

Geoinformacijski sustavi u prijenosu i distribuciji električne energije

Geographic information systems in the transmission and distribution of electricity

T. Šmit*, H. Glavaš, S. Nikolovski

Elektrotehnički fakultet Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: smit@vip.hr

Sažetak

Zadatak rada je prikazati prednosti upotrebe GIS OpenSource alata na području prijenosa i distribucije električne energije. Upotrebom Java OpenStreetMap mapa i Kosmos alata za renderiranje mapa, na realnom primjeru nadzemnog zračnog voda izvršeno je mapiranje elemenata mreže. Pojedini elementi mreže uneseni su u OpenStreetMap editor gdje je izvršeno generiranja karte prilagođene za prikaz elektroenergetskog sustava. Navedeni alati mogu se primijeniti za sve oblike prostornih izazova prijenosa i distribucije energije i energenata kao što je i prirodni plin. Prikazan je i trenutni doseg primjene OpenSource GIS alata na području zemalja EU.

Ključne riječi: GIS, OpenSource, Java OpenStreetMap, Kosmos

Abstract

This paper aims to show the advantages of using Open Source GIS tools in the field of transmission and distribution of electricity. The practical example was conducted on mapping of electric air line and its network elements using the Java OpenStreetMap maps and Kosmos map rendering tools. Certain elements of the network have been entered into OpenStreetMap editor to generate customized maps to show the power system. These tools can be applied to all forms of transmission and distribution of energy including natural gas. The paper describes the current scope of application of OpenSource GIS tools in the EU.

Keywords: GIS, OpenSource, Java OpenStreetMap, Kosmos

1. Uvod

Geo Informacijski Sustav GIS je sustav koji objedinjuje bazu geografskih podataka i softvera za obradu i analizu tih istih podataka. Jedan od najbitnijih dijelova GIS sustava su sami geografski podaci i načini kako ih prikupiti. Napredak Global Positioning Sustava

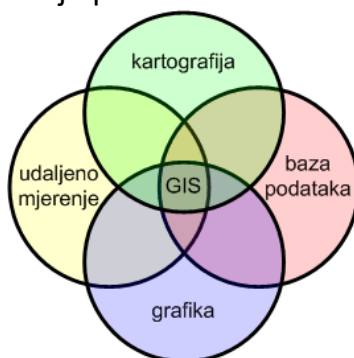
(GPS) u smislu performansi, veličine a ponajviše cijene, GPS sustavi brzo nalaze primjenu u industriji, a velikim djelom i u svakodnevnom život. Jedna od takvih primjena je GPS navigacija u prometu. Osobni GPS uređaji omogućuju nam slobodno prikupljanje geografskih podataka koji su nam potrebni za prostorno pozicioniranje, izrađivanje karata s nama zanimljivim entitetima.

Temelj ovog rada je Open Street Map projekt. Open Street Map, OSM, je projekt koji se zasniva na prikupljanju geo-podataka od strane korisnika, te njihovo besplatno korištenje u okvirima Creative Commons Attribution Share-Alike 2.0 licence. Snaga ovog projekta je u tome što svatko može biti korisnik i lektor. Veliki broj korisnika znači i veliku količinu podataka koja se može prikupiti i pregledati, tako da je osim količine osigurana i točnost. Sav softver koji će se koristiti u ovom radu spada u kategoriju Open Source softvera [1].

2. GIS i OpenSource software

2.1. GIS - Geographic Information System

GIS (geografski informacijski sustav) proizlazi iz aktivnosti na više tehničkih područja ljudske djelatnosti. Svoj razvoj počinje 1960-tih godina. Korijene GIS-a pronalazimo u digitalnoj kartografiji. Sam pojam se javlja s pojavom računala i baza podataka vezanih uz prostorne koordinate. Možemo reći da je GIS integrirani sustav sklopovlja, računalnih alata i korisničke programske podrške u svrhu skupljanja, organiziranja, rukovanja, analize, modeliranja i prikaza prostornih podataka s ciljem rješavanja složenih problema analize i planiranja. Zbog svoje složenosti teško je sveobuhvatno definirati GIS. G. Konecny [2] nudi najjednostavniju grafičku interpretaciju prikazanu slikom



Slika 1. Grafička interpretacija GIS-a

GIS (geografski informacijski sustav) možemo definirati kao sustav za prikupljanje, spremanje, provjeru, integraciju, upravljanje, analiziranje i prikaz podataka koji su prostorno povezani sa Zemljom. GIS je uspio objediniti ono što je najbolje iz dva nekada odvojena područja, kartografije i informatike. Karte same po sebi imaju funkciju čuvanja prostornih podataka, ne prikazuju samo površinu zemlje nego i bitne informacije vezane za taj prostor. Za razliku od baze podataka, karta odgovara na pitanje „Gdje?“ ali kada se



postavi pitanje „Što?“ nema pravog odgovora. Snaga GIS-a ovdje dolazi do izražaja. Dobro postavljen GIS može bez problema odgovoriti na dva pitanja: „Što?“ i „Gdje?“. Još važniji od ovih kratkih pitanja, koja su u biti na neki način i osnova GIS-a, je odgovor na malo kompleksnija pitanja „Što je gdje?“ i „Gdje je što?“.

„Prednosti GIS-a su brojne i mogu se podijeliti u tri osnovne kategorije:

- vizualizacija podataka,
- povezivanje geografskih i atributivnih obilježja,
- mogućnosti interdisciplinarnog odlučivanja.“ [4]

Karte u GIS-u su dinamičke tako da se sve promjene u bazi podataka odmah reflektiraju na izgled karte.

„Pitanja na koja se od GIS-a najčešće očekuje odgovor su slijedeća:

1. Lokacija: Što se nalazi na određenom mjestu?
2. Stanje: Gdje je...?
3. Trend: Što se promijenilo na određenom mjestu?
4. Putanja: Koji je najbolji (najkraći...) put do određenog mjesta?
5. Uzorak: Kakav je uzorak...?
6. Modeliranje: Što ako...?

Svaki od ovih tipova pitanja daje određeni tip odgovora koji može pomoći u donošenju odluka.“ [4]

2.1.1. Komponente GIS-a

GIS se sastoji od 4 komponente: hardvera, softvera, podataka i ljudi (stručnjaci).

Hardver – obuhvaća opremu potrebnu za podržavanje mnogih aktivnosti u GIS-u od prikupljanja podataka do njihove analize. To je prije svega računalo, ali i ostali uređaji za unos i prikazivanje podataka (skeneri, digitalizatori, ploteri i pisači, mrežni uređaji itd.).

Softver – funkcije i alati potrebni korisniku za stvaranje, mijenjanje, prikazivanje i analiziranje geografskih i atributnih podataka.

Podaci – spremljeni u bazama podataka. O njihovoj točnosti ovisi i točnost GIS-a. Pohranjuju se dvije vrste podataka: prostorni ili geografski podaci i atributni ili neprostorni podaci. Prostorni podaci daju geografski položaj u obliku skupa koordinata, a atributni podaci su opisni podaci koji nam daju određene informacije o geografskom položaju (npr. visina, temperatura, tip vegetacije itd.).

Ljudi – stručnjaci koji upravljaju sustavom, održavaju ga i donose odluke koje koriste u stvarnom svijetu.

Sve četiri komponente su jednako bitne i nedostatkom bilo koje od njih GIS sustav ne može funkcionirati. GIS neko područje prikazuje pomoću skupa slojeva. Svaki sloj sadrži neke određene informacije iz stvarnog svijeta kao npr. sloj koji sadrži topologiju, sloj koji



opisuje tlo na, sloj koji prezentira iskorištenje zemljišta, sloj na kojem je prikazana infrastruktura itd., [5][6][7][8].

2.2. Open Source Software

Od samog početka razvoja softvera postoji i ideja o slobodnom softveru. Open Source („otvoreni izvorni kod“) je vrsta licence ili računalnog programa čiji se kod smije modificirati i koristiti u privatne i komercijalne svrhe. Autori Open Source softvera izvorni kod svog programa javno daju na korištenje drugim programerima.

GNU [www.gnu.org] [12] projekt Open Source software-a zasniva se na ove četiri slobode:

0. sloboda: Sloboda pokretanja programa za bilo koju svrhu.
1. sloboda: Sloboda da se uči kako program radi i prilagodi svojim potrebama.
2. sloboda: Sloboda za ponovnu distribuciju kopija.
3. sloboda: Sloboda da se program poboljša, i proslijedi to poboljšanje javnosti, tako da cijela zajednica ima koristi.

Moramo imati na umu da je zapravo riječ o slobodama vezanima uz softver, a ne o njegovoj cijeni.

2.3. OpenStreetMap

2.3.1. Osnovna zamisao OpenStreetMap projekta

Geografski podaci nisu besplatni u mnogim dijelovima svijeta, mapiranje provode razne državne ustanove i ti podaci kasnije obično nisu besplatno dostupni.

Razvojem tehnologija poput GPS-a i mogućnošću vrlo jeftinog korištenja otvorila su se široka vrata za kreiranje vlastitih karata [9]. Vi kao vlasnik karte možete s njom raditi što želite i dati ju na besplatno korištenje kome želite (recimo svakome). Kada se takva zamisao raspodijeli na široki krug ljudi koji žive u svim dijelovima svijeta tada dobijemo ogromnu mašineriju za globalno kartiranje. Svaki pojedinac stručnjak je za područje u kojem živi i on će ga najbolje opisati i prenijeti u kartografski oblik sa svim objektima koje želi opisati. Takve pojedinačne karte se dodaju u jednu globalnu kartu koja je svima besplatna za korištenje.

2.3.2. Preciznost OpenStreetMap projekta

Po samom ustrojstvu prikupljanja podataka nema nikakve garancije da su podaci točni. Slično pitanje se pojavilo prilikom pokretanja projekta web enciklopedije „Wikipedija“, nitko nije mogao garantirati točnost podataka pošto podatke uređuje veliki broj korisnika. Ubrzo se pokazalo da je samo ustrojstvo takve enciklopedije gdje je svaki korisnik autor ujedno i lektor tako da ako se i pojavi neki netočan podatak ostalih 99.9% autora/lektora može to provjeriti i ispraviti.



Svako uređivanje članaka u Wikipediji je evidentirano pojedinačno za svakog korisnika tako da je moguće ući u trag zlonamjernom prepravljaju podataka.

Upravo se ove stvari odnose i na OpenStreetMap projekt, svaki uneseni podatak od strane jednog korisnika provjerava se prije ili kasnije od strane ostalih i nadopunjuje ili ispravlja u slučaju da je nepotpun ili netočan. Također postoje log-ovi promjena za svakog pojedinog korisnika i „trule jabuke“ se vrlo brzo izbace iz košare.

2.3.3. Izvori podataka

Najveća snaga ovog projekta je da svaki autor korisnik najbolje poznaje svoju okolinu i da ju on najbolje može kartirati sa svim potrebnim objektima koji su njemu u tom trenutku od interesa. Glavni cilj projekta je proširiti pokrivenost bez kopiranja, precrtavanja ili bilo kojeg drugog korištenja postojećih podataka.

Dakako moguće je korištenje postojećih karata i geo-podataka ali samo uz izričitu dozvolu autora karte ili snimaka. Neki od donatora geo-podataka su TIGER DATA iz SAD-a, AND DATA iz Nizozemske, GeoBase iz Kanadske Vlade... Svi ovi podaci moraju dolaziti iz javne domene ili imati otvorenu licencu koja treba biti kompatibilna sa licencom o korištenju podataka OpenStreetMap License.

Glavni izvor podataka su korisnici, autori/lektori (kako smo ih nazvali u Wikipedija projektu). Već smo prije u ovom radu rekli kako je GPS tehnologija napredovala u samom tehnološkom smislu, a što je najvažnije za nas, i u pogledu dostupnosti same tehnologije običnom čovjeku (cijena, jednostavnost rukovanja...).

2.3.4. Uređivanje podataka

Za uređivanje podataka potrebno nam je računalo sa Internet preglednikom koji ima „flash“ mogućnost te onda koristimo online uređivač podataka „Potlach“. Postoje i offline uređivači karata, kao samostalne aplikacije kao što su JOSM (Java OpenStreetMap), Quantum Gis – gis aplikacija sa OSM plugin-om.

Kada se podaci unesu u bazu podataka tada im je još potrebno dodijeliti i atribut. Podaci koji se unose svode se na dva tipa: točka i linija. Linije se koriste za označavanje cesta, željezničkih pruga, vodotokova, granica neke površine, bridova objekata... Takvim linijama se dodjeljuje meta oznaka koja joj određuje njenu reprezentaciju. Osim glavne oznake za liniju postoje i dodatne oznake poput oznake za jednosmjerni promet i slično.

2.3.5. Prikazivanje podataka

Prikazivanje podataka u projektu OpenStreetMap moguće je na više načina. Najčešći prikaz podataka je karta čiji prikaz je moguće prilagoditi prema vlastitoj potrebi. Sa istom bazom podataka, skupom podataka, moguće je napraviti različite prikaze tako što odabiremo koji objekti i u kojem stilu će biti prikazani ovisno o namjeni (turističke ,



biciklističke, planinarske...). Ovisno o mediju, karte mogu biti interaktivne Internet karte, otiskane na papiru ili statične digitalne karte.

2.3.6. OpenStreetMap licenca i budućnost projekta

Svi OpenStreetMap podaci dostupni su pod Creative Commons Attribution Share-Alike 2.0 licencom.

Jedna od ponajboljih strana ovog projekta sigurno je ažurnost geo-podataka koje korisnici unose prateći promjene nastale pod utjecajem svakodnevnog prostornog širenja i uređenja. Također veliki je doprinos i popularizacije kartografije širokom krugu korisnika koji nisu strukom vezani uz ovu disciplinu. Manipuliranje podacima na slobodan način ponekad dovodi i do netočnih i neprovjerenih podataka koji se nađu u bazi podataka. Ovaj nedostatak se vrlo brzo rješava međusobnom suradnjom članova koji nadopunjavaju podatke i vrše ispravke koji su uvijek prisutni u maloj mjeri.

Možemo reći da je budućnost ovog projekta osigurana, ponajviše zbog besplatne dostupnosti svih podataka, konstantnom napredovanju tehnologije, njegove primjene i ogromnoj količini autora/urednika i korisnika podataka.

3. JAVA OpenStreetMap Editor

JOSM [14] je skraćenica od „JAVA OpenStreetMap Editor“, to je desktop aplikacija za unošenje, uređivanje i „upload“ geo-podataka na OSM server. JOSM aplikaciju je kreirao Immanuel Scholz a trenutno je održava Dirk Stöcker.

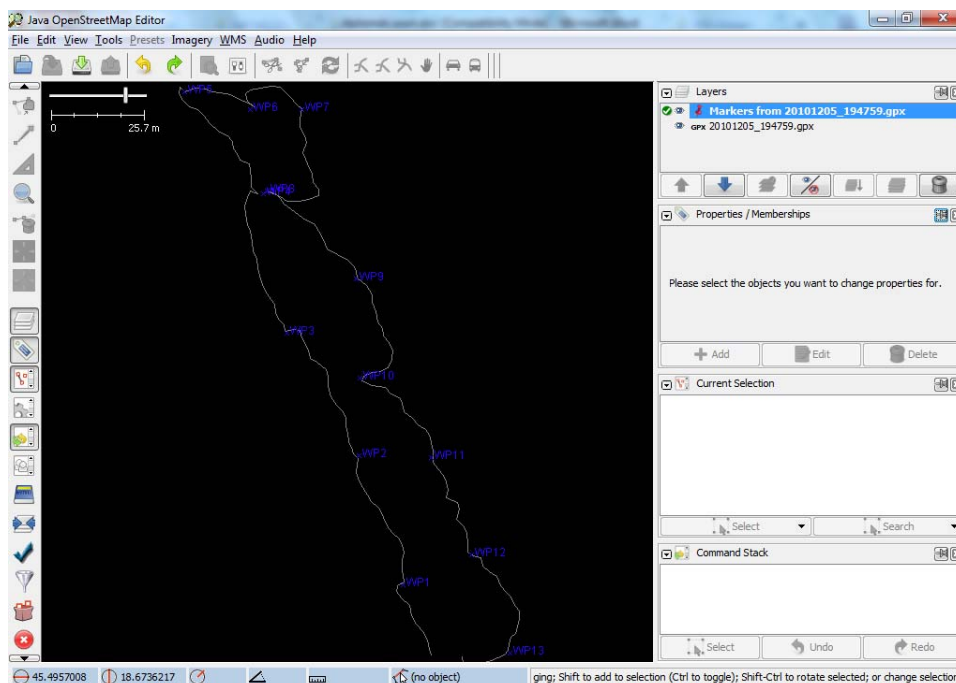
3.1. Pokretanje JAVA OpenStreetMap editora

Instalacijsku proceduru može se pokrenuti s adrese:

<http://josm.openstreetmap.de/download/josm.jnlp> ili se mogu skinuti instalacijske datoteke s adrese: <http://josm.openstreetmap.de/download/> Osim instalacije samog programa potrebna je i java platforma za izvođenje same aplikacije.

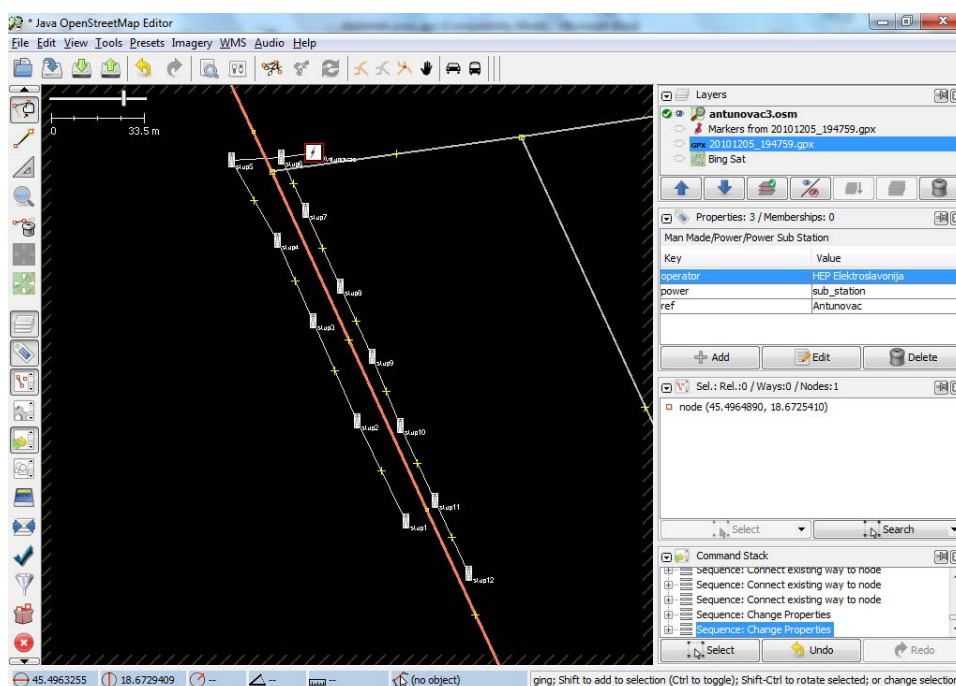
Za otvaranje .gpx datoteke koristimo prvu ikonicu ispod trake izbornika ili izaberemo u izborniku: „File > Open“. Odabiremo željenu .gpx datoteku.

Na slici 2, plavom bojom i oznakama WPxx su označeni objekti, u ovom slučaju trafostanica i betonski stupovi distributivne električne mreže napona 0,4 kV. Osim objekata označen je i trag kojim smo se kretali prilikom kartiranja. Ovaj trag nam i nije toliko bitan za označavanje objekata, ali nam može pomoći kod prepoznavanja objekata u odnosu na putanju kojom smo se kretali.



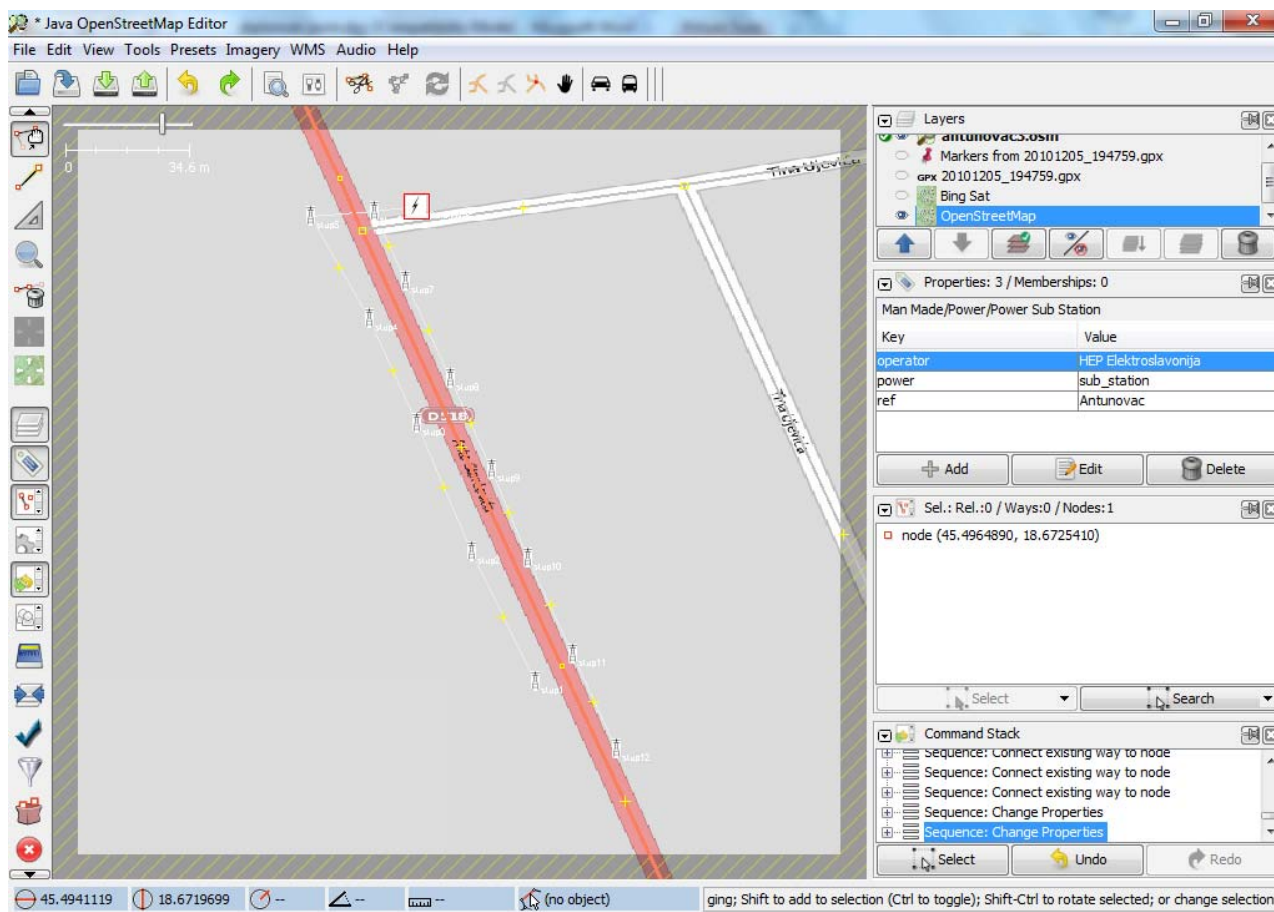
Slika 2. Izgled aplikacije JOSM sa učitanim GPX podacima

Osim stupova dodana je i trafostanica koja je isto točkasti objekt ali sa drugačijim atributima koji su vidljivi na slici 3. Da bi slika bila zornije prikazana ostavljen je vidljiv samo sloj sa OSM podacima.



Slika 3. Izgled karte sa svim ucrtanim OSM podacima

Osim podloge sa satelitskom snimkom možemo dodati i podlogu sa renderiranim OSM podacima. Ovaj sloj ništa ne znači za unesene OSM podatke, isto kao i sloj satelitskog snimka, osim što nam može pomoći lakšem smještanju objekata na kartu.



Slika 4. Izgled karte sa svim objektima kada se aktivira podloga „OpenStreetMap“

Preostaje nam još jedino spremiti .osm datoteku koju smo kreirali i ako želimo „uploadati“ nove podatke na OSM server. Spremanje vršimo odabirom izbornika: „File > Save As“, te odaberemo ime pod kojim želimo spremiti datoteku. Podatke „uploadamo“ na server također odabirom izbornika: „File > Upload Data“.

3.2. Kosmos

Zbog velike količine podataka koji su uneseni na OpenStreetMap karte, ponekad nam nije povoljno da svi podaci na određenom mjestu budu prikazani. Najveći razlog tomu je što takva karta bude pretrpana mnoštvom informacija koje su tamo prikazane na određenoj razini mjerila. Da bi riješili ovaj problem koristimo jedan poseban programski alat za renderiranje (prikazivanje) OSM karata. Program koji ćemo koristiti za tu namjenu je



„Kosmos“, kojeg je razvio Igor Brejc, [15], [16]. Program je besplatan za korištenje te ga je moguće skinuti sa slijedeće Internet adrese: <http://igorbrejc.net/kosmoshome>.

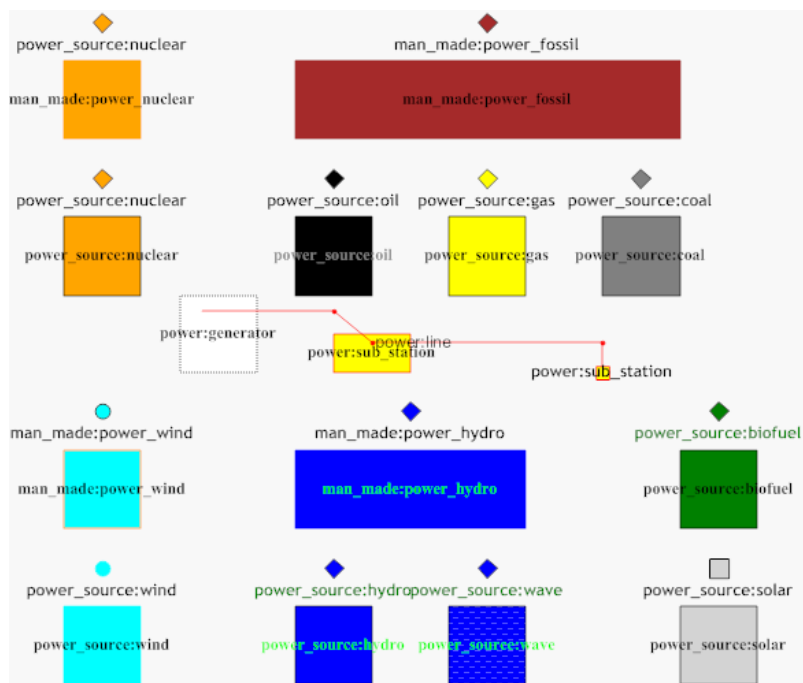
Kosmos je alat za renderiranje (prikazivanje) OSM mapa. Takve mape onda možemo snimiti u slikovnu datoteku, te ju prilagoditi za ispis. Osim lokalnog snimanja karata možemo ga koristiti i za kreiranje lokalnog „tile map“ servera. Prednost ovog programa je kreiranje pravila renderiranja karata. Ova pravila govore koji će se objekti iscrtavati na karti i na kojoj veličini mjerila. Upravo s ovim pravilima eliminiramo prikaz suvišnih podataka na karti, te osiguravamo zorno prikazivanje entiteta koji su nam potrebni. Pravila za renderiranje se mogu kreirati po volji ili se mogu koristiti već postojeća koja su kreirali OSM korisnici. Popis pravila za renderiranje karata možemo pronaći na Internet adresi: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Category:Kosmos_rules.

Pravilo koje nas zanima je „Kosmos Power Rules“ i nalazi se na adresi: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Kosmos_Power_Rules. Ovo pravilo je prilagođeno prikazu električne mreže prijenosa i distribucije.

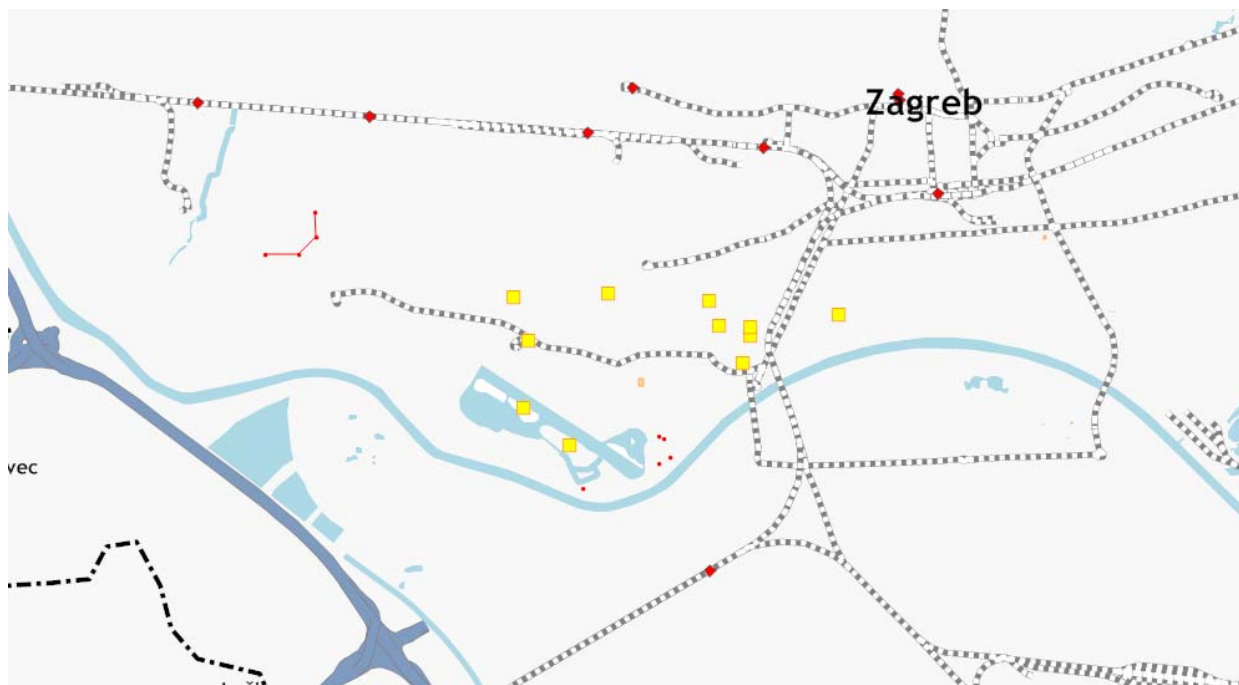
3.2.1. Primjena Kosmos-a u opisu elektroenergetskog sustava

Već prije smo spomenuli snagu OpenStreetMap projekta i njegovu globalnu rasprostranjenost, te veliku količinu raznovrsnih entiteta unesenih u karte pojedinih država. Nažalost ovo se ne može reći da je slučaj i sa elektroenergetskim sustavima. Kao primjer za područja sa malom količinom podataka u smislu energetike možemo navesti Hrvatsku. Kod nas je kartirana tek mala količina podataka u vidu nekoliko manjih trafostanica, stupova električne mreže nižeg napona te koji vod.

Kao primjer područja s iznimno velikom količinom unesenih podataka koji opisuju elektroenergetski sustav svakako je Njemačka. Iako veliku pokrivenost karte Njemačke podacima EES-a možemo pripisati i većem broju stanovnika, a time i većem broju članova OpenStreetMap projekta, zasluge za veliki dio ovog dijela kartiranja mogu se pripisati pojedincima. Upravo su ovi pojedinci i entuzijasti kreirali posebna pravila za Kosmos pomoću kojeg smo prikazali entitete bitne za kartu elektroenergetskog sustava. Bez ovih pravila nama bitni podaci ne bi mogli biti ispravno prikazani i izgubili bi se u mnoštvu drugih podataka koji nama nisu važni za ovaj rad.



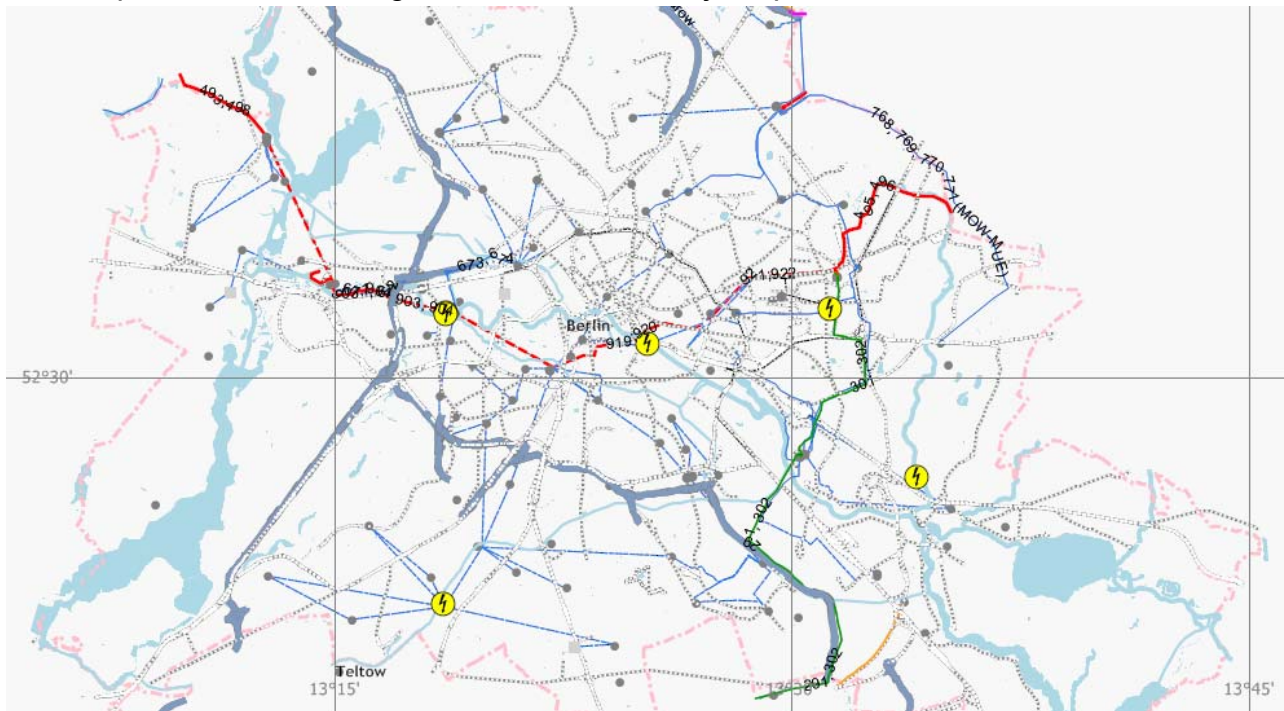
Slika 5. Legenda za pravila http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Kosmos_Power_Rules korištena za renderiranje karte prikazane slikom 6.



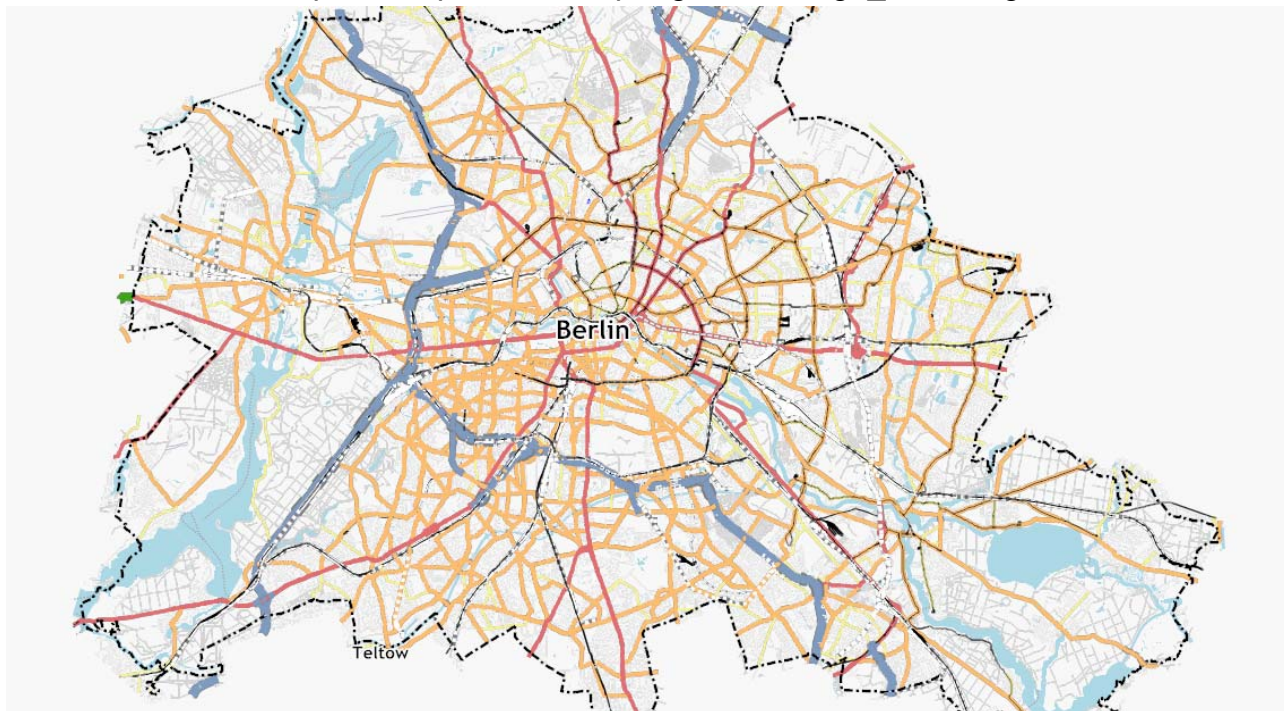
Slika 6. Dio karte Zagreba renderirana Kosmos pravilom: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Kosmos_Power_Rules

3.2.2. Prikaz elektroenergetskog sustava Njemačke

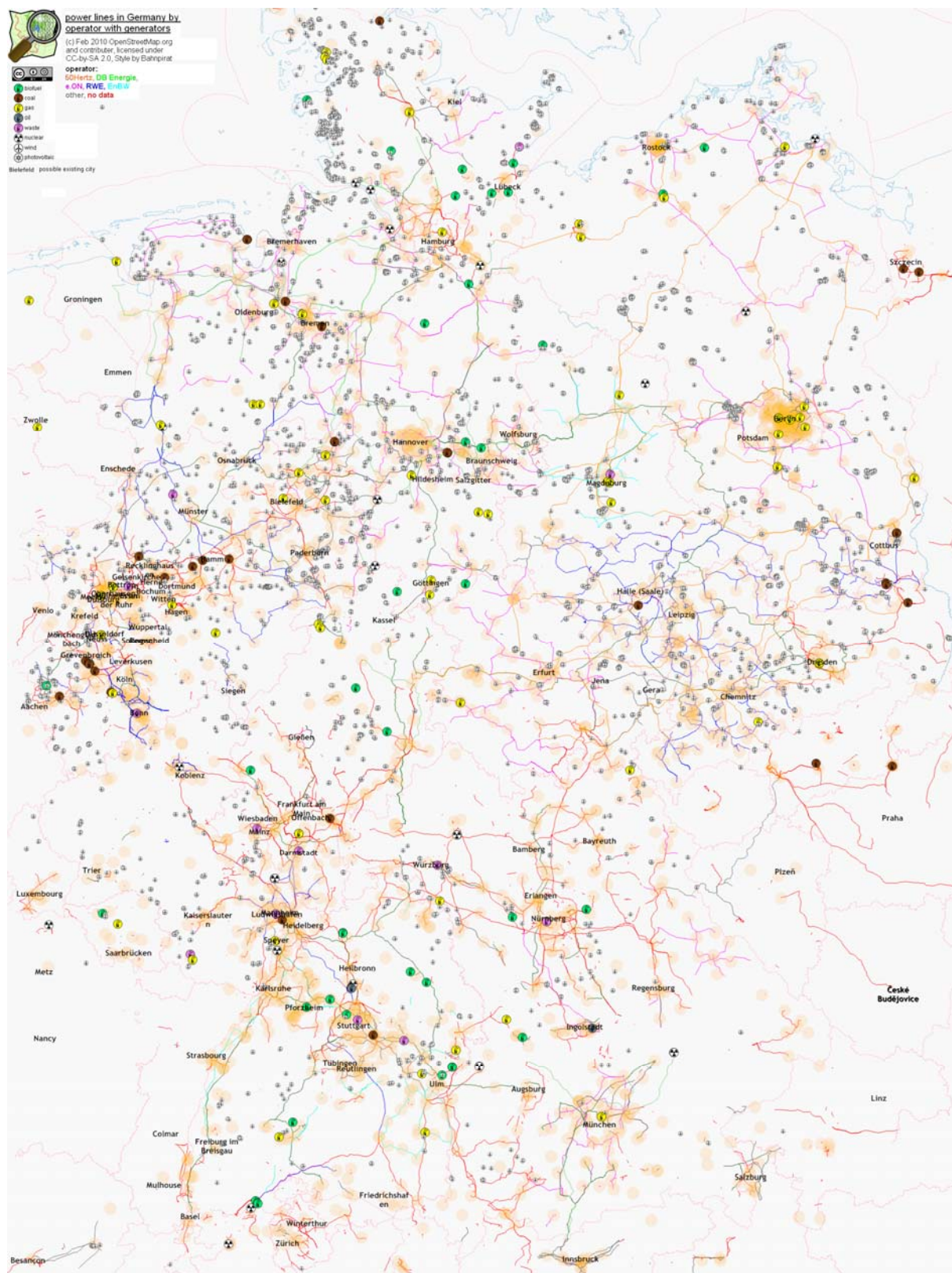
Kao što smo već prije spomenuli, Njemačka je iznimno dobro pokrivena podacima EES-a, te iz tih podataka možemo generirati veoma detaljne i precizne karte.



Slika 7. Karta Berlina renderirana pravilom:
http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Voltage_rendering



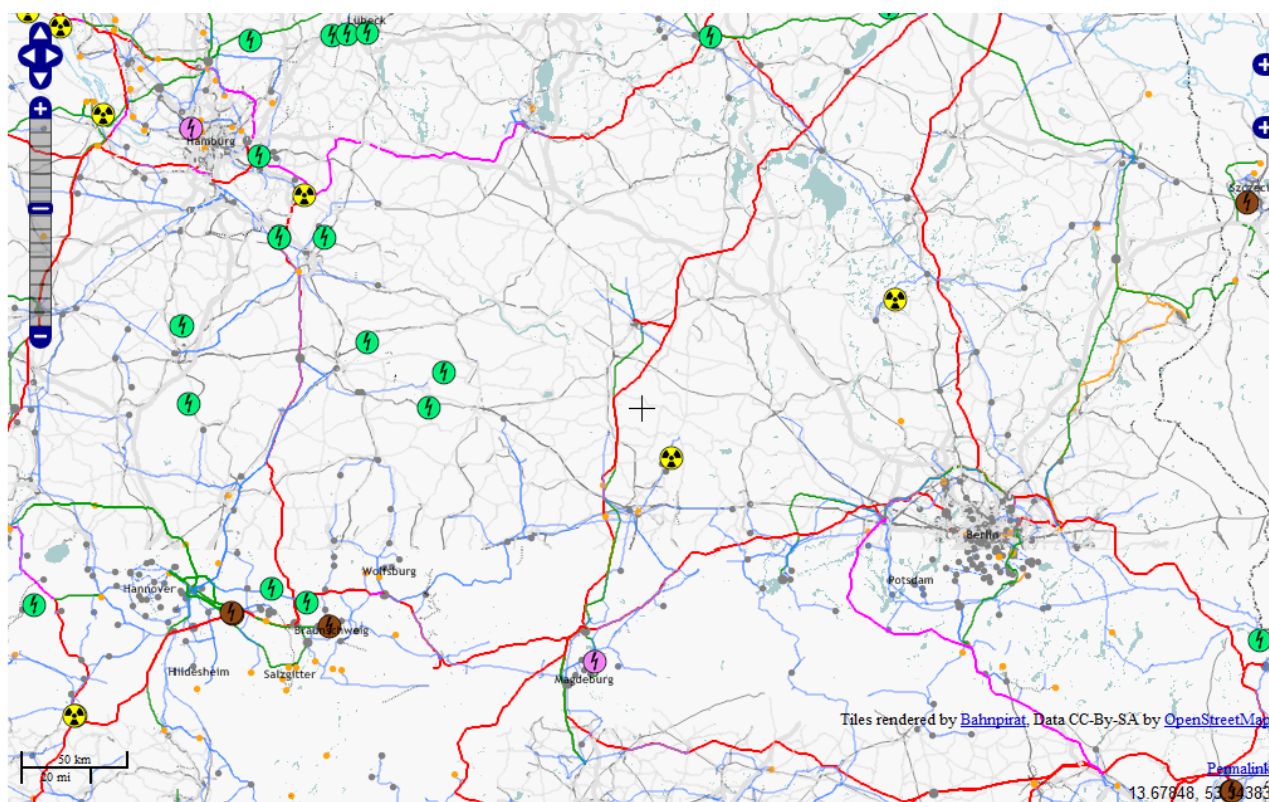
Slika 8. Karta Berlina bez učitanih Kosmos pravila,
 prikazani su svi OpenStreetMap podaci



Slika 9. Karta Njemačke, pravila:
http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Kosmos_Power_Rules

Podaci EES-a koji su uneseni u kartu njemačke generalno se mogu pregledati na adresi: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/WikiProject_Power_networks/Germany. Na samom vrhu ove stranice preporuča se upravo Kosmos aplikacija i pravila za renderiranje karata koja su korištena u ovom radu (Kosmos Power Rules).

Osim karata koje je moguće renderirati pomoću Kosmos pravila i OpenStreetMap podataka skinutih na računalo, moguće je postaviti i „tile serever“ poslužitelj koji na sebi ima pohranjene već renderirane segmente cijele karte za svako pojedino mjerilo. Za renderiranje karte cijele Njemačke, u prvom načinu rada, bilo bi potrebno računalo iznimno visokih performansi zbog enormno velike količine OSM podataka. Ovdje dolazi do izražaja „tile server“ tako da tu istu kartu možemo pregledavati na računalu znatno slabijih performansi (dovoljno je da se može pokrenuti Internet preglednik). Jedan od takvih primjera je i stranica <http://energy.freelayer.net/> koja sadrži kartu Njemačke i nekih susjednih država. Osim pregleda elektroenergetskih entiteta možemo odabrati i prikaz karte renderirane drugim pravilima. To se odabire aktiviranjem izbornika koji se nalazi pri vrhu na desnoj strani karte. Osim izbornika renderiranja postoji i detaljna legenda koje se odnosi na pravila renderiranja.



Slika 10. Karta elektroenergetskog sustava Njemačke, okolica Berlina,
<http://energy.freelayer.net/>



4. Zaključak

Open Source aplikacije za razliku od vlasničkih GIS aplikacija mogu se besplatno preuzeti, koristiti i dalje distribuirati što im daje veliku prednost. Naime, Open Source aplikacije su cijenom mnogo pristupačnije (često i besplatne) od istovrsnih vlasničkih aplikacija. Različite institucije, tvrtke pa i obični korisnici troše značajna financijska sredstva na programske pakete (do nekoliko tisuća kuna po jednom računalu). Mnoge od tih aplikacija se mogu zamijeniti besplatnim ili vrlo jeftinim Open Source aplikacijama što uvelike smanjuje troškove rada.

OpenStreetMap projekt jedan je od mlađih projekata koji obuhvaća jako veliku količinu geo-podatka. Njegove komparativna prednosti je globalni razmjeri prisutnosti i sloboda pristupa projektu tj. svatko može postati član ovog projekta. Upravo je to njegova snaga, velika brojnost njegovih članova koji su ujedno prikupljači i uređivači geo-podataka. Broj članova raste iz dana u dan, a time i brzina porasta prikupljanja geo-podataka te njihovo objavljivanje u OpenStreetMap projektu.

Aplikacije korištene u ovom radu su iznimno jednostavne za korištenje, bez obzira na kompleksnost podatka koji se unose i dalje obrađuju. JAVA OpenStreetMap editor aplikacija je koja se redovito unapređuje i dorađuje, tako da za sada ima osiguranu budućnost u svojoj primjeni. Kosmos aplikacija korištena za renderiranje karata pomoću posebnih pravila, alat je koji OpenStreetMap kartama daje posve drugu dimenziju tj. prilagođava izgled same karte različitim namjenama. Upravo je taj alat omogućio primjenu OpenStreetMap projekta na elektroenergetske sustave.

Autor Kosmos aplikacije se usmjerio na novu, napredniju i fleksibilniju aplikaciju Maperitive koja je nasljednik Kosmosa. Maperitive je također moguće besplatno preuzeti. Aplikacija je još u razvoju tako da još ne postoji finalna verzija. Iako još u razvoju već postoje primjene na elektroenergetske sustave.

Primjena OpenStreetMap projekta na elektroenergetske sustave najbolje je vidljiva na primjeru Njemačke i mislimo da bi se vrlo dobro mogla primijeniti i na području Republike Hrvatske. S obzirom na količinu podataka koji su trenutno raspoloživi na našem području, potrebno je još dosta rada, ali to nije neizvedivo budući da se i sam OpenStreetMap projekt temeljni na brojnosti njegovih korisnika.



5. Literatura

- [1] G. E. Sherman, Desktop GIS Mapping the Planet with Open Source Tools, The Pragmatic Bookshelf, Raleigh, North Carolina Dallas, Texas , 2008.
- [2] Gottfried Konecny, Geoinformation Remote sensing, photogrammetry and geographic information systems, Taylor & Francis, London 2003.
- [3] F. Jović, I. Flegar, N. Slavek; Modeliranje tehničkih procesa, ETFOS, Osijek, 2006.
- [4] M. Kukrika; Geografski informacioni sistemi; Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu, Pančevo, 2000.
- [5] P.A. Borrough, R.A. McDonnel; Principi geografskih informacionih sistema, drugo izdanje, Prostorni informacioni sistemi i geostatika; Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2006.
- [6] D. Tutić, N. Vučetić, M. Lapaine; Uvod u GIS; Geodetski fakultet u Zagrebu, Zagreb, 2002.
- [7] Hrvoje Glavaš, Modeliranje GIS-om opisanog energetskog potencijala biomase, Elektrotehnički fakultet Osijek, 2010.
- [8] David L. Verbyla, Practical GIS Analysis, Taylor&Francis, London, 2002.
- [9] V. Turkovic, M. Micunovic, H. Glavas: "Slobodno mapiranje u cestovnom prometu", KOREMA, 29 th Conference on Transportation Systems with International Participation 11–14.11.2009. Zagreb, Ploce-Croatia /Sarajevo-Bosnia and Herzegovina
- [10] Encyclopedia of GIS, (Eds.)Shashi Shekar, Hui Xiong, SpringerScience+Business Media, LLC. 2008
- [11] Historical Gis, Technologies, Methodologies and Scholarship,EdS. Ian N. Gregory, Paul S. Ell, Cambridge University Press, 2007.
- [12] <http://www.gnu.org>
- [13] <http://www.bing.com/maps/>
- [14] <http://josm.openstreetmap.de>
- [15] <http://igorbrejc.net>
- [16] <http://igorbrejc.net/kosmoshome>
- [17] <http://wiki.openstreetmap.org>
- [18] http://wiki.openstreetmap.org/wiki/WikiProject_Power_networks
- [19] <http://energy.freelayer.net>