Double

Feature class
dhmz_ksmp

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
Postaja	String
Visina	Double
FI	String
FI_stp	Double
FI_min	Double
FI_sek	Double
FI_dec	Double
LA	String
LA_stp	Double
LA_min	Double
LA_sek	Double
LA_dec	Double

Feature class
dhmz_klmp

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
Postaja	String
Visina	Double
FI	String
FI_stp	Double
FI_min	Double
FI_sek	Double
FI_dec	Double
LA	String
LA_stp	Double
LA_min	Double
LA_sek	Double
LA_dec	Double

Feature class
dhmz_gmp

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
Postaja	String
Visina	Double
FI	String
FI_stp	Double
FI_min	Double
FI_sek	Double
FI_dec	Double
LA	String
LA_stp	Double
LA_min	Double
LA_sek	Double
LA_dec	Double

Feature class
litologija

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
Layer	String

Feature class
duboke_busotine

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
Oznaka	String
Dubina	Double

Feature class
oznake

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
Layer	String

Feature class
rasjedi

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
Pretpostav	Short integer

Raster dataset: **dmr**

Raster mosaic: **ogk_vodonosnik**

Raster dataset: **ranjivost**

Raster mosaic: **tk100**

Raster dataset: **tk25**

Feature class
opcine

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
OG_MB	String
OG_NAZIV	String
Shape_Length	Double
Shape_Area	Double

Feature class
naselja

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
NAS_MB	String
NAS_NAZIV	String
OG_MB	String
OG_NAZIV	String
Zupanija	String
Shape_Length	Double
Shape_Area	Double

Feature class
zupanije

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
AREA	Double
NAZ_ZUPAN	String
Shape_Length	Double
Shape_Area	Double

Feature class
jaruge

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
Duljina_km	Float

Feature class
kanali

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
Naziv	String
Duljina_km	Float

Feature class
potoci

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
Naziv	String
Duljina_km	Float

Feature class
rijeka

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
Naziv	String
Duljina_km	Float

Feature class
sava_jezera

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
KOD	Double
Tip	String
Naziv	String
Povrs_km2	Float

Feature dataset
geologija

Feature class-ovi
duboke_busotine
litologija
oznake
rasjedi

Feature dataset
hidrologija

Feature class-ovi
dhmz_gmp
dhmz_klmp
dhmz_ksmp
dhmz_hdsp
jaruge
kanali
potoci
rijeka
sava_jezera

File geodatabase
zg_vodonosnik

Feature dataset-ovi	Rasterski podaci
geologija	dmr
hidrologija	ogk_vodonosnik
hidrogeologija	ranjivost
pritisci	tk100
admin_granice	tk25

Feature dataset
admin_granice

Feature class-ovi
opcine
naselja
zupanije

Feature class
domena

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
Naziv	String

Feature class
vodocrpilista

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
Rbr	Double
vodoopskrb	String
naziv_tvrt	String
naziv_vodo	String
lokalni_na	String
Vodna_cjel	String
Izvornik	String
Kol_godisn	Long integer
Kol_l_s	Float
zupanija	String
X	Double
Y	Double

Feature dataset
hidrogeologija

Feature class-ovi
vodocrpilista
domena
hgbaza
nmk
rpv
sirova_voda
slivovi
tehnoloska_voda

Feature dataset
pritisci

Feature class-ovi
akt_odlg
ben_post
cen_gotp
corine
kaz_azbs
pedologija
rec_dvor
reg_onok
reg_potv
vel_nesr

Feature class
kaz_azbs

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
naziv_subj	String
odlagalist	String
mjesto	String
zupanija	String
kapacitet	Double
status	String

Feature class
pedologija

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
AREA	Double
CODE_OPIS	String
Shape_Length	Double
Shape_Area	Double

Feature class
rec_dvor

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
broj_upisa	String
datum_prvo	String
tvrtka_naz	String
tvrtka_ul	String
tvrtka_mje	String
rec_dv_ul	String
rec_dv_mje	String
napomena	String
zup_naziv	String

dBase tablica
hg_parametri

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Sif_obj	String
Redni_br_i	Double
Interval_o	Double
Interval_d	Double
Tip_vodono	String
Koeficijen	Double
Koef_trans	Double
Koef_uskla	String

dBase tablica
teh_podaci

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Sif_obj	String
Redni_br_int	Double
Interval_o	Double
Interval_d	Double
Ugradnja_f	String
Promjer_mm	Double
Materijal	String

dBase tablica
lit_profil

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Sif_obj	String
Redni_br_i	Double
Interval_o	Double
Interval_d	Double
Litoloski	String

dBase tablica
motrenje_rpv

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Sif_obj	String
Ucestalost	String
Datum_motr	String

Feature class
hgbaza

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
SIF_OBJ	String
Z	Double
KOTA_0	Double
ELAB_OZN	String
SIF_NAS	Short integer
LOKALITET	String
CRPLISTE	String
VRSTA_OBJ	String
SIF_KARTE	String
RBR_KARTE	Short integer
SIF_TIP_OB	String
ARHIVA	Short integer
ARH_BROJ	String
VLASNIK	String
KOTA_FILTR	Double
SIF_TEHNIK	Short integer
H_BUSENJA	Float
H_UGRADNJE	Float
HG_PARAM	Short integer
TEH_PODACI	Short integer
LIT_PROFIL	Short integer
POK_CRPLJ	Short integer
SIF_DHMZ	Short integer
MOTRENJE_R	Short integer
UPIS_KAT	Date
AZURIRANO	Date
NAMJENA	String
DAT_IZRAD	Date
MAX_Q	Float
IZDASNOST	Float
STAT_RAZ	Float
DIN_RAZ	Float
MAX_SNIZEN	Float
TEMP_VODE	Float
NACIN_CRP	String
RBR_OBJ	Short integer
OPIS	String
VAL_B	Short integer
VAL_T	String
VAL_S	String
SIF_SC	String
X	Double
Y	Double

dBase tablica
nmk_podaci

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Naziv	String
Sifra	Double
Vodocrpili	String
Grad	String
Medij	String
Datum	String
Vrijeme_uz	Double
Otoplieni	Double
El_vodlijv	Double
pH_vrijednd	Double
Temperatur	Double
Razina_vod	Double
Mutnoca	String
KPK_Mn	Double
Amoniji	Double
Nitriti	Double
Nitrati	Double
Ortofosfat	Double
Kloridi	Double
Sulfati	Double

Feature class
nmk

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
sifra	Double
X	Double
Y	Double
Raz_mjer	String
Izvornik	String
Kod	Short integer

dBase tablica
mjerni_podaci

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Sifra	Double
Datum	Date
Mjesec	Date
RPV_m	Double

Feature class
rpv

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
Sifra	Double
Oznaka	String
Objekt	String
Kota0mnm	Double
Kota_teren	Double
Dno_filtra	Double
Pocetak_ra	Date
NNV	Double
Datum_NNV	Date
VVV	Double
Datum_VVV	Date
Sliv	String
Razdoblje	String
X_HTRS	Double
Y_HTRS	Double
FILTER	Short integer
Sifra_2	String
Kod	Short integer
Putanja	String

Feature class
sirova_voda

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
Zupanija	String
Naziv	String
Sifra	Double
Vodocrpili	String
Izdasnost	Double
Izvornik	String
X	Double
Y	Double

Feature class
slivovi

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
NAZIV	String
POVRSINA	Double
PRIP_SL	String
GOD_DEF	Long integer
STRAT	String
GEOKEM_SAS	String
PORE_TIP	String
H_VOD	String
TRANS	String
KROV_OD	String
KROV_DO	String
KAT_KROV	String
RPV_OD	String
RPV_DO	String
TIP_VOD_1	String
TIP_VOD_2	String
VEZA_VOD	Long integer
IZVOR_NAP	String
RANJIVOST	String
KO_PV	String
CRP_BR	String
CRP_KOL	String
RISK	String
ID	Long integer

Feature class
tehnoloska_voda

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
Sifra	Short integer
Naziv_objve	String
OIB	String
Adresa_oby	String
Prijava_	String
Lokacija	String

Feature class
akt_odlg

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
naz_odla	String
zupanija	String
naziv_jedi	String
oper_2017	String
sana_2017	String
upravitelj	String
mjesto_upr	String
adresa_upr	String

Feature class
ben_post

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
proizvodac	Long integer
id	Long integer
oib	String
maticni_br	String
mbs	String
naziv_doba	String
adresa_dob	String
grad_dobav	String
sump_id_do	Long integer
tip_id_skl	Short integer
tip_skladi	String
naziv_skla	String
adresa_skl	String
aktivan_na	String
grad_id_sk	Long integer
grad_naziv	String
x	Double
y	Double
lat	Double
lon	Double
naselje_og	Long integer

Feature class
cen_gotp

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
id	Double
naziv	String
status	String
zu_rb	String
zu_ime	String
zu_sj	String

Feature class
corine

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
ID	String
AREA_METER	Double
CODE_OPIS	String
CODE_LEV3	Long integer
Shape_Length	Double
Shape_Area	Double

Feature class
reg_onok

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
pi2_id	Long integer
godina	Long integer
mbs_mbo	String
mbps_jmbg	String
oib	String
tvrtka	String
mjesto	String
zupanija	String
mbps	String
sifra	String
ulica	String
postanski	Long integer
x	Double
y	Double
nkd	String
djelatnost	String
kapacitet	String
kapacitet_	String
nkd_opis	String
djelatno_1	String
naselje_og	Long integer

Feature class
reg_potv

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
naziv_oper	String
naziv_podr	String
adresa	String
zupanija	String
nkd	String
oznaka_pod	String
razred	String
broj_opasn	Long integer
ukupna_kol	Double
naselje_og	Long integer

Feature class
vel_nesr

Atribut	Tip podatka
OBJECTID	Object ID
Shape	Geometry
tvrtka	String
adresasjed	String
maticnibro	String
adresapost	String
lokacijaod	String
telefon	String
fax	String
email	String
zup_naziv	String
zup_siedis	String
og_naziv	String

Sveučilište u Zagrebu
RUDARSKO GEOLOŠKO NAFTNI FAKULTET

Diplomski rad

Shema hidrogeološke geoprostorne baze podataka zagrebačkog vodonosnika

Mentor: Doc.dr.sc. Dario Perković	**Izradio:** Jakov Grgas
Datum: Veljača, 2019.	**Prilog:** Br. 1