

Nikola Bogunović
HEP ODS d.o.o., Elektroprimorje Rijeka
nikola.bogunovic@hep.hr

POVEZIVANJE GEOGRAFSKOG INFORMACIJSKOG SUSTAVA ELEKTROPRIMORJA RIJEKA S BAZOM PODATAKA O KORISNICIMA ELEKTROENERGETSKE MREŽE

SAŽETAK

Donošenjem novih *Općih uvjeta za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom* HEP Operator distribucijskog sustava dobio je znatno veće obveze prema korisnicima mreže, opskrbljivačima i Hrvatskoj energetske regulatornoj agenciji. Kako bi se što brže osigurali preduvjeti za ispunjavanje navedenih obaveza, u HEP ODS-u je razvijena aplikacija *Informator*.

Referat opisuje postupak pripreme ulaznih podataka za *Informator* u distribucijskom području Elektroprimorje Rijeka, u sklopu kojeg je ostvareno i povezivanje geografskog informacijskog sustava Elektroprimorja s bazom korisnika elektroenergetske mreže.

Ključne riječi: geografski informacijski sustav, baza podataka o korisnicima elektroenergetske mreže, povezivanje, geokodiranje

CONNECTING THE GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM OF ELEKTROPRIMORJE RIJEKA TO THE ELECTRICITY NETWORK USERS DATABASE

SUMMARY

The new *General Terms for Using the Electricity Network and Supplying the Electricity* has imposed significantly greater responsibilities regarding electricity network users, electricity suppliers and Croatian Energy Regulatory Agency to HEP – Distribution System Operator Ltd. In order to ensure the preconditions for fulfilling these obligations as quickly as possible, HEP DSO Ltd. has developed *Informer* application.

The paper describes the procedure for preparing the input data for *Informer* application in the distribution area of Elektroprimorje Rijeka. During the data preparation, the connection between the geographic information system of Elektroprimorje and the electricity network users database was also realized.

Key words: geographic information system, electricity network users database, connecting, geocoding

1. UVOD

Donošenjem novih Općih uvjeta za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom, HEP Operator distribucijskog sustava d.o.o. dobio je znatno veće obveze prema korisnicima mreže, opskrbljivačima i Hrvatskoj energetske regulatornoj agenciji. Kako bi se što brže pripremili podaci potrebni za efikasno ostvarivanje navedenih obveza, u HEP ODS-u je razvijena aplikacija Informator. Ovisno o zatečenom stanju baza podataka, u svakom distribucijskom području koriste se specifične metode kojima se prikupljaju i unose potrebne informacije.

Budući da je u geografskom informacijskom sustavu Elektroprimorja u cijelosti unesena niskonaponska elektroenergetska mreža, navedene obveze iskorištene su kako bi se ubrzale ranije planirane aktivnosti na povezivanju geografskog informacijskog sustava s bazom podataka o korisnicima elektroenergetske mreže. Referat obrađuje metode i alate koji su korišteni kako bi se ostvarilo navedeno povezivanje baza podataka, a koji se mogu iskoristiti i u drugim distribucijskim područjima, nakon što se dovrši projekt snimanja i unosa podataka o niskonaponskim elektroenergetskim mrežama u cijelom HEP ODS-u.

2. IZVORI PODATAKA ZA POVEZIVANJE SUSTAVA

Zbog izrazito kratkih rokova predviđenih za pripremu ulaznih podataka za aplikaciju *Informator* te nemogućnosti organiziranja terenskog prikupljanja potrebnih informacija uslijed nepovoljnih vremenskih uvjeta (zimski period), donesena je odluka o sređivanju i uparivanju podataka između postojećih informacijskih sustava u Elektroprimorju Rijeka te o pripremi ulaznih podataka za *Informator* na temelju tako sređenih baza podataka.

Podaci o korisnicima elektroenergetske mreže dostupni su kroz aplikaciju *Billing*, a podaci o elektroenergetskoj mreži kroz geografski informacijski sustav. Budući da su tijekom terenskog prikupljanja podataka o niskonaponskim elektroenergetskim mrežama u nadležnosti Elektroprimorja prikupljeni i podaci o adresama zgrada na području pojedinačnih elektroenergetskih mreža, adresni sustav u geografskom informacijskom sustavu bio je dovoljno kvalitetan za uparivanje podataka sa informacijskim sustavom *Billing*.

Nažalost, prilikom unosa podataka o korisnicima elektroenergetske mreže te o niskonaponskim elektroenergetskim mrežama nije se vodilo računa o ujednačenom šifarniku ulica, tako da su se s vremenom pojavile značajne razlike između korištenih šifri i naziva ulica između dva navedena sustava.

Osim navedenih razlika u nazivima ulica, u sustavu *Billing* u vrijeme unosa podataka o korisnicima mreže nije bio poznat točan kućni broj obračunskog mjernog mjesta pa je umjesto njega unesen susjedni broj ili oznaka BB (bez broja). Istovremeno, kod prikupljanja podataka o niskonaponskim elektroenergetskim mrežama nisu prikupljene sve adrese priključenih objekata.

Kako bi se uspješno pripremili i podaci o onim obračunskim mjernim mjestima koja se ne mogu povezati preko adrese upisane u GIS-u i *Billingu*, iskorištene su i lokacije zabilježene kroz ručne terminale prilikom redovnog očitavanja brojila. Naravno, niti ti podaci nisu u potpunosti točni zbog pogrešaka koje nastaju uslijed nepreciznosti GPS uređaja te uslijed mogućnosti unosa prikupljenih podataka o očitavanju na lokacijama koje su udaljene od stvarnog mjesta očitavanja.

3. POSTUPAK PRIPREME PODATAKA

Kod pripreme podataka za unos u aplikaciju *Informator* vodilo se računa o sljedećim bitnim činjenicama:

- aplikacija *Informator* predstavlja samo prijelazno rješenje za obavještanje korisnika mreže o planiranim prekidima te za dobivanje podataka o broju i trajanju prekida kod isporuke električne energije korisnicima
- nakon dovršetka projekta snimanja i unosa podataka o niskonaponskim elektroenergetskim mrežama u cijelom HEP ODS-u te planiranog preuzimanja adresnog

sustava od Državne geodetske uprave, sve potrebne informacije trebale bi biti dostupne kroz geografski informacijski sustav

- za svako obračunsko mjerno mjesto, uz podatak o transformatorskoj stanici i niskonaponskom izvodu preko kojeg se ono opskrbljuje električnom energijom, mora biti dostupna i informacija o stupnju pouzdanosti navedenih informacija, kako bi se kod naknadne terenske provjere najprije obišla ona obračunska mjerna mjesta za koja je pouzdanost podataka niža

Cijeli postupak pripreme podataka za unos u *Informator* može se sažeti u tri faze:

1. uparivanje ulica između geografskog informacijskog sustava i sustava *Billing*
2. uparivanje adresa između geografskog informacijskog sustava i sustava *Billing*, kako bi se dobile lokacije pojedinačnih obračunskih mjernih mjesta u prostoru
3. povezivanje lokacija obračunskih mjernih mjesta s prostornim položajem niskonaponske elektroenergetske mreže, kako bi se dobili podaci o niskonaponskim izvodima transformatorskih stanica koji opskrbljuju pojedinačna obračunska mjerna mjesta

3.1. FAZA 1: Uparivanje ulica između GIS-a i Billinga

U ovoj fazi pripreme podataka iz GIS-a i *Bilinga* preuzeti su svi različiti nazivi mjesta i ulica koji se pojavljuju u tim bazama te su im dodijeljeni jedinstveni identifikatori temeljem kojih je obavljeno uparivanje. Za analizu i usporedbu podataka o ulicama korištena je besplatna baza podataka otvorenog koda *PostgreSQL*, među čijim su ekstenzijama dostupne i funkcije za uparivanje nizova znakova na temelju njihove sličnosti.

Ekstenzije baze podataka *PostgreSQL* korištene za pripremu podataka za *Informator* obuhvaćaju:

1. *fuzzystrmatch* – sadrži funkcije za usporedbu nizova znakova na temelju Levenshteinove udaljenosti (najmanji broj promjena koje je potrebno izvršiti nad jednim nizom znakova kako bi se on pretvorio u drugi)
2. *pg_trgm* – sadrži funkcije za usporedbu nizova znakova temeljene na broju zajedničkih trigrama (grupa od tri uzastopna znaka koji se pojavljuju u nizovima znakova)
3. *unaccent* – sadrži funkcije za provjeru istovjetnosti nizova znakova uz zanemarivanje dijakritičkih simbola

Inicijalno povezivanje obavljeno je automatski, na temelju SQL upita koji pronalazi identične nazive mjesta i ulica u obje baze, uz zanemarivanje dijakritičkih simbola. Takvim povezivanjem uparene su ukupno 1.734 od 4.186 ulica koje su upisane u *Bilingu* (cca. 41%) i označene su klasom točnosti I.

U drugom koraku povezane su ulice kojima je pogrešno upisano mjesto. Pronađene su sve ulice identičnih naziva bez obzira na lokalnu jedinicu kojoj pripadaju, a zatim su pojedinačnim pregledavanjem mogućih veza ručno uparene one koje su prepoznate kao identične.

Treći korak obuhvaćao je povezivanje ulica na temelju sličnosti njihovog naziva. Za procjenu sličnosti naziva među ulicama korištene su ekstenzije *PostgreSQL* baze podataka *fuzzystrmatch* i *pg_trgm*. Za svaki mogući par ulica iz sustava GIS i *Biling* generirana je procjena sličnosti njihovih naziva temeljena na težinskoj funkciji koja uzima u obzir Levenshteinovu udaljenost i broj zajedničkih trigrama. Sve ulice za koje je utvrđena sličnost veća od zadanog praga pojedinačno su pregledane, a one koje su prepoznate kao identične su nakon toga ručno uparene.

Sljedeća tablica prikazuje nekoliko primjera naziva ulica u GIS-u i *Bilingu* koje SQL upit temeljen na ispravno definiranoj težinskoj funkciji za utvrđivanje sličnosti može automatski prepoznati kao identične:

Tablica I. Primjeri automatskog uparivanja naziva ulica na temelju sličnosti

ID1	MJESTO1	NAZIV1	ID2	MJESTO2	NAZIV2
6866	OPATIJA	ST. R. KATALINIČA JERETOVA	4154	OPATIJA	STUBIŠTE RIKARDA KATALINIČA JERETOVA
6868	OPATIJA	STUBE BARELINE	4149	OPATIJA	STUBIŠTE BARELINE
6873	OPATIJA	STUBIŠTE ADELINE DEL MESTRI	4147	OPATIJA	STUBIŠTE ADELINE MESTRI
6887	OPATIJA	SVETI FLORIJAN	4158	OPATIJA	SVETOG FLORIJANA
6910	PINEZIĆI	CENTAR	4276	PINEZIĆI	PINEZIĆI CENTAR
6914	PINEZIĆI	KUĆINE	4272	PINEZIĆI	KUĆINA
6922	PINEZIĆI	PUT SVETE FUSKE	4278	PINEZIĆI	PUT SV. FUSKE
7123	RAB	TRG MUNICIPIUM ARBA A.D.X.A.C.	4408	RAB	TRG MUNICIPIUM ARBA
7128	RAB	ULICA KNEZA TRPIMIRA	4398	RAB	KNEZA TRPIMIRA
7836	RIJEKA	1. MAJA	4823	RIJEKA	PRVOG MAJA

U drugom i trećem koraku upareno je ukupno 1.012 ulica (cca. 24%). Preostale ulice upisane u *Billingu* nije bilo moguće upariti temeljem usporedbe naziva, tako da one nisu korištene kod utvrđivanja lokacija obračunskih mjernih mjesta u GIS-u. Naknadna analiza pokazala je da se uglavnom radilo o malim ulicama s manjim brojem obračunskih mjernih mjesta.

Sve ulice uparene u drugom i trećem koraku označene su klasom točnosti II, zbog mogućnosti ljudske pogreške prilikom uparivanja.

Rezultat prve faze pripreme podataka jest tablica koja sadrži jedinstveni identifikator ulice u *Billingu*, jedinstveni identifikator odgovarajuće ulice u GIS-u te klasu točnosti uparivanja.

3.2. FAZA 2: Utvrđivanje lokacija obračunskih mjernih mjesta u GIS-u

U drugoj fazi pripreme podataka provedeno je uparivanje svih obračunskih mjernih mjesta s odgovarajućom lokacijom u GIS-u kroz nekoliko iteracija. Sve iteracije provedene su u cijelosti računalnim putem, izvršavanjem određenih SQL naredbi nad radnom bazom podataka.

Prva iteracija obuhvaćala je direktno uparivanje na temelju sljedećih parametara:

- šifra ulice (rezultat prve faze pripreme podataka)
- kućni broj
- dodatak kućnom broju

Kao rezultat ove iteracije utvrđena je točna lokacija za 131.435 obračunskih mjernih mjesta (cca. 61% od ukupnog broja). Uz svako obračunsko mjerno mjesto zapisana je i klasa točnosti (I ili II), prema načinu uparivanja ulica provedenom u prethodnoj fazi pripreme podataka.

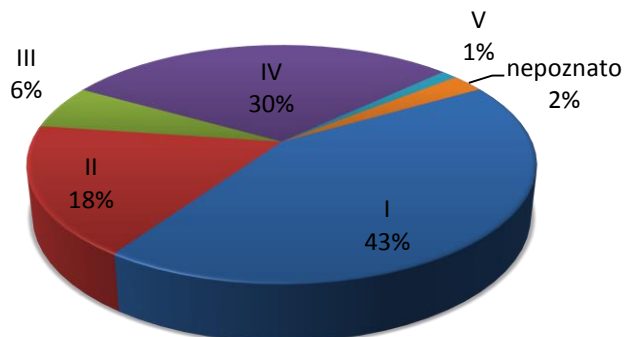
U drugoj iteraciji provedeno je uparivanje na temelju istovjetnosti ulice i kućnog broja, za one adrese za koje kroz prvu iteraciju nije pronađen odgovarajući dodatak kućnom broju. Ovakvo način uparivanja rezultira s nešto nižom točnošću lokacije obračunskog mjernog mjesta pa su sve lokacije dobivene kroz ovu iteraciju svrstane u klasu točnosti III. U drugoj iteraciji utvrđena je lokacija za dodatnih 13.052 obračunskih mjernih mjesta (cca. 6% od ukupnog broja).

Za preostala obračunska mjerna mjesta lokacija je određena na temelju koordinata zabilježenih kroz ručne terminale prilikom redovnog očitavanja brojila. Najveći dio ovih podataka je dovoljno točan za utvrđivanje lokacija obračunskih mjernih mjesta, ali postoji i dio podataka koji su u terminale uneseni naknadno, na lokaciji koja ne odgovara stvarnom mjestu očitavanja. Nažalost, ne postoji jednostavan način kojim bi se nedvojbeno utvrdilo koji od ovih podataka sadrže netočnu lokaciju pa su sva obračunska mjerna mjesta utvrđena u ovoj iteraciji svrstana u klasu točnosti IV. Kroz ovakvo povezivanje utvrđene su lokacije za dodatnih 64.634 obračunskih mjernih mjesta (cca. 30% od ukupnog broja), a procjenjuje se da ih je oko 15.000 netočnih uslijed naknadnog unosa podataka.

U posljednjoj iteraciji su sva preostala obračunska mjerna mjesta, za koja u *Billingu* nije postojao podatak o lokaciji očitavanja, povezana s odgovarajućom lokacijom isključivo na temelju šifre ulice u kojoj se nalaze. Ovakvo povezivanje rezultira prilično grubom procjenom lokacija obračunskih mjernih mjesta pa su ona svrstana u klasu točnosti V. U ovoj iteraciji utvrđene su lokacije za dodatnih 2.626 obračunskih mjernih mjesta (cca. 1% od ukupnog broja).

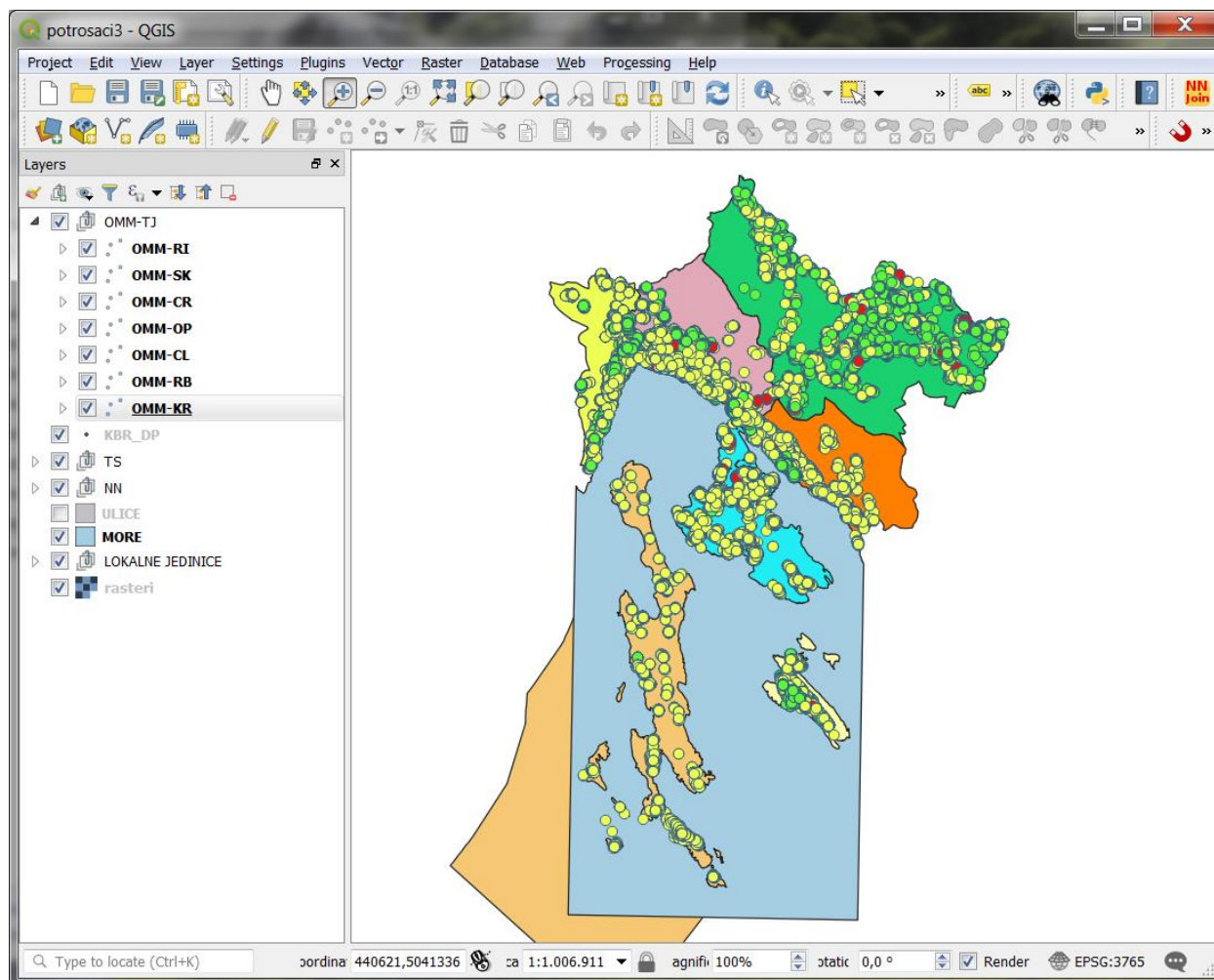
Kao rezultat druge faze pripreme podataka, u geografskom informacijskom sustavu je dobivena točna lokacija za oko 85%, približno točna lokacija za dodatnih 6%, te lokacija točna na razini ulice za oko 1% obračunskih mjernih mjesta u nadležnosti *Elektroprimorja*.

Sljedeći dijagram prikazuje udio obračunskih mjernih mjesta prema navedenim klasama točnosti utvrđenih lokacija:



Slika 1. Udio obračunskih mjernih mjesta prema klasama točnosti lokacije

Na slici 2. prikazana su obračunska mjerna mjesta u geografskom informacijskom sustavu nakon dovršetka druge faze pripreme podataka.



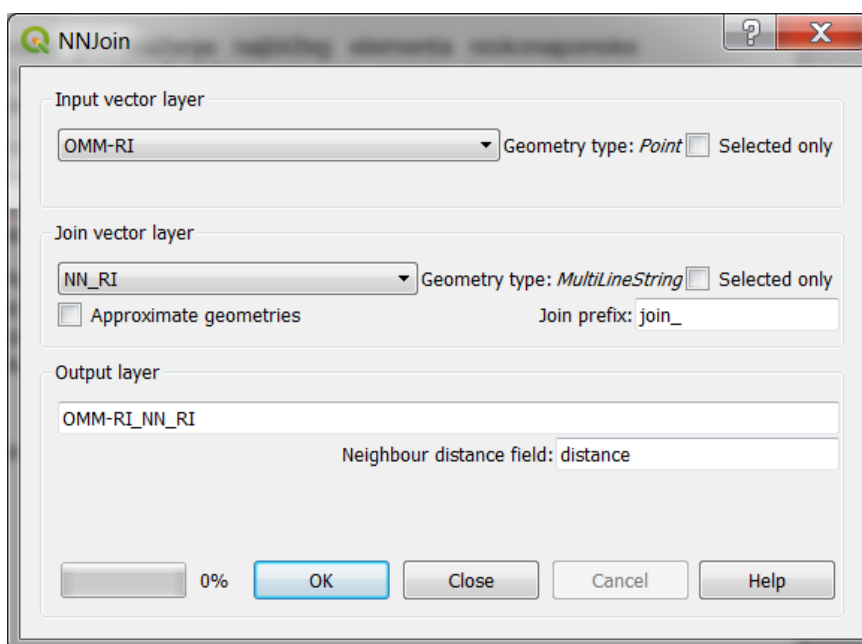
Slika 2. Prikaz obračunskih mjernih mjesta u GIS-u

3.3. FAZA 3: Povezivanje lokacija obračunskih mjernih mjesta s prostornim položajem niskonaponskih elektroenergetskih mreža

Treća faza pripreme podataka obuhvaća pronalaženje najbližeg elementa niskonaponske elektroenergetske mreže za svaku utvrđenu lokaciju obračunskog mjernog mjesta te preuzimanje podataka o transformatorskoj stanici i niskonaponskom izvodu iz atributne tablice pronađenog elementa.

Kvaliteta rezultata dobivenih provođenjem ove faze pripreme izravno je ovisna o količini i stupnju uređenosti podataka o niskonaponskoj elektroenergetskoj mreži u GIS-u. Budući da je niskonaponska elektroenergetska mreža u nadležnosti *Elektroprimorja* u cijelosti snimljena i unesena u GIS, stvoren je dobar temelj za provođenje različitih prostornih analiza nad podacima.

Analize podataka na temelju međusobnog položaja različitih objekata u prostoru predstavljaju jednu od temeljnih zadata geografskog informacijskog sustava, a nazivaju se prostornim povezivanjem (engl. *spatial join*). Sljedeća slika prikazuje prozor s podešenim parametrima za prostorno povezivanje podataka o obračunskim mjernim mjestima i niskonaponskoj elektroenergetskoj mreži:



Slika 3. Parametri za prostorno povezivanje podataka

Ovisno o količini i formatu ulaznih podataka, ova analiza može potrajati i do nekoliko sati. Rezultat je novi podatkovni sloj koji sadrži sva obračunska mjerna mjesta s pridruženim podacima najbližeg elementa niskonaponske elektroenergetske mreže. Za potrebe aplikacije informator najvažniji su podaci koji povezuju šifru obračunskog mjernog mjesta sa šifrom transformatorske stanice i niskonaponskog izvoda (strujnog kruga) preko kojeg se pojedini korisnik mreže opskrbljuje električnom energijom.

Slika 4. prikazuje navedene podatke na primjeru jednog obračunskog mjernog mjesta odabranog u GIS-u.

Ovako pripremljeni podaci mogu se jednostavno eksportirati iz geografskog informacijskog sustava i prenijeti u bilo koju drugu bazu podataka u nekom od standardnih tabličnih formata za pohranu.

Alat za prostorno povezivanje kao jedan od rezultata povezivanja daje i udaljenosti pojedinačnih obračunskih mjernih mjesta od najbližeg elementa niskonaponske elektroenergetske mreže. Te se udaljenosti također mogu iskoristiti za klasifikaciju točnosti dobivenih atributa obračunskog mjernog mjesta, u slučajevima kada podaci o niskonaponskoj mreži u geografskom informacijskom sustavu na nekom području nisu u potpunosti uređeni.

Feature	Value
(Actions)	
FID_1	26179
sifra	112
mjesto	RJEKA
ulica	TIZIANOVA
kbr	30
dodatak	
x_gis	45.33537660000
y_gis	14.43465000000
billing_ul	7739
gis_id	4928
x_arctgis	14.43453556860
y_arctgis	45.33530761990
klasa	1
FID_2	32672
OBJECTID	9616
TRAFOSTANI	12PRE3
STRUJNIKRU	1.00000000000
TIP	7P

Mode: Top down, stop at first Auto open form: ☐

View: Tree Help

Slika 4. Primjer podataka obračunskog mjernog mjesta nakon povezivanja s NN mrežom

4. ZAKLJUČAK

Rezultat opisane metode analize i obrade postojećih podataka o obračunskim mjernim mjestima te o niskonaponskoj elektroenergetskoj mreži jest izvedeni skup podataka o niskonaponskom izvodu i lokaciji pojedinačnih obračunskih mjernih mjesta. Taj skup podataka predstavlja prilično kvalitetnu podlogu za unos u aplikaciju *Informator*, a istovremeno pruža mogućnost za daljnji razvoj geografskog informacijskog sustava, koji bi u konačnici trebao od *Informatora* preuzeti funkciju filtriranja obračunskih mjernih mjesta prema zadanom niskonaponskom izvodu.

Naravno, tako dobiveni podaci i dalje nisu u potpunosti pouzdani te je potrebna njihova naknadna provjera. Dobra strana korištene metode jest što je uz svako obračunsko mjerno mjesto upisana i klasa točnosti podataka pa se prilikom organiziranja provjera prioritet može usmjeriti na ona obračunska mjerna mjesta za koja je pouzdanost podataka najmanja.

Navedena metoda kreiranja inicijalnih podataka o lokaciji obračunskih mjernih mjesta može se primijeniti i kod distribucijskih područja koja u geografskom informacijskom sustavu nemaju nikakvih podataka o adresama, uz korištenje neke od besplatno dostupnih internetskih usluga za geokodiranje. Ako se u geografski informacijski sustav ucrtaju zone koje pokrivaju pojedinačni niskonaponski izvodi, tada je moguća i funkcionalnost prepoznavanja ispravnog niskonaponskog izvoda za obračunsko mjerno mjesto, bez obzira na stanje i kvalitetu podataka o niskonaponskoj elektroenergetskoj mreži.

5. LITERATURA

- [1] N. Bogunović, V. Komen, R. Prenc: „Nadogradnja GIS sustava Elektroprimorja Rijeka i njegovo povezivanje s ostalim informacijskim sustavima u poduzeću“, 4. (10.) savjetovanje HO-CIRED, Zbornik radova, Trogir / Seget Donji, Hrvatska, 2014.
- [2] The PostgreSQL Global Development Group: „PostgreSQL 10.3 Documentation“, <http://www.postgresql.org/docs/10/static/index.html>, ožujak 2018.