



Univerza v Mariboru

Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko

Smetanova ulica 17
2000 Maribor, Slovenija



Peter Lubej

OPTIMIZACIJA PROCESA PRIPRAVE IN POROČANJA PARAMETROV KAKOVOSTI DISTRIBUIRANE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Diplomsko delo

Celje, februar 2016

OPTIMIZACIJA PROCESA PRIPRAVE IN POROČANJA PARAMETROV KAKOVOSTI DISTRIBUIRANE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Diplomsko delo

Študent: Peter Lubej

Študijski program: Visokošolski strokovni študijski program
Računalništvo in informatika

Smer: Informatika

Mentor: viš. pred. mag. Boštjan Kežmah

Lektorica: Klara Lubej, dipl. prev. (UN)



Univerza v Mariboru

Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko
Smetanova ulica 17
2000 Maribor, Slovenija

FERI

Številka: 93427248

Datum in kraj: 10. 03. 2015, Maribor

Na osnovi 330. člena Statuta Univerze v Mariboru (Ur. l. RS, št. 46/2012)
izdajam

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

1. **Petru Lubeju**, študentu visokošolskega strokovnega študijskega programa RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA, smer Informatika, se dovoljuje izdelati diplomsko delo.
2. **MENTOR:** viš. pred. mag. Boštjan Kežmah
3. **Naslov diplomskega dela:**
**OPTIMIZACIJA PROCESA PRIPRAVE IN POROČANJA PARAMETROV KAKOVOSTI
DISTRIBUIRANE ELEKTRIČNE ENERGIJE**
4. **Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:**
**CALCULATION OF ELECTRICAL ENERGY QUALITY PARAMETERS, AND REPORTING
PROCESS OPTIMIZATION**
5. Diplomsko delo je potrebno izdelati skladno z "Navodili za izdelavo diplomskega dela" in ga oddati v treh izvodih (dva trdo vezana izvoda in en v spiralo vezan izvod) ter en izvod elektronske verzije do 10. 03. 2016 v referatu za študentske zadeve.

Pravni pouk: Zoper ta sklep je možna pritožba na senat članice v roku 3 delovnih dni.

Dekan:

red. prof. dr. Borut Žalik



Obvestiti:

- kandidata,
- mentorja,
- odložiti v arhiv.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju, viš. pred. mag. Boštjanu Kežmahu, za pomoč in vodenje pri izdelavi diplomske naloge.

Za pomoč in nasvete se zahvaljujem tudi sodelavcem v podjetju Elektro Celje, d. d.

Največja zahvala je namenjena mojim zlatim Simoni, Klari in Evi, ki so me v času študija nesebično podpirale.

OPTIMIZACIJA PROCESA PRIPRAVE IN POROČANJA PARAMETROV KAKOVOSTI DISTRIBUIRANE ELEKTRIČNE ENERGIJE

**Ključne besede: kakovost električne energije, geografski informacijski sistem,
SCADA, topologija**

UDK: 621.311:004.775(043.2)

Povzetek:

Električna energija ima v našem vsakodnevem življenju pomembno vlogo. Z liberalizacijo evropskega energetskega trga je postala tržno blago, ki mora ustrezati določenim standardom kakovosti, kar spremljamo z zakonsko predpisanimi parametri. V diplomski nalogi smo načrtovali informacijsko rešitev, ki v distribucijskem elektroenergetskem podjetju optimizira proces poročanja zahtevanih parametrov. Pri tem smo izkoristili napredne topološke funkcije geografskega informacijskega sistema.

CALCULATION OF ELECTRICAL ENERGY QUALITY PARAMETERS, AND REPORTING PROCESS OPTIMIZATION

Keywords: electric energy quality, geographic information system, SCADA, topology

UDK: 621.311:004.775(043.2)

Abstract:

In our daily lives, electric energy plays an important role. Liberalization in the European energy market, has turned this energy into a good, which must attain certain standards of quality. Electric energy distribution companies are obliged to control the quality of supply services with parameters as defined in the legislation. In this diploma thesis, we have modelled and implemented an information solution, which optimizes the process of reporting electric energy quality parameters. It is based on advanced topology functions of the geographic information system.

Kazalo vsebine

1	UVOD	1
1.1	Opis, namen in cilji diplomskega dela	2
1.2	Opis vsebine poglavij	3
2	PROCES POROČANJA PARAMETROV KAKOVOSTI	4
2.1	Problematika procesa poročanja parametrov	4
2.2	Spremljanje kakovosti obratovanja	6
2.2.1	Konfiguracija sistema	6
2.3	Prekinitve	8
2.3.1	Klasifikacija prekinitev	8
2.4	Parametri neprekinjenosti napajanja	9
2.4.1	SAIDI - parameter povprečnega trajanja prekinitev v sistemu	9
2.4.2	SAIFI - parameter povprečne frekvence prekinitev v sistemu	9
2.4.3	CAIFI - parameter povprečne frekvence prekinitev napajanja odjemalca	9
2.4.4	CAIDI - Parameter povprečnega trajanja prekinitev napajanja odjemalca	9
2.4.5	MAIFI - parameter povprečne frekvence kratkotrajnih prekinitev napajanja	10
2.4.6	MAIFI _E - parameter povprečne frekvence dogodkov kratkotrajnih prekinitev napajanja	10
3	OBRATOVANJE ELEKTROENERGETSKEGA SISTEMA	11
3.1	Vodenje in obratovanje DEES	11
3.2	Avtomatizacija omrežja	12
3.3	Distribucijski center vodenja	13
4	APLIKACIJA ZA PODORO PROCESU POROČANJA PARAMETROV KAKOVOSTI DISTRIBUIRANE ELEKTRIČNE ENERGIJE	15
4.1	Orodje Enterprise Architect	15
4.2	Načrtovanje aplikacije	17

5	POVEZANI INFORMACIJSKI SISTEMI.....	21
5.1	SCADA	21
5.2	Geografski informacijski sistem.....	25
5.2.1	Podatkovni vidik.....	26
5.2.2	Modelni vidik	28
5.2.3	Vizualizacija.....	29
5.3	GIS v Elektro Celje, d. d.	29
5.4	ArcGIS	31
5.5	ArcFM UT.....	32
5.6	Geometrične mreže	32
6	MODULI INFORMACIJSKE REŠITVE.....	35
6.1	Modul za pripravo podatkov o konfiguracija sistema.....	35
6.2	Modul za klasificiranje prekinitev	39
6.3	Modul za topološko analizo prekinitve.....	43
6.4	Modul za izračunavanje parametrov in pripravo poročil	45
6.5	Ugotovitve.....	54
7	SKLEP	55
8	SEZNAM VIROV	56

KAZALO SLIK:

Slika 3.1: Primer avtomatizacije omrežja	12
Slika 4.1: MDA pristop	16
Slika 4.2: Diagram primerov uporabe.....	17
Slika 4.3. Izsek iz podatkovnega modela	20
Slika 5.1: Princip delovanja nadzornega sistema	21
Slika 5.2: Komponente SCADA sistema	22
Slika 5.3: Delovno mesto v DCV	24
Slika 5.4: Primer integracije sistemov v distribucijski nadzorni center.....	25
Slika 5.5: Komponente sistema GIS	26
Slika 5.6: Opis realnega sveta z združevanjem prostorskih podatkov.....	27
Slika 5.7: Prostorski podatkovni tipi na podatkovnem strežniku MS SQL 2016.....	28
Slika 5.8: Arhitektura sistema GIS v Elektru Celje	30
Slika 5.9: Tehnologija ArcGIS	31
Slika 5.10: Struktura opisa geometrične mreže	33
Slika 6.1: Priprava orodja za geoproceniranje v Model Builderju.....	36
Slika 6.2: Poizvedba za pridobivanje podatkov o omrežju	37
Slika 6.3: Primer programske kode za sledenje proti ponoru.....	38
Slika 6.4: Pregledovalnik konfiguracije omrežja.....	39
Slika 6.5: Dogodki v sklopu prekinitve	40
Slika 6.6: Pregledovalnik dogodkov	41
Slika 6.7: Pregled podatkov prekinitve	42
Slika 6.8: Opis postopka za topološko analizo prekinitve	44
Slika 6.9: Pregledovalnik potrjenih prekinitvev	45
Slika 6.10: Pregledovalnik izračunanih parametrov neprekinjenosti	49
Slika 6.11: Del XML sheme za poročilo o dolgotrajnih prekinitvah.....	50
Slika 6.12: Del programske kode za generiranje poročil	52
Slika 6.13: Izsek iz poročila o dolgotrajnih prekinitvah	53

SEZNAM KRATIC

- AGEN** – Agencija za energijo
- AMI** – napredna infrastruktura za izvajanje merenj (angl. Advanced Metering Infrastructure)
- AMR** – sistem za samodejno odčitavanje števcov (angl. Automated Meter Reading)
- API** – programski vmesnik (angl. Application Programming Interface)
- APV** – avtomatski ponovni vklop
- BPEL** – izvrševalni jezik za poslovne procese (angl. Business Process Execution Language)
- BPMN** – grafični prikaz procesov v modelu poslovnega procesa (angl. Business Process Model and Notation)
- CAIDI** – parameter povprečnega trajanja prekinitev napajanja odjemalca (angl. Customer Average Interruption Duration Index)
- CAIFI** – parameter povprečne frekvence prekinitev napajanja odjemalca (angl. Customer Average Interruption Frequency Index)
- CIM** – poenoten podatkovni model (angl. Common Information Model)
- CIS** – sistem za upravljanje podatkov o odjemalcih (angl. Customer Information System)
- COM** – komponentni model (angl. Component Model)
- DCV** – distribucijski center vodenja
- DEES** – distribucijski elektroenergetski sistem
- DMS** – sistem za upravljanje distribucijskega omrežja (angl. Distribution Management System)
- DMZ** – demilitarizirano območje (angl. Demilitarized Zone)
- DOM** – objektni model dokumenta (angl. Document Object Model)
- EES** – elektroenergetski sistem
- ETL** – orodje za prenos podatkov med različnimi podatkovnimi viri (angl. Extract, Transform, Load)
- GDB** – prostorska podatkovna baza (angl. Geodatabase)
- GIS** – geografski informacijski sistem
- GPS** – globalni sistem za pozicioniranje (angl. Global Positioning System)

HMI – vmesnik človek – stroj (angl. Human Machine Ineterface)

IEC – mednarodna elektrotehniška komisija (angl. International Electrotechnic Commision)

IED – pametne elektronske naprave (angl. Intelligent Electronic Device)

MAIFI – parameter povprečne frekvence kratkotrajnih prekinitev trajanja (angl. Momentary Average Interruption Frequency Index)

MAIFI_E – parameter povprečne frekvence dogodkov kratkotrajnih prekinitev napajanja (angl. Momentary Average Interruption Events Frequency Index)

MDA – modelno usmerjena arhitektura (angl. Model Driven Architecture)

MDM – sistem za upravljanje z meritvami (angl. Metering Data Managment)

OGC – združenje za odprte standarde na področju GIS (angl. Open GIS Consortium)

OMS – sistem za upravljanje z napakami (angl. Outage Managment System)

PIM – platformno neodvisen model (angl. Platform Independent Model)

PSM – model za specifično platformo (angl. Platform Specific Model)

RDF – ogrodje za opisovanje virov (angl. Resource Description Framework)

RP – razdelilna postaja

RTP – razdelilna transformatorska postaja

RTU – oddaljena terminalna naprava (angl. Remote Terminal Unit)

SAIDI – parameter povprečnega trajanja prekinitev napajanja v sitemu (angl. System Average Interruption Duration Index)

SAIFI – parameter povprečne frekvence prekinitev napajanja v sitemu (System Average Interruption Frequency Index)

SCADA – sistem za nadzor, upravljanje in zajem podatkov tehnološkega procesa (angl. Supervisory, Control And Data Aquisition)

SDE – aplikacijski strežnik za prostorske podatke (angl. Spatial Data Engine)

SN – srednja napetost

SQL – strukturiran jezik za poizvedbe (angl. Structured Query Language)

TP – transformatorska postaja

UML – poenoteni jezik za modeliranje (angl. Unified Modeling Language)

VLAN – navidezno lokalno omrežje (angl. Virtual Local Area Network)

WSDL – jezik za opis spletnih storitev (angl. Web Services Description Language)

XML – razširljiv označevalni jezik (angl. eXtensible Markup Language)

1 UVOD

Uporaba številnih električnih naprav je postala nepogrešljiv del našega vsakdanjika in na mnogo področjih smo od električne energije življenjsko odvisni. Življenja brez nje si ne znamo več predstavljati in pričakujemo, da je vedno na razpolago. Za večino uporabnikov izvor električne energije predstavlja vtičnica, v katero vklopijo želeno napravo. Vendar za to vtičnico obstaja kompleksen elektroenergetski sistem, preko katerega moramo od oddaljenih elektrarn pripeljati energijo v naš dom, da bo želeno napravo res lahko delovala. Ta sistem je sestavljen iz velikega števila različnih naprav in podsistemov, ki morajo delovati pravilno in usklajeno. Naprave, ki ga sestavljajo, so umeščene v naše okolje in s tem izpostavljene vremenskim in drugim neželenim vplivom, zato vedno obstaja možnost, da se okvarijo ali prenehajo delovati. Takrat prihaja do prekinitev dobave, kar moti naš utečen vsakdanjik. Ob prekinitvah se kot kupci električne energije počutimo oškodovane, v gospodarskih družbah pa že zaradi krajših izpadov proizvodnje, nastaja gospodarska škoda. V skrajnih primerih lahko prekinitve predstavljajo tudi nevarnost za naša življenja (npr. prenehanje delovanja dihalnih naprav pri bolnikih v domači oskrbi).

Na področju Evropske unije se je v zadnjih letih sprostil trg z električno energijo, ki je postala tržno blago, ki ima svojo ceno. Sprejetih je bilo precej standardov, predpisov in uredb, ki na tem področju ščitijo pravice potrošnikov. Ustanovljene so bile tudi agencije, imenovane regulatorji trga, ki na nivoju posameznih držav nadzirajo udeležence na trgu električne energije in preverjajo ali dosegajo predpisane standarde [5]. Regulatorji z zakonodajo predpisujejo metrike za spremljanje kakovosti distribuirane električne energije, ki jih morajo elektroenergetska podjetja redno spremljati. Rezultate morajo redno poročati regulatorju trga, na voljo pa morajo biti tudi javnosti [1][2]. Ti rezultati so tudi del pomembnih kriterijev pri pridobivanju in načrtovanju finančnih sredstev.

Eno izmed pomembnih in zahtevanih področij spremljanja kakovosti distribuiranja električne energije je spremljanje neprekinjenosti napajanja. Neprekinjenost napajanja je odvisna od količine prekinitev, ki se jim iz različnih vzrokov ne moremo v popolnosti izogniti. Za vsako posamezno prekinitev moramo ugotoviti ali je načrtovana, koliko časa je

trajala in koliko odjemalcev je zaradi nje ostalo brez električne energije. Ti podatki so ključni za izračunavanje zahtevanih metrik, ki jih imenujemo parametri neprekinjenosti napajanja in so osnova za izdelavo predpisanih poročil. Celoten proces priprave poročil ni povsem preprost. Zaradi pomanjkljive informacijske podpore ali organizacijskih posebnosti lahko predstavlja večjo obremenitev, kot bi bilo potrebno. S to težavo se srečujemo tudi v podjetju Elektro Celje, kjer primarni podatki o prekinitvah nastajajo v drugi organizacijski enoti, kot pa se izračunavajo parametri neprekinjenosti in pripravljajo poročila. Zaradi neustrezne informacijske podpore, poteka izmenjava podatkov med enotama na osnovi Excelovih datotek. Podatki se ročno prepisujejo iz sistemov in pri tem obstaja možnost napak. Tudi postopki analize prekinitvev, izračunavanja parametrov in izdelave poročil potekajo brez ustrezne informacijske podpore, zato celoten proces traja precej časa in je obremenjujoč za vse udeležence v njem. Z izdelavo ustrezne informacijske rešitve ga želimo optimizirati.

1.1 Opis, namen in cilji diplomskega dela

V okviru diplomske naloge bomo načrtovali informacijsko rešitev, ki bo podprla proces poročanja parametrov neprekinjenosti dobave električne energije. Pri tem bomo izkoristili napredne funkcionalnosti geografskega informacijskega sistema, ki ga uporabljamo v podjetju. Izvor vhodnih podatkov omenjenega procesa predstavlja sistem SCADA (Supervisory, Control And Data Acquisition), ki se uporablja v distribucijskem centru vodenja (DCV). Deluje v ločenem delu računalniškega omrežja (VLAN DCV), zato je dostop do podatkov, ki se hranijo v procesni podatkovni bazi tega sistema, omejen za uporabnike zunaj samega sistema. V diplomski nalogi iz poslovnih razlogov ne bomo obravnavali konkretne izmenjave podatkov z obstoječim sistemom SCADA. Kot izvor vhodnih podatkov bomo uporabili zapise o dogodkih, ki bi jih hipotetično [3] lahko pridobivali iz izmenjevalnih tabel podatkovne baze na strežniku, postavljenem v vmesni (DMZ) coni med omrežjem VLAN DCV in poslovnim intranetnim omrežjem podjetja. Vsebinsko zapisa o posameznem dogodku bomo obravnavali v obliki, za katero ocenjujemo, da jo je mogoče pridobiti iz procesne baze sistema SCADA [3]. Na podlagi vhodnih podatkov bomo definirali prekinitve in v geografskem informacijskem sistemu izračunali topološko stanje omrežja ob posamezni prekinitvi. Ugotovili bomo število odjemalcev, ki

jih je prekinitev prizadela, in izračunali parametre neprekinjenosti za posamezen izvod omrežja. Na koncu bomo pripravili še poročila, skladna z XML shemami, ki jih določa Agencija za energijo (AGEN).

Cilja predvidene rešitve sta odpraviti potrebo po ročnem vpisovanju oz. prepisovanju podatkov o prekinitvah in odpraviti ročne analize topološkega stanja omrežja ob prekinitvi. Ta del trenutno predstavlja časovno najzahtevnejše opravilo. Cilj rešitve je tudi avtomatizirati izračunavanje zahtevanih parametrov in priprave predpisanih poročil. Smisel načrtovane rešitve je v preprečevanju morebitnih napak pri ročnem vpisovanju in v razbremenitvi zaposlenih v distribucijskem centru vodenja, ki bodo lahko ostali osredotočeni na svoje delo. Prav tako je namen rešitve inženirjem za kakovost, ki so odgovorni za izračunavanje parametrov in pripravo poročil, poenostaviti pridobivanje potrebnih podatkov. Z optimiziranim postopkom klasificiranja prekinitev, ugotavljanja topologije omrežja in števila prizadetih odjemalcev, razvrščanja prekinitev in samodejne priprave poročil bomo razbremenili tudi inženirje za kakovost. Omogočili bomo, da bodo poročila zanesljiva, ustrezno oblikovana in da jih bodo brez težav oddajali v predpisanem roku.

1.2 Opis vsebine poglavij

Diplomsko delo je sestavljeno iz sedmih poglavij. V drugem poglavju podrobneje pojasnimo problematiko, povezano s trenutnim procesom priprave podatkov in izdelave poročil za poročanje parametrov kakovosti distribuirane električne energije. Razložimo tudi pojme in parametre, ki jih moramo poznati pri izdelavi poročil. V tretjem poglavju predstavimo osnovne principe delovanja distribucijskega elektroenergetskega sistema (DEES) in njegove pomembne komponente, ki so vezane na obratovanje sistema. V četrtem poglavju opišemo odločitve in pristop k razvoju zadane informacijske rešitve. Predstavimo tudi orodje Enterprise Architect, ki ga bomo pri načrtovanju uporabljali. V petem poglavju se podrobneje seznanimo z informacijskima sistemoma SCADA in GIS, ki sta ključna za izdelavo rešitve. V šestem poglavju podrobneje opišemo posamezne module informacijske rešitve in njihovo delovanje. Opise dopolnimo s primeri programske kode in diagrami. Ugotovitve in zaključno misel zapišemo v zadnjem, sedmem poglavju.

2 PROCES POROČANJA PARAMETROV KAKOVOSTI

2.1 Problematika procesa poročanja parametrov

Kot smo omenili že v uvodu, smo v Elektru Celje, podjetju za distribucijo električne energije, v okviru pogodbenega izvajanja nalog javne gospodarske službe zakonsko obvezani zagotavljati varno, zanesljivo in, v skladu s standardi, kakovostno dobavo električne energije [5]. To izvajamo s skrbno načrtovanim vodenjem obratovanja našega dela elektroenergetskega sistema. Pri tem ima ključno vlogo distribucijski center vodenja, kjer uporabljamo sistem za nadzor, upravljanje in zajemanje podatkov oz. sistem SCADA. Sistem omogoča spremljanje in analiziranje stanja omrežja v realnem času, ter korektivno ali preventivno poseganje v njegovo delovanje, ki ga izvajamo z daljinskim upravljanjem aktivne opreme.

Ali dobava električne energije poteka res zanesljivo in v okviru standardov, redno spremljamo na podlagi predpisanih parametrov. Te parametre lahko razdelimo v več skupin, med katerimi je zelo pomembna skupina, ki indicira neprekinjenosti napajanja. Parametri se izračunavajo na podlagi podatkov o prekinitvah dobave, vzrokih, njihovem trajanju in številu odjemalcev, ki so jih prizadele.

Trajanje in obseg prekinitev ugotavljamo na podlagi dogodkov v DEES-u, ki jih v okviru stopnje avtomatizacije omrežja beležimo v sistemu SCADA. V skladu s poslovnim procesom so za izračunavanje parametrov in izdajanje poročil zadolženi inženirji za kakovost, ki delujejo v okviru Službe za razvoj. Trenutna konfiguracija sistema SCADA jim ne omogoča neposrednega dostopa do potrebnih podatkov, zato v podjetju velja poslovno pravilo, da morajo dispečerji v distribucijskem centru vodenja zbirati in obdelati podatke o dogodkih. Iz njih morajo definirati prekinitev in jih v ustrezni obliki vnašati v vnaprej pripravljene Excelove datoteke. Tako pripravljene datoteke predstavljajo vhodne podatke inženirjem za kakovost, ki na njihovi osnovi v obratovni shemi omrežja ročno analizirajo stanje topologije v trenutku posamezne prekinitev. Iz stanja ugotovijo število transformatorskih postaj, ki jih je prekinitev prizadela in s pomočjo vnaprej pripravljenih

seznamov izračunajo število odjemalcev, ki so ob prekinitvi ostali brez električne energije. S tem pridobijo ključne podatke za izračun parametrov neprekinjenosti napajanja.

Inženirji za kakovost morajo prekinitve ustrezno klasificirati še glede na vzrok nastanka in po predpisanih enačbah izračunati zahtevane parametre za posamezen SN (srednje napetostni) izvod omrežja. Sledi izdelava zahtevanih poročil v formatu XML, katerih vsebino z XML shemami določa Agencija za energijo. Poročila je potrebno še digitalno podpisati in jih nato preko spletnega portala te agencije tudi oddati.

Celoten proces traja precej časa in zaradi omenjenih ročnih opravil predstavlja dodatno obremenitev za zaposlene. V postopku, zaradi ročnega vpisovanja in prepisovanja podatkov vedno obstaja možnost napak, ki se lahko odražajo v končnem rezultatu. Dispečerji morajo dodaten čas, ki bi ga sicer namenili nadzoru omrežja, nameniti izpolnjevanju datotek. To je še posebej moteče v času neugodnih vremenskih razmer (npr. nevihte, močan veter ...), ko se v kratkem času zvrsti veliko število dogodkov in morajo dispečerji hkrati koordinirati tudi delo več ekip na terenu. Tudi inženir, ki pripravlja poročilo, porabi veliko dodatnega časa za ugotavljanje topologije omrežja in števila odjemalcev, ki so ostali brez energije. Zaradi dinamike topoloških sprememb v omrežju pri tem opravilu ni mogoče vzpostaviti šablonskih rešitev, ampak je potrebno analizirati vsako stanje posebej. Zaposlenim, ki so v glavnem elektroenergetiki, dodatne obremenitve predstavlja tudi priprava zahtevanih poročil, predvsem zaradi pomanjkanja izkušenj na področju XML tehnologij.

Ustreznih standardnih rešitev za podporo celotnemu procesu poročanja na trgu še nismo zasledili. Kadar približno ustrezajo našim zahtevam, so običajno del kompleksnejših sistemov in s tem cenovno nesprejemljive. Verjetno obstaja razlog za odsotnost takih rešitev na trgu v dejstvu, da je proces precej specifičen, k čemur pripomorejo tudi zahteve regulatorjev trga. Njihove zahteve glede vsebine poročanja in definicij klasificiranja prekinitev se med državami lahko razlikujejo. Podjetja glede na poslovno organiziranost uporabljajo različne pristope k organizaciji tega procesa, zato večinoma razvijejo lastne informacijske rešitve, ki razširjajo že obstoječe informacijske sisteme.

V podjetju načrtujemo v prihodnjih letih nadgradnjo obstoječega sistema SCADA, v sklopu katere bomo podrobneje obravnavali tudi proces poročanja parametrov. Nadgradnja sistema SCADA je kompleksen in zahteven proces, na katerega vpliva mnogo dejavnikov, zato njen končni obseg in dinamika še nista dokončno določena. Lahko se raztegne tudi na več let. Ker moramo parametre neprekinjenosti redno poročati, smo se odločili, da bomo za vmesno obdobje vseeno načrtovali izdelavo lastne rešitve.

2.2 Spremljanje kakovosti obratovanja

Kakovost vodenja in obratovanja elektroenergetskega sistema se odraža v zanesljivosti in kvaliteti dobavljene energije. Kot smo omenili že v uvodu, liberalizacija trga z električno energijo hkrati prinaša tudi standarde in zahteve, ki jih morajo elektroenergetska podjetja dosegati pri distribuiranju električne energije. Država kot nosilec energetske politike zato s podeljevanjem koncesij in z zakonodajo določa vloge in obveznosti deležnikov na energetske področju [5]. Za spremljanje kakovosti dobavljene električne energije je kot regulator trga v Republiki Sloveniji odgovorna Agencija za energijo, ki s podzakonskimi akti definira pojme, vsebino, način in pogostost spremljanja kakovosti dobavljene električne energije. Od distribucijskih podjetij redno zahteva poročila o [2]:

- konfiguraciji sistema,
- neprekinjenosti napajanja,
- komercialni kakovosti,
- kakovosti napetosti.

V diplomski nalogi se bomo omejili samo na prvi dve, zato moramo poznati pojme in zahteve, ki so pomembne za načrtovanje informacijske rešitve.

2.2.1 Konfiguracija sistema

Podatki o konfiguraciji omrežja so nujni sestavni del poročanja o parametrih kakovosti distribuirane električne energije. Agencija za energijo opredeljuje ravni opazovanja, na katerih je potrebno spremljati neprekinjenost napajanja.

Pri DEES-u se omejuje na [2]:

- **transformatorske postaje (TP, RTP)**, ki jih definira kot stikalne energetske objekte s transformatorji, ki povezujejo najmanj dva sistema z različnima napetostnima nivojema, in
- **razdelilne postaje (RP)**, ki so energetske objekti s stikalnimi napravami brez transformatorjev.

Transformatorske postaje (TP) morajo imeti določen statistični tip, ki pove, kako gosto poseljeno območje (mestno ali podeželsko) oskrbujejo z energijo. Na podlagi tega podatka klasificiramo izvode omrežja in s tem posledično določimo vrednosti parametrov, ki jih morajo dosegati. Podatke o statističnem območju določimo na osnovi grafičnih podatkov Statističnega urada Republike Slovenije (SURs).

Izvodi omrežja predstavljajo sisteme vodnikov in stikal, preko katerih prenašamo energijo od razdelilne transformatorske postaje (RTP) do končnih transformatorskih postaj. Za vsakega od njih moramo opredeliti, ali je mestni, podeželski ali mešani. To je odvisno od razmerja med statističnimi tipi transformatorskih postaj, ki jih napaja. Za izvode omrežja sta pomembna tudi dolžina in število odjemalcev, ki se napajajo preko njih.

Čeprav se stanje omrežja spreminja dnevno, velja dogovor, da se dolžina vodov in število odjemalcev na posameznem izvod zaradi lažje primerjave na letni ravni, posreduje enkrat letno, razen ko se v vmesnem času v omrežje vključijo nove razdelilne transformatorske ali razdelilne postaje ali novi izvodi omrežja.

2.3 Prekinitve

Pri spremljanju neprekinjenosti napajanja je osnovni dogodek prekinitev. V tehničnem smislu smatramo prekinitev kot odsotnost energije na določenem delu omrežja [14]. Povzroči jo izklop stikalnih naprav, ki je lahko sprožen ročno, ali kot posledica delovanja zaščitnih sistemov. Za čas prekinitve štejemo čas od izklopa naprave do vzpostavitve prvotnega normalnega stanja [2].

2.3.1 Klasifikacija prekinitev

V smislu spremljanja neprekinjenosti napajanja delimo prekinitve po več kriterijih [2]:

- po namenu
 - **načrtovane**: kadar uporabnike pravočasno obvestimo o nameravanim izklopu in je z dodatnimi ukrepi pri uporabniku mogoče omiliti posledice prekinitve. Običajno so načrtovane prekinitve povezane z vzdrževalnimi deli na DEES-u,
 - **nenáčrtovane**: naključni izklopi, ki jih praviloma povzročijo prehodne ali trajne okvare, ki so posledice zunanjega vzroka ter so nepredvidljive in naključne,
- po času trajanja
 - **kratkotrajne**: krajše ali enake trem minutam. Praviloma jih povzročijo prehodne okvare (npr. stik veje z vodniki zaradi vetra),
 - **dolgotrajne**: daljše od treh minut. Praviloma jih povzročijo trajne okvare ali načrtovana vzdrževalna dela,
- po vzroku
 - **višja sila**: kadar je vzrok prekinitve naraven dogodek, na katerega podjetje ni moglo vplivati,
 - **tuj vzrok**: kadar prekinitev namerno ali nenamerno povzroči tretja oseba,
 - **lasten vzrok**: kadar je vzrok za prekinitev na strani podjetja (npr. napačno delovanje zaščite, slabo vzdrževanje ...), oz. vzroka ni mogoče opredeliti kot tuj vzrok ali višjo silo.

2.4 Parametri neprekinjenosti napajanja

Akt o pravilih monitoringa kakovosti oskrbe z električno energijo določa parametre za spremljanje neprekinjenosti napajanja, ki jih je za posamezen izvod omrežja potrebno izračunavati in spremljati na mesečni ravni [2].

2.4.1 SAIDI - parameter povprečnega trajanja prekinitev v sistemu

SAIDI (System Average Interruption Duration Index) je parameter povprečnega trajanja prekinitev napajanja v sistemu in je razmerje med vsoto trajanja prekinitev napajanja posameznih uporabnikov v določenem časovnem intervalu in celotnim številom uporabnikov. Upoštevajo se samo dolgotrajne prekinitve. Izraža se v minutah na uporabnika [2].

2.4.2 SAIFI - parameter povprečne frekvence prekinitev v sistemu

SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) je parameter povprečne frekvence prekinitev napajanja v sistemu in je razmerje med celotnim številom prekinitev napajanja uporabnikov v določenem časovnem intervalu in celotnim številom uporabnikov. Izražen je s številom prekinitev na uporabnika [2].

2.4.3 CAIFI - parameter povprečne frekvence prekinitev napajanja odjemalca

CAIFI (Customer Average Interruption Frequency Index) je parameter med vsoto vseh prekinitev napajanja uporabnikov v izbranem časovnem intervalu in celotnim številom uporabnikov z vsaj eno prekinitvijo v izbranem časovnem intervalu [2].

2.4.4 CAIDI - Parameter povprečnega trajanja prekinitev napajanja odjemalca

CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index) je parameter povprečnega trajanja prekinitev napajanja uporabnika in je razmerje med vsoto trajanja prekinitev napajanja uporabnikov v izbranem časovnem intervalu in celotnim številom prekinitev napajanja uporabnikov z vsaj eno prekinitvijo v časovnem intervalu [2].

2.4.5 MAIFI - parameter povprečne frekvence kratkotrajnih prekinitev napajanja

MAIFI (Momentary Average Interruption Frequency Index) je parameter povprečne frekvence kratkotrajnih prekinitev napajanja in je razmerje med celotnim številom kratkotrajnih prekinitev uporabnikov v izbranem časovnem intervalu in celotnim številom uporabnikov [2].

2.4.6 MAIFI_E - parameter povprečne frekvence dogodkov kratkotrajnih prekinitev napajanja

MAIFI_E (Momentary Average Interruption Events Frequency Index) je parameter povprečne frekvence dogodkov kratkotrajnih prekinitev napajanja in je razmerje med celotnim številom dogodkov, ki povzročijo eno ali več kratkotrajnih prekinitev napajanja uporabnikov v izbranem časovnem intervalu, in celotnim številom uporabnikov v sistemu [2].

3 OBRATOVANJE ELEKTROENERGETSKEGA SISTEMA

Za boljše razumevanje odločitev pri načrtovanju rešitve pojasnimo delovanje elektroenergetskega sistema in njegovih ključnih komponent, ki predstavljajo pomembne vplivne dejavnike.

Cilje obratovanja elektroenergetskega sistema najdemo v sledečem opisu:

»Elektroenergetski sistem (EES) je skup elektroenergetskih objektov, ki v harmoničnem in usklajenem delovanju izkazujejo sinergijske učinke, in to v racionalnem delovanju s sistemskimi povezavami in v doseganju visoke stopnje zanesljivosti delovanja in kvaliteto preskrbe z električno energijo.« [6]

Zapisano pomeni, da elektroenergetski sistem ob upoštevanju vseh tehničnih in organizacijskih predpisov omogoča varen, zanesljiv, kakovosten in ekonomičen prenos električne energije od proizvodnih virov do končnega uporabnika. Celoten sistem združuje tri temeljne panoge oz. podsisteme elektrogospodarstva: proizvodnjo, prenos in distribucijo električne energije. Tesno je povezan tudi s trgov električne energije.

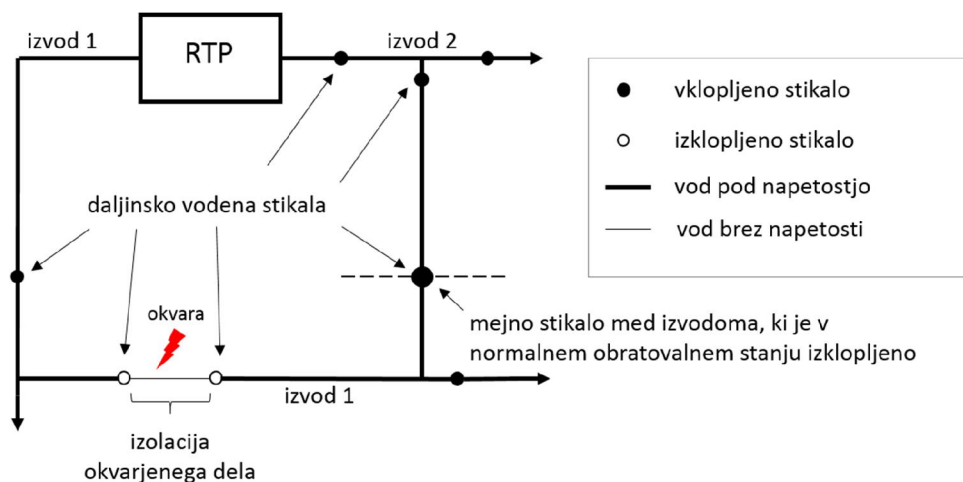
3.1 Vodenje in obratovanje DEES-a

Vodenje elektroenergetskega sistema pomeni načrtovanje, koordiniranje delovanja in razvoj vseh omenjenih podsistemov, obratovanje pa, da vsak izmed podsistemov deluje skladno z načrti in usmeritvami. Pri obratovanju je pomembno upoštevanje že prej omenjenega dejstva, da se poškodbam, napakam in prekinitvam v delovanju DEES-a ne moremo v celoti izogniti. Poškodovano omrežje predstavlja življenjsko nevarnost za okolico, zato je v omrežju vzpostavljen sistem zaščit, ki ob zaznavi napake v delovanju samodejno izklopijo poškodovani del omrežja. Žal ima ta ukrep vpliv na zanesljivost dobave, zato v okviru vodenja DEES-a omrežje načrtujemo tako, da ob morebitnih okvarah izpade čim manjši del. Operativni cilj obratovanja je, da okvare čim hitreje lociramo, omejimo na najmanjši možni obseg omrežja in odpravimo. Da lahko vse našete ukrepe izvajamo uspešno in efektivno, sta potrebna dva predpogoja: čim višja stopnja

avtomatiziranosti omrežja in vzpostavljen stalen nadzor nad omrežjem z možnostjo ukrepanja na osnovi rezultatov nadzora. Kot smo omenili že v uvodu, ima pri slednjem ključno vlogo DCV.

3.2 Avtomatizacija omrežja

Avtomatizacija omrežja obsega naprave, ki jih je mogoče daljinsko nadzorovati in krmiliti. V tem delu imamo poleg sistema zaščit v mislih predvsem stikalne elemente. Osnovni namen avtomatizacije omrežja je omogočiti čim hitrejšo lokalizacijo okvare. Z ustreznimi stikalnimi manipulacijami izločimo okvarjeni del omrežja in povrnemo energijo odjemalcem, ki niso neposredno priključeni na okvarjeni odsek. Zato pri distribucijskih omrežjih uporabljamo doktrino obratovanja v tako imenovanih »odprtih zankah« [6]. To pomeni, da s stikalnim elementom povežemo sosednja izvoda, da lahko v primeru okvare prvega izvoda drugi izvod z energijo oskrbuje zdrave dele prvega, ki bi sicer ostali brez energije. Slika 3.1 prikazuje takšen primer.



Slika 3.1: Primer avtomatizacije omrežja

V obratovanju omrežja se pojavljajo tudi napake prehodnega značaja, ki so prisotne zelo kratek čas. Takšni primeri so na primer stik veje drevesa z vodniki pod napetostjo ali stik med vodniki zaradi stresanja snega. Zato je v sistem delovanja zaščite vpeljan tudi princip

avtomatskega ponovnega vklopa – APV [14], ki izvod po določenem času in pod določenimi pogoji samodejno ponovno vklopi pod napetost.

APV lahko deluje v dveh fazah¹:

- hitri APV, ki deluje v približno 0,3 sekunde po izklopu odklopnika,
- dolgi APV, ki deluje v približno 1 minuti po izklopu odklopnika.

3.3 Distribucijski center vodenja

Distribucijski center vodenja ima najpomembnejšo vlogo v obratovanju distribucijskega omrežja, saj predstavlja ključno informacijsko središče o stanju v omrežju in ob stalnem spremljanju razmer v omrežju omogoča obvladovanje ter omejevanje vpliva motenj in okvar v okviru obratovalnih možnosti [6].

Ključne naloge, ki jih izvajajo, so [4]:

- najava in uskladitev predvidenih vzdrževalnih del z obratovanjem,
- optimizacija vzdrževalnih del v smislu minimizacije prekinitve dobave električne energije,
- obveščanje odjemalcev o predvidenih prekinitvah dobave električne energije,
- priprava in izdaja dokumentov za varno delo,
- načrt stikalnih manipulacij,
- spremljanje poteka del,
- ponovna vzpostavitev dobave električne energije,
- izdelava obratovalnih poročil.

Ob nastopu izrednih obratovalnih razmer (izpadi vodov) poteka koordinacija med vodenjem obratovanja, ki ga izvaja DCV, in vzdrževalnimi ekipami na terenu s ciljem čim hitreje odprave okvar, in sicer na sledečih segmentih [4]:

- iskanje in lociranje okvare,
- izolacija okvare in vzpostavitev dobave električne energije,

¹ Zapisane vrednosti so orientacijske. Dejanske vrednosti se določijo glede na parametre zaščite. Iz enakih razlogov APV tudi ni nameščen na vseh izvodih omrežja.

- pravilno obveščanje potrošnikov o vzrokih in posledicah izpada električne energije,
- priprava delovnega naloga za odstranitev okvare,
- spremljanje poteka del,
- izdelava obratovalnega poročila.

Nepogrešljivo orodje, ki ga pri izvajanju teh nalog uporabljajo zaposleni operaterji v DCV-ju oz. dispečerji, kot jih imenujemo drugače, je sistem SCADA, ki ga bomo podrobneje spoznali v enem od naslednjih poglavij.

4 APLIKACIJA ZA PODPORO PROCESU POROČANJA PARAMETROV KAKOVOSTI DISTRIBUIRANE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Namen in cilj diplomske naloge je načrtovanje informacijske rešitve, ki bo podprla in pripomogla k optimizaciji procesa poročanja parametrov kakovosti distribuirane električne energije, s fokusom na poročilih o konfiguraciji sistema in parametrov neprekinjenosti napajanja.

V samem začetku načrtovanja smo si zadali štiri bistvena vprašanja, in sicer:

- kdo bo uporabnik informacijske rešitve,
- kaj mora informacijska rešitev omogočati,
- katere aktivnosti se izvajajo v tem procesu in
- kakšni so podatkovni tokovi v obravnavanem procesu.

Odločili smo se, da bomo kot pomoč pri razvoju uporabili in preizkusili orodje Enterprise Architect, ki spada med sodobna CASE (Computer Aided Software Engineering) orodja, namenjena podpori razvoja programske opreme in informacijskih sistemov.

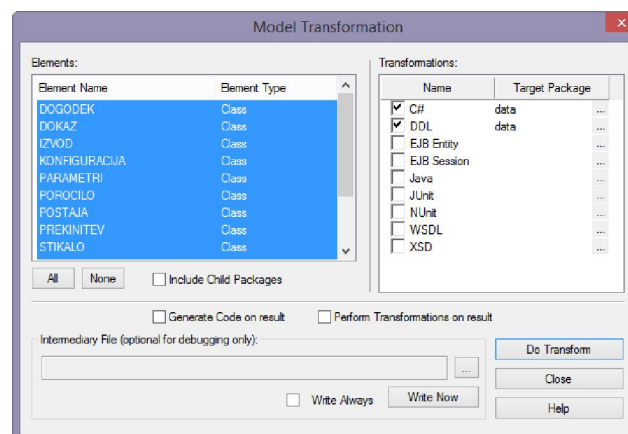
4.1 Orodje Enterprise Architect

Orodje Enterprise Architect, je sodobno CASE orodje za načrtovanje in razvoj programske opreme ter celovitih informacijskih rešitev. Orodje omogoča, da z uporabo grafičnega načrtovanja v obliki različnih diagramskih tehnik hitro, pregledno in učinkovito načrtujemo želene rešitve. Proizvajalec Sparx Systems kot član OMG (Object Management Group) skrbi, da so v izdelku podprti vse pomembne metodologije in standardi, ki se danes uporabljajo pri načrtovanju informacijskih rešitev. Podprti so npr. UML, SysML, BPMN, WSDL, XSD, OWL, RDF... [10]. Namen uporabe takšnega orodja je čim višja stopnja avtomatizacije pri razvoju in možnost povezovanja vseh faz v ciklu razvoja programske opreme. V ta namen ima orodje tudi lasten repozitorij, v katerem se hranijo rešitve in preko katerega je faze mogoče povezovati.

Glavna področja uporabe, ki jih orodje s svojimi moduli pokriva, so [10]:

- **upravljanje zahtev**, kjer zahteve ustrezno dokumentiramo in povežemo z implementacijo, da lahko sledimo, ali so izpolnjene,
- **modeliranje in analiza** poslovnih procesov,
- **simulacija** (npr. v diagramih stanj, sodelovanja, aktivnosti),
- **programski inženiring** (generiranje programske kode za jezike C, C++, C#, Java, Visual Basic, Visual Basic.Net, PHP, Python),
- povratno inženirstvo,
- upravljanje testiranja,
- sistemski inženiring,
- **podatkovno modeliranje** (podpora generiranja skript za podatkovne baze DB2, Informix, Oracle, SQL Server, SQLite, MySQL, PostgreSQL, MS Access, Ingress),
- **projektno vodenje** informacijskega projekta,
- upravljanje sprememb in
- **integracija** z ostalimi orodji .

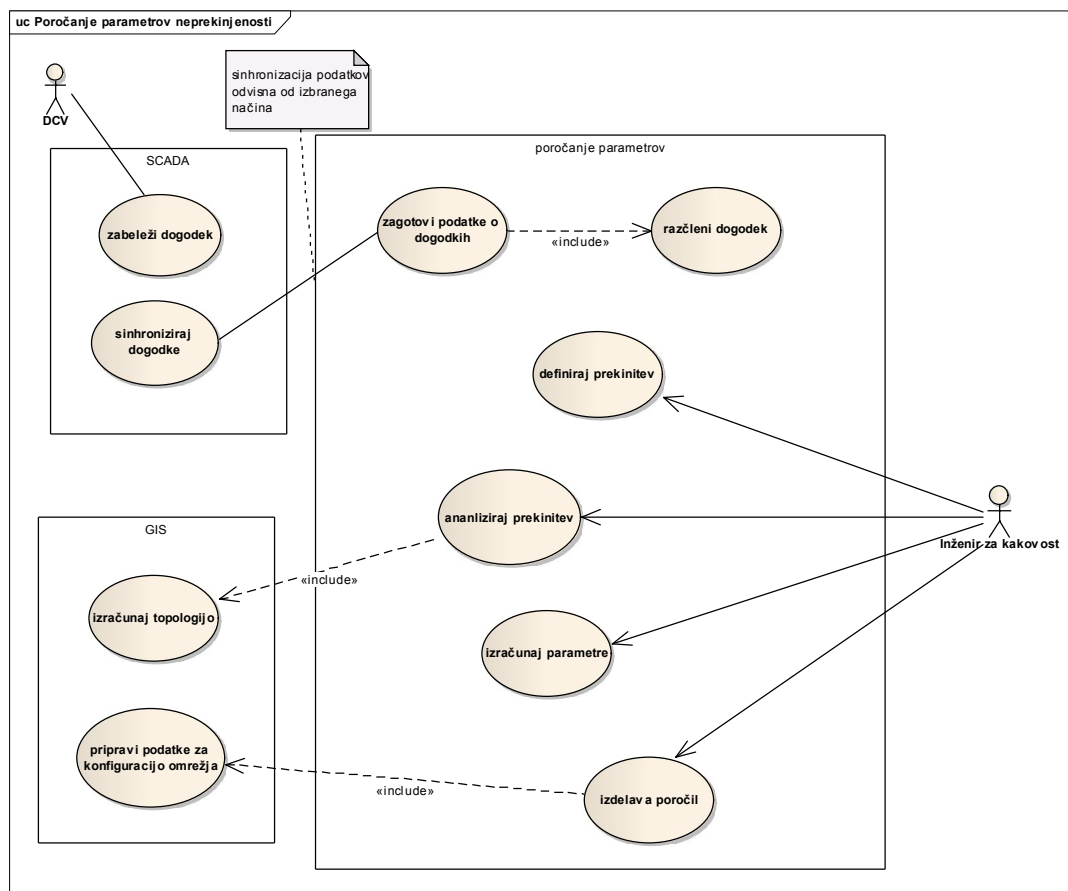
Orodje podpira MDA (Model Driven Architecture) transformacije, ki temeljijo na platformno neodvisnih modelih (PIM - Platform Independent Model), iz katerih je mogoče kreirati več različnih modelov za specifične platforme (PSM – Platform Specific Models). Temelji na grafičnem načrtovanju z uporabo različnih diagramskih tehnik, ki jih omenjeni standardi podpirajo in iz katerih se generirajo modeli PIM. Funkcionalnost smo, kot lahko vidimo na sliki 4.1, s pridom uporabili pri implementaciji naše rešitve.



Slika 4.1: MDA pristop

4.2 Načrtovanje aplikacije

S kolegi, ki sodelujejo v procesu poročanja parametrov, smo načrtovanje pričeli z izdelavo diagrama primerov uporabe, ki je podan na sliki 4.2. Z njegovo uporabo smo identificirali večino odgovorov, ki smo si jih zastavili v začetku tega poglavja.



Slika 4.2: Diagram primerov uporabe

Odločili smo se za izdelavo samostojne okenske aplikacije v razvojnem okolju Microsoft Visual Studio.NET 2010 s programskim jezikom C#. Ker smo ocenili, da gre za začasno rešitev, ki jo bosta izmenoma uporabljali največ dve osebi, se nam je takšna rešitev zdela povsem sprejemljiva.

Že v opisu problematike obstoječega procesa smo izpostavili ključne težave, ki jih želimo optimizirati. S tem smo postavili tudi zahteve, ki jih mora aplikacija izpolnjevati, in sicer :

- v največji možni meri odpraviti ročno vpisovanje in prepisovanje podatkov o prekinitvah,
- poenostaviti dostopanje do izvornih podatkov o prekinitvah,
- avtomatizirati ugotavljanje topologije omrežja ob prekinitvi in
- poenostaviti generiranje poročil v formatu XML.

Sistem SCADA smo definirali kot osnovni izvor podatkov o dogodkih, ki tvorijo posamezno prekinitev. Zaradi razlogov, navedenih v uvodu, nismo podrobneje načrtovali izmenjave podatkov med sistemom SCADA in načrtovano aplikacijo. Izmenjavo podatkov na tej ravni smo obdelali zgolj hipotetično, na podlagi dosedanjih izkušenj in razpoložljive literature [12][13][16]. Bistvena ugotovitev v tem delu je, da je mogoče zapise o dogodkih, ki se beležijo v procesni bazi sistema SCADA, z ustreznimi mehanizmi sinhronizirati s podatkovno bazo aplikacije. S tem izločimo ročno prepisovanje podatkov, kar je ena izmed bistvenih zahtev načrtovane rešitve.

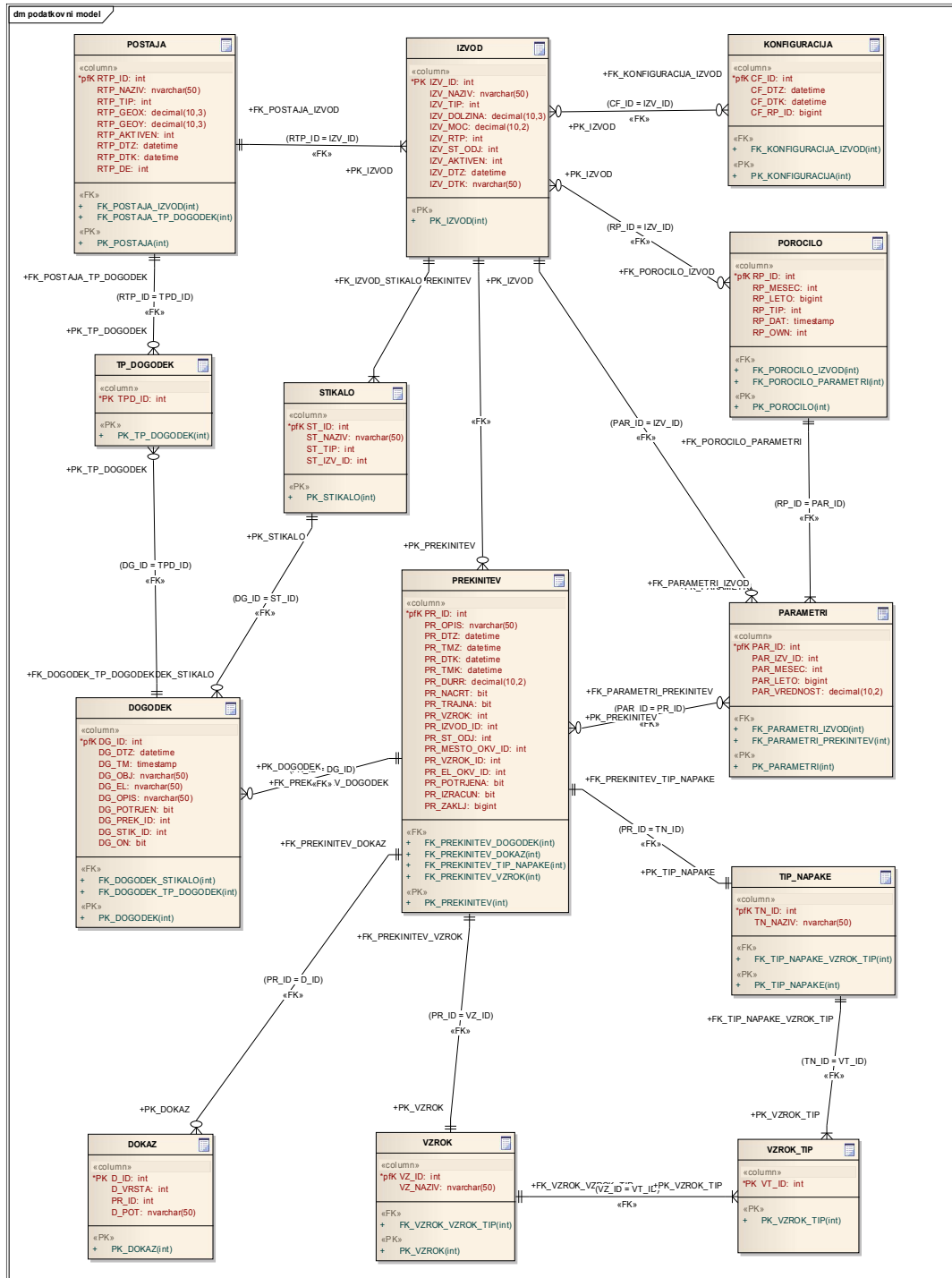
Načrtovana aplikacija za svoje delovanje ne potrebuje podatkov o dogodkih v realnem času, zato ocenjujemo, da obstaja dovolj tehnologij in pristopov, ki omogočajo sinhronizacijo podatkov na način, ki ne predstavlja varnostnega tveganja za delovanje sistema SCADA.

Kot izvor podatkov o omrežju smo identificirali geografski informacijski sistem. V skladu s poslovnimi pravili podjetja vsa sredstva omrežja najprej evidentiramo v tem sistemu, zato predstavlja primarni vir podatkov za vsa tehnična poročila, vezana na omrežje. V njem vodimo tudi topološki model omrežja v obliki geometrične mreže. Funkcionalnosti, ki jih geografski informacijski sistem omogoča za izvajanje analiz nad tem modelom, je mogoče programsko implementirati s pomočjo programskih vmesnikov (API). Uporabo teh funkcionalnosti smo identificirali kot ključno za optimizacijo izvajanja topoloških analiz omrežja ob posamezni prekinitvi.

Geografski informacijski sistem je integriran tudi s podatkovno bazo o odjemalcih, zato lahko preko njega pridobimo še preostale potrebne podatke za izračune zahtevanih parametrov. To nam omogoča tudi izpolnitev tretje zahteve.

Za izpolnitev zadnje zahteve, ki je vezana na izdelavo poročil v formatu XML, smo ugotovili, da razvojno okolje Visual Studio ponuja ustrezne programske knjižnice tudi za delo s tem formatom podatkov, zato je mogoče avtomatizirati tudi generiranje poročil.

Za nadaljnji razvoj aplikacije smo se lotili izdelave konceptualnega podatkovnega modela. V orodju Enterprise Architect smo najprej izdelali razredni diagram, v katerem smo določili ključne objekte, ki jih bomo potrebovali. S pomočjo orodja za transformacijo smo pripravili specifična modela za generiranje programske kode v jeziku C# in DDL skript za generiranje podatkovne baze. Podatkovni model, ki smo ga implementirali, prikazujemo na sliki 4.3.



Slika 4.3. Izsek iz podatkovnega modela

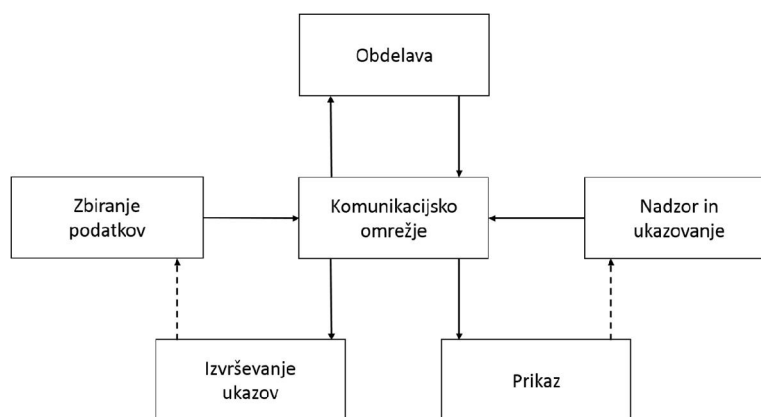
5 POVEZANI INFORMACIJSKI SISTEMI

Pri načrtovanju smo identificirali ključna informacijska sistema SCADA in GIS, katerih poznavanje je ključno za uspešno načrtovanje rešitve. Oba imata pomembno vlogo v podjetju, in vsak je namenjen izvajanju specifičnih nalog, zato se podrobneje seznanimo z njima in osnovnimi principi delovanja.

5.1 SCADA

Sistemi SCADA (Supervisory, Control, And Data Acquisition) so, kot pove že samo ime, računalniški sistemi za nadzor, upravljanje in zajemanje podatkov. Namenjeni so nadzoru in krmiljenju krajevno razpršenih procesov. Uporabljajo se v različnih gospodarskih panogah: v industriji, rudarstvu, transportu, logistiki, energetiki... Po zgradbi in funkcionalnostih so zelo kompleksni. Sestavljajo jih različne strojne in programske komponente, ki morajo biti dobro medsebojno integrirane, da lahko v realnem času obvladujejo in nadzirajo veliko število operacij, ki so nujne za proces.

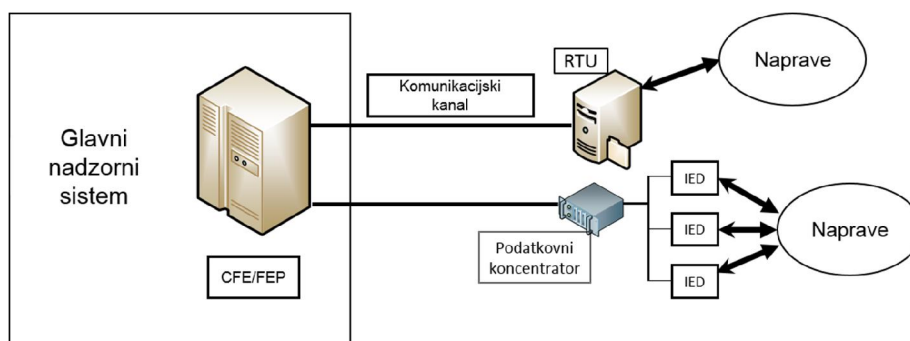
Ključne naloge sistema SCADA so zbiranje, obdelava in prikaz podatkov, ki jih prejemajo od nadzorovanih enot, ter izvajanje ukazov na podlagi sprejetih odločitev. Funkcionalni princip je prikazan na sliki 5.1.



Slika 5.1: Princip delovanja nadzornega sistema [13]

Sisteme SCADA tvorijo štiri temeljne komponente (slika 5.2):

- oddaljene terminalne enote (RTU) oz. podatkovni koncentradorji,
- komunikacijski sistem,
- glavni nadzorni sistem in
- vmesnik človek – sistem (HMI – Human Machine Interface).



Slika 5.2: Komponente sistema SCADA [16]

Oddaljene terminalske naprave (angl. RTU – Remote Terminal Unit) predstavljajo povezavo med nadzornim sistemom in napravami, ki jih ta nadzira. V glavnem so trdo ožičene mikroprocesorske naprave, ki procesirajo preko ustreznih vmesnikov zbrane podatke nadzorovanih naprav in jih posredujejo v glavni nadzorni sistem. Prav tako pa ukaze, ki jih prejmejo od glavnega nadzornega sistema, posredujejo v izvrševanje nazaj k tem napravam. V današnjem času RTU-je počasi nadomeščajo podatkovni koncentradorji in napredne (pametne) elektronske naprave (IED – Intelligent electronic device), ki so s svojimi naprednimi funkcionalnostmi del vodenih naprav in so preko standardiziranih protokolov sposobne že same komunicirati z glavnim nadzornim sistemom [16].

Komunikacijski sistem ima pri delovanju sistema SCADA pomembno vlogo. Po njem glavni nadzorni sistem prejema in si izmenjuje podatke z RTU-ji oz. IED-ji. Omogočati mora stabilno, varno, zanesljivo in hitro prenašanje podatkov, kar je še posebej pomembno pri operacijah, ki se morajo izvajati v realnem času. Komunikacijski sistem sestavljajo ustrezna omrežna infrastruktura, vmesniki in protokoli. Zaradi zahtev po zanesljivosti se gradijo v obsegu, ki zagotavlja zadostno redundanco [16].

Glavni nadzorni sistem predstavlja srce sistema SCADA, od njega pa pričakujemo, da bo vse prejete podatke pravočasno in pravilno obdelal ter nam z rezultati nudil ustrezno podporo pri sprejemanju odločitev. Prav tako pričakujemo, da bo vse ukaze zanesljivo posredoval napravam na terenu in nadzoroval njihovo izvrševanje. Glavni nadzorni sistem sestavljajo različni računalniki, strežniki, raznovrstna periferna oprema in ustrezni vmesniški sistemi, ki dispečerju pomagajo nadzirati stanje na terenu. Delimo ga na strojno opremo, ki mora biti visoko kakovostna in zanesljiva, saj od nje zahtevamo neprekinjeno delovanje (režim 24/7/365), z visoko zanesljivostjo 99,999...%), in na programski del, ki je odvisen od namena in obsega naših zahtev. Zaradi zahtev po visoki zanesljivosti delovanja sistema tudi na področju strojne opreme zagotavljamo zadostno redundanco. Programski del delimo na osnovne SCADA funkcionalnosti, ki nam omogočajo zajem nadzor in upravljanje nadzorovanega sistema ter hranjenje podatkov, izdelavo poročil in ustrezen uporabniški vmesnik. Napredne funkcionalnosti pa nam omogočajo poglobljeno in obširnejšo analizo nadzorovanega sistema. Lahko jo izvajamo v realnem času ali v simulacijskem načinu. Na podlagi takšnih analiz je sprejemanje odločitev lažje in hitrejše. Simulacijski način je pomemben in ga pogosto uporabljamo za usposabljanje dispečerjev. Napredne funkcionalnosti vsebujejo tudi orodja, ki lahko na podlagi uporabe kompleksnih odločitvenih sistemov precej avtomatizirajo naše delo [16].

Oznaka HMI (Human Machine Interface) se uporablja za četrto komponento, ki opisuje **vmesnik človek – sistem**². V primeru sistemov SCADA pojmuje pod tem izrazom prostor z vsemi elementi sistema, ki omogočajo izvajanje interakcije med operaterji in sistemom. Primarni cilj vmesnika je učinkovito nadziranje in upravljanje nadzorovanega procesa oz. sistema. Načrtovan in implementiran mora biti na način, ki dispečerju nudi jasen, nedvoumen in popoln pregled nad informacijami o sistemu. Primarno vodilo pri pripravi vmesnika je, da mora dispečer vložiti minimalni napor za zaznavo zelene informacije. HMI za posamezno delovno mesto vsebuje več monitorjev, ki omogočajo različne poglede na sistem (lista alarmov, seznam meritev, satelitske slike ...). Za prikazovanje obratovalne sheme omrežja se uporabljajo stenski prikazovalniki («video wall»).

² V diplomski nalogi ne uporabljamo direktnega prevoda človek – stroj, saj se oznaka nanaša na celovito rešitev, vključno s prostorom in postavitvijo opreme.

V domeno takšnega vmesnika sodijo tudi periferne naprave in telekomunikacijske naprave, ki jih dispečer uporablja pri svojem delu. Primer delovnega mesta v DCV-ju prikazuje slika 5.3.

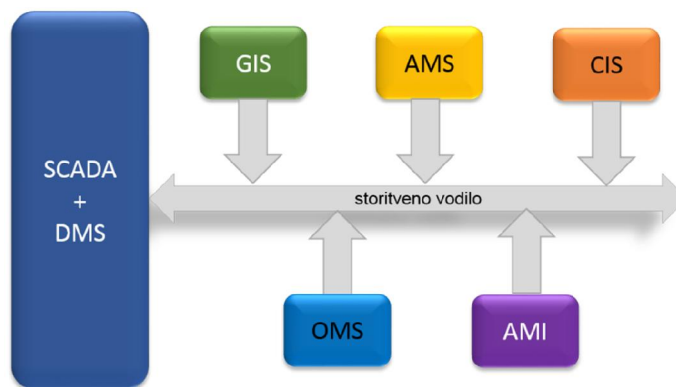


Slika 5.3: Delovno mesto v DCV-ju [4]

Sistem SCADA je ključno orodje za vodenje in nadzor DEES-a, ki pa za učinkovito izvajanje nalog potrebuje tudi podatke nekaterih drugih sistemov. Z razvojem električnih omrežij v smeri koncepta pametnih omrežij (»Smart Grids«) se število teh sistemov nenehno povečuje. Na sliki 5.4 prikazujemo koncept, ki se s to paradigmo uveljavlja na nivoju distribucijskih omrežja. Sistemi, ki postajajo nepogrešljivi, so:

- DMS (Distribution Management System) – sistem za upravljanje z distribucijskim omrežjem,
- OMS (Outage Management System) – sistem za upravljanje z izpadi,
- GIS (Geographic Information System) – geografski informacijski sistem,
- CIS (Customer Information System) – sistem za upravljanje odjemalcev,
- AMS (Assets Management System) – sistem za upravljanje s sredstvi,

- AMI/AMR (Advanced Metering Infrastructure/Automated Metering Reading) oz. MDM³ (Metering Data Management) – sistemi za upravljanje z naprednimi meritvami.



Slika 5.4: Primer integracije sistemov v distribucijski nadzorni center [16]

5.2 Geografski informacijski sistem

Geografski informacijski sistemi (GIS) so zaradi svoje uporabnosti postali nujni deli informacijskih rešitev na vseh področjih, kjer se srečujemo s prostorskimi informacijami. Nepogrešljivi so na področjih geodezije, gradbeništva, kmetijstva, prometa in logistike, infrastrukturnih dejavnosti, meteorologije, vojske ...

So uporabniški informacijski sistemi, v katerih elemente realnega sveta predstavimo z osnovnimi grafičnimi entitetami: točko, linijo⁴ in poligoni. Te entitete vsebujejo tudi informacijo o svoji poziciji v prostoru. Vsaki lahko dodamo poljubno mnogo atributov, s katerimi jo dodatno opišemo. Na ta način smo opisne podatke nekega objekta umestili v prostor. Tako opisane objekte nato združujemo v tematske sloje, ki jih lahko ustrezno analiziramo, vizualiziramo ali v kombinaciji z drugimi sloji prikažemo kot celovito

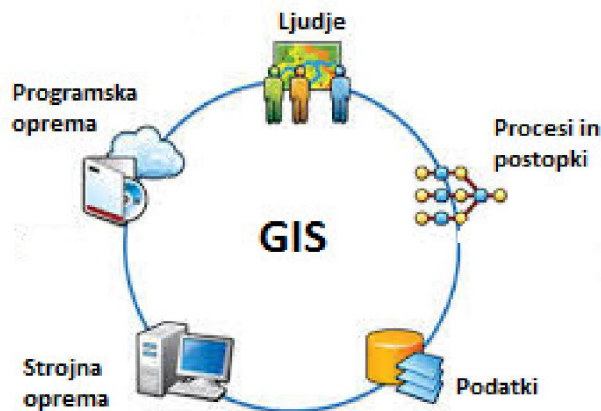
³ V novejšem času se zaradi kompleksnosti področja večinoma uporablja kratica MDM, ki opisuje tako sistem za upravljanje z merilno infrastrukturo kot napredne sisteme za integracijo različnih merilnih sistemov in upravljanje z rezultati meritev.

⁴ s tem opisom je mišljena linija z več lomnimi točkami in povezavami med njimi. Pogosto uporabljena sta tudi izraza polilinija ali lomljenka.

prostorsko informacijo. Pogosto jih natisnemo kot tematske karte. Geografskih informacijskih sistemov ne moremo smatrati samo kot programske produkte, zato je primernejša sledeča definicija:

»Geografski informacijski sistem služi za zajemanje, shranjevanje, vzdrževanje, obdelavo, povezovanje, analiziranje in predstavitev prostorskih geokodiranih podatkov. Sestavljajo ga strojna oprema, posebna programska oprema, uporabniške aplikacije, baza prostorskih podatkov, vzdrževalci in predvsem uporabniki informacijskega sistema.« [15]

Osnovne komponente takšnega sistema prikazuje slika 5.5.



Slika 5.5: Komponente sistema GIS [12]

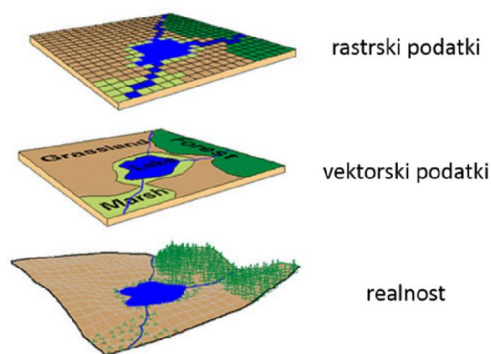
Pri sistemih GIS so pomembni trije glavni vidiki:

- podatkovni vidik,
- modelni vidik in
- vidik vizualizacije.

5.2.1 Podatkovni vidik

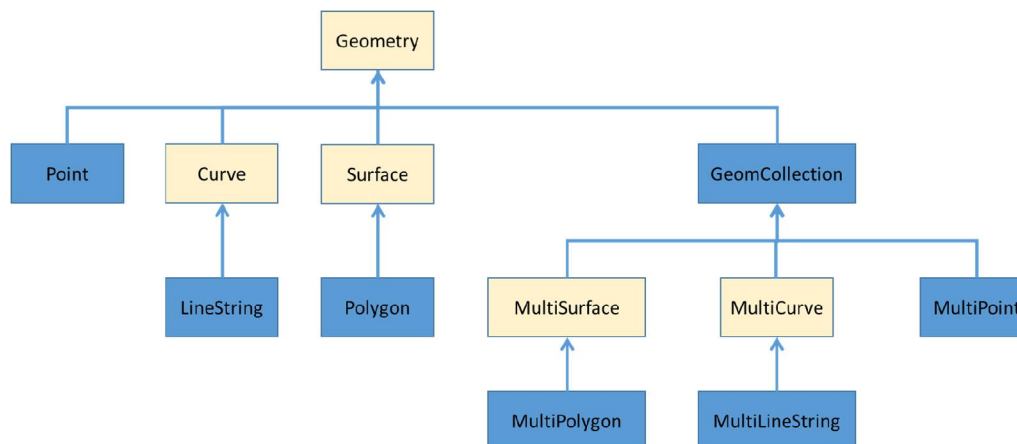
V sistemih GIS delimo podatke na prostorske (»spatial data«) in ne-prostorske (»non-spatial data«) oz. atributne podatke. Za opis prostorskih podatkov uporabljamo dva osnovna načina, in sicer vektorskega ali rastrskega, medtem ko atributne podatke zapisujemo v tabelarni obliki.

Osnovna gradnika **vektorskih podatkov** sta točka in linija, iz katerih so zgrajeni vsi ostali tipi vektorskih podatkov. S tema elementoma je mogoče opisati vse objekte realnega sveta. Pri **rastrskem** načinu je objekt predstavljen z matriko točk, od katerih ima vsaka določeno svojo vrednost (vrednosti 0–255). Kaj raster predstavlja, je opredeljeno s strani uporabnika. V praksi lahko predstavljajo na primer višine, satelitske, fotogrametrijske posnetke, temperature ... S postopki vektorizacije in rasterizacije je mogoča tudi pretvorba med tema tipoma podatkov. Z združevanjem teh vrst podatkov v različne sloje, kot je prikazano na sliki 5.6, opisujemo realni svet.



Slika 5.6: Opis realnega sveta z združevanjem prostorskih podatkov [7]

V sistemih GIS podatke vedno obravnavamo v digitalni obliki, zato jih moramo ustrezno shraniti. Na področju opisa prostorskih podatkov obstaja mnogo različnih formatov, zato omenjamo konzorcij OGC (Open Geospatial Consortium), ki je mednarodno združenje za standardizacijo na področju geografskih informacijskih sistemov. Prostorske podatke v večini primerov hranimo v podatkovnih bazah, ki morajo podpirati shranjevanje prostorskih podatkovnih tipov. V preteklosti so bile za ta namen potrebne precej drage razširitve z ustreznimi nadgradnjami (npr. »Spatial extenderji«), danes pa večina vodilnih podatkovnih baz podpira prostorske podatkovne tipe že v osnovni različici. To je pomembno predvsem zaradi možnosti izvajanja strukturiranih (SQL) poizvedb tudi po teh tipih. Na sliki 5.7 vidimo strukturo prostorskih podatkovnih tipov, ki jih podpira podatkovni strežnik MS SQL 2016.



Slika 5.7: Prostorski podatkovni tipi na podatkovnem strežniku MS SQL 2016 [11]

Uporaba prostorskih podatkovnih baz nam prinaša kar nekaj prednosti pred datotečnim hranjenjem, in sicer [15]:

- centralizirano shranjevanje podatkov ,
- uporabo pravil in relacij nad prostorskimi in atributnimi podatki,
- zagotavljanje integritete podatkov,
- integracijo podatkov z ostalimi podatkovnimi bazami,
- repliciranje in arhiviranje,
- razširljivost in prilagodljivost,
- večuporabniški način uporabe podatkov in
- možnost kreiranja naprednih prostorskih relacijskih modelov (topologija, mreže).

5.2.2 Modelni vidik

Za uspeh in uporabnost informacijskega sistema je pomembno trajno proizvodjanje kakovostnih informacij, kar dosežemo z dobro organiziranimi in strukturiranimi podatki, ki jih pridobimo z implementacijo ustreznega podatkovnega modela [12][15]. Podatkovni model predstavlja našo abstrakcijo realnega sveta. Pri tem je za nekatera področja uporabe ključna možnost topološke organizacije elementov, kar je pomembna prednost geografskih sistemov. Namen topološke organiziranosti je, da o sredstvih vodimo informacije o medsebojni povezanosti in sosedstvu sredstev.

Geografski sistemi se zelo izkažejo na področju analiz, saj izkoriščamo vse prednosti ki jih nudijo relacijski modeli, kjer podatke medsebojno povezujemo na temelju skupnih ključev. V geografskih sistemih lahko po istem principu povezujemo tudi sredstva, katerih edini skupni ključ je lokacija. Obseg izvajanja geografskih analiz zelo razširijo pretvorbena orodja, ki omogočajo izdelavo novih geografskih podatkov iz že obstoječih. Postopek imenujemo geoproceniranje. S pravo kombinacijo podatkov in analitičnih pravil lahko s tem pristopom rešimo kopico nalog, za katere bi morali sicer razvijati namenske rešitve.

5.2.3 Vizualizacija

Osnovni principi sistemov GIS izvirajo s področja kartografije, zato lahko predpostavljamo, da je končni cilj uporabe teh sistemov vizualizacija podatkov oz. rezultatov analiz. Ljudje smo vizualno naravnana bitja in zato informacije bistveno lažje ovrednotimo s slike, ki jo vidimo, kot iz tekstovnih ali tabelarično zapisanih podatkov.

Postopek vizualizacije ni samo tehničen, pomembna je tudi umetniška komponenta. Z izbiro pravih simbolov, barv in drugih elementov lahko želene informacije ustrezno poudarimo, ponazorimo (npr. sorodnost med skupinami informacij) ali dosežemo kakšen drug učinek. S tem lahko vplivamo tudi na rezultate odločitev.

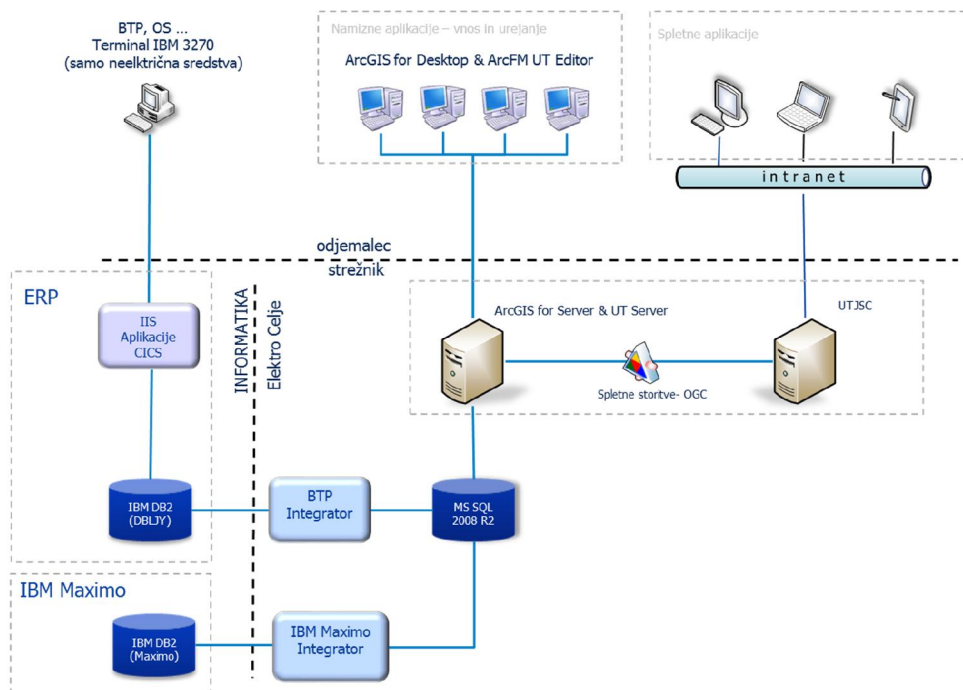
Pogosto iste podatke prikažemo tudi na več različnih načinov (npr. obarvanje po kombinaciji različnih atributov), kar nam omogoča njihovo celovitejše razumevanje. Z ustrezno vizualizacijo lahko samo vsebino precej nadgradimo.

5.3 GIS v Elektru Celje, d. d.

V podjetju Elektro Celje, d. d. smo pričeli z uporabo prvih geografskih aplikacij konec devetdesetih let. Na podlagi dokaj skromnih podatkov, ki smo jih imeli na razpolago, smo z nekaj namiznimi aplikacijami izvajali preproste prostorske analize. Že takrat smo se odločili za uporabo programske opreme ArcView priznanega ameriškega proizvajalca ESRI (Environmental Systems Research Institute). Po nekaj letih smo namizne aplikacije nadgradili s strežniško rešitvijo in vzpostavili centralno geografsko podatkovno bazo ter

izdelali prve spletne pregledovalnike. Hkrati smo na terenu z GPS napravami pričeli organizirano zajemati podatke o omrežju.

S količino zajetih podatkov je uporabnost geografskega informacijskega sistema rastla in postal je nepogrešljiv pripomoček pri izvajanju nalog podjetja. Ugotovili smo, da je za večjo učinkovitost sistem GIS potrebno integrirati še z nekaterimi drugimi informacijskimi rešitvami, ki jih vpeljujemo oz. uporabljamo v podjetju. Odločili smo se, da obstoječ geografski sistem nadgradimo s produktom ArcFM UT, ki je specializirana rešitev za uporabo v infrastrukturnih podjetjih. S to nadgradnjo, v okviru katere smo, kot kaže slika 5.8, lahko izvedli integracije tudi z drugimi informacijskimi sistemi podjetja, je sistem GIS postal primarna vnosna točka za podatke o sredstvih električnega omrežja. Zaradi ažurnosti in nabora podatkov predstavlja glavni vir podatkov o sredstvih omrežja za ostale informacijske sisteme v podjetju. Izdelek, ki ga uporabljamo, ponuja širok nabor različnih funkcionalnosti, ki jih je mogoče nadgrajevati in preko programskih vmesnikov uporabljati tudi v drugih rešitvah, zato predstavlja tudi ključni del informacijske rešitve, ki jo obravnavamo v diplomski nalogi.

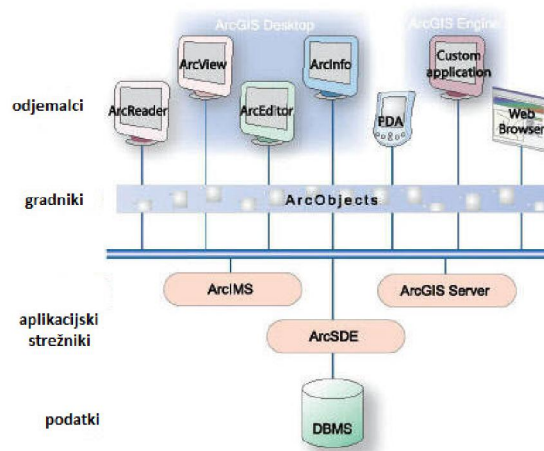


Slika 5.8: Arhitektura sistema GIS v Elektru Celje, d.d.

5.4 ArcGIS

ArcGIS je integrirana skupina programske opreme za geografske informacijske sisteme ameriškega podjetja ESRI, enega izmed največjih proizvajalcev tovrstne opreme na svetu. Sestavljajo jo strežniške, namizne, spletne in mobilne rešitve. Izdelane so na osnovi gradnikov »ArcObjects«, ki so izdelani kot COM (Component Object Model) komponente [7].

Proizvajalec ponuja tudi razvojno okolje, v katerem so na voljo obširne programske knjižnice (API) z omenjenimi gradniki. V tem razvojnem okolju je mogoče razširjati funkcionalnosti obstoječih rešitev ali izdelati popolnoma nove. Arhitektura tehnologije je prikazana na sliki 5.9.



Slika 5.9: Tehnologija ArcGIS [7]

Jedro tehnologije ArcGIS predstavlja geografska podatkovna baza (GDB-»geodatabase«). GDB implementiramo z namestitvijo strežnika ArcSDE (Spatial Data Engine) nad relacijsko podatkovno bazo, kjer ima vlogo aplikacijskega strežnika. ArcSDE podpira shranjevanje in operacije nad prostorskimi podatki v relacijskih bazah MS SQL Server, Oracle, IBM DB2, Informix in PostgreSQL. Omogoča tudi implementacijo naprednih prostorskih relacijskih modelov, kot so na primer geometrične mreže. Programska oprema ArcGIS že v osnovi vsebuje veliko funkcionalnosti in analitičnih orodij, zato je že kot taka primerna za uporabo na širokem spektru področij. Omogoča tudi nadgradnje z

razširitvenimi moduli (t. i. ekstenzije), ki pa vsebujejo specializirana orodja, ki so razvita za specifična področja uporabe (npr. Schematics, SpatialAnalyst, 3D Analyst, Maplex ...).

5.5 ArcFM UT

ArcFM UT je produkt nemškega proizvajalca AED SICAD, ki nadgrajuje tehnologijo ArcGIS s specializirano rešitvijo za podjetja, ki se ukvarjajo s komunalnimi infrastrukturami (elektrika, vodovod, telekomunikacije, odpadne vode, plinovod). Združuje znanje in izkušnje z domenskega področja in prednosti tehnologij ArcGIS. Izdelek vsebuje ogrodje podatkovnega modela, ki je nastal v sodelovanju s podjetji prej omenjenih področij ter na podlagi mednarodnih izkušenj in dobrih praks. Bistvene prednosti izdelka so njegov podatkovni model in funkcionalnosti, ki so bile razvite nad njim. Napredni so tudi uporabniški vmesniki, ki ponujajo celovit pregled podatkov, in orodja, ki zelo olajšajo in pohitrijo vnos podatkov. V našem primeru je ključno, da se ob vrisovanju sredstev vzporedno gradi tudi topološki model omrežja v obliki geometrične mreže. V energetskih podjetjih je tak model nujen za izvajanje omrežnih analiz in predpogoj za integracije s sodobnimi procesnimi sistemi.

5.6 Geometrične mreže

Geometrična mreža je objekt v GDB, ki predstavlja način modeliranja omrežne infrastrukture realnega sveta. Z njimi ponazarjamo električna, vodovodna in telekomunikacijska omrežja, reke ... Namen njihove uporabe je konsistentno opisovanje topoloških razmerij med objekti realnega sveta in izvajanje mrežnih analiz. Osnovna gradnika, ki sestavljata geometrično mrežo, sta vozlišče in povezava [9].

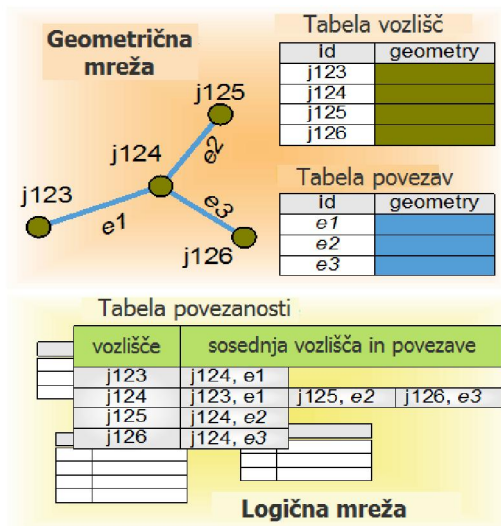
Vozlišče je točkovni objekt, na katerega je mogoče priključiti eno ali več povezav, preko katerih je omogočen prehod do sosednjih vozlišč. V primeru elektroenergetskih omrežij z vozlišči opisujemo generatorje, transformatorje, različne transformatorske postaje, odjemalce, stikala ... Posebej pri slednjih je pomembna za vozlišče obvezna lastnost, ki nam pove, ali je pot preko vozlišča mogoča ali ne. Z njo opisujemo preklopna stanja stikal. Vozliščem lahko določimo tudi vlogo, da predstavljajo izvor (angl. »source«) ali ponor (angl. »sink«), kar je nujna lastnost pri analiziranju mrežnih tokov.

Povezava v geometrični mreži predstavlja linijski element, ki omogoča prehod iz enega vozlišča v drugega. Tako kot vozlišče vsebuje lastnost, ki pove, ali je prehod preko nje mogoč. Povezava se vedno začne v enem in konča v drugem vozlišču.

V električnih omrežjih s povezavami v glavnem opisujemo vodnike ali zbiralnice. Obstajata dva tipa povezav:

- **enostavne povezave**, ki so vedno povezane na natanko dve vozlišči, in
- **kompleksne povezave**, ki med krajnima vozliščema vsebujejo še dodatna vozlišča, ki osnovne povezave ne prekinjajo.

Geometrično mrežo tvorimo iz podatkovnih slojev v GDB. Slojem določimo vloge (vozlišča, povezave) in topološka pravila, po katerih morajo oz. smejo biti povezani. Ob vnosu elementov se ti ustrezno zapisujejo v tabelo vozlišč ali povezav. Hkrati se za vsako geometrično mrežo, kot vidimo na sliki 5.10, ustvari tudi tabela, ki predstavlja logično mrežo in v katero se zapisujejo vse povezave nekega vozlišča. Povezave se vzpostavljajo na podlagi geometrijskih sovpadanj (prekrivanje končnih koordinat elementov). Orodja za delo s podatki v geometrični mreži skrbijo, da se topologija omrežja konsistentno ohranja. Če v grafičnem delu krajevno premaknemo element, ki predstavlja vozlišče, se morajo zaradi ohranjanja topologije premakniti tudi vse povezave, ki so povezane s tem vozliščem.



Slika 5.10: Struktura opisa geometrične mreže [8]

Osnovne operacije, ki jih izvajamo nad geometrično mrežo, so:

- iskanje povezanih elementov,
- sledenje po omrežju proti viru (po omrežju navzgor),
- sledenje po omrežju proti ponorom (po omrežju navzdol) in
- iskanje najkrajše poti med dvema vozliščema.

ArcFM UT funkcionalnosti geometričnih mrež še razširja z uvedbo dodatnih lastnosti vozlišč, ki določajo, ali ima objekt funkcijo:

- razmejevanja med dvema napetostnima nivojema,
- razmejevanja tokokroga,
- razmejevanja izvoda,
- prekinjanja tokokroga.

Glede na te funkcije lahko prilagajamo tudi sledenje po omrežju.

Tudi za ArcFM UT so na voljo programske knjižnice (API), ki omogočajo uporabo naštetih funkcionalnosti in lastnosti v programski kodi.

6 MODULI INFORMACIJSKE REŠITVE

Načrtovanje informacijske rešitve smo razdelili na štiri smiselne funkcijske celote, ki smo jih poimenovali moduli. Razdelili smo jih na:

- modul za pripravo podatkov o konfiguraciji sistema,
- modul za klasificiranje prekinitev,
- modul za topološko analizo prekinitve in
- modul za izračunavanje parametrov in pripravo poročil.

V modulu za pripravo podatkov o konfiguraciji sistema bomo proces optimizirali na način, da bomo razpoložljive podatke samodejno pridobili iz dostopnih virov in z uporabo funkcionalnosti sistema GIS poenostavili preverjanje in ažuriranje določenih atributov.

V modulu za klasificiranje prekinitev bomo obdelali zapise, ki jih je, kot smo omenili v poglavju o načrtovanju rešitve, hipotetično mogoče prejeti od sistema SCADA. Združili jih bomo v prekinitev, ki jih bomo klasificirali in bodo predstavljale osnovno entiteto za izračunavanje kazalnikov.

V modulu za topološko analizo prekinitve bomo na podlagi seznama dogodkov posamezne prekinitve ustrezno prilagajali stanja stikal in s sledenjem po omrežju ugotovili, koliko časa je bilo v okviru posameznega dogodka kakšno število odjemalcev brez električne energije. S tem bomo pridobili ključne podatke za izračun kazalnikov.

V zadnjem modulu, ki je namenjen izračunavanju kazalnikov, bomo postopek izračunavanja avtomatizirali, prav tako tudi postopek generiranja zahtevanih poročil.

6.1 Modul za pripravo podatkov o konfiguracija sistema

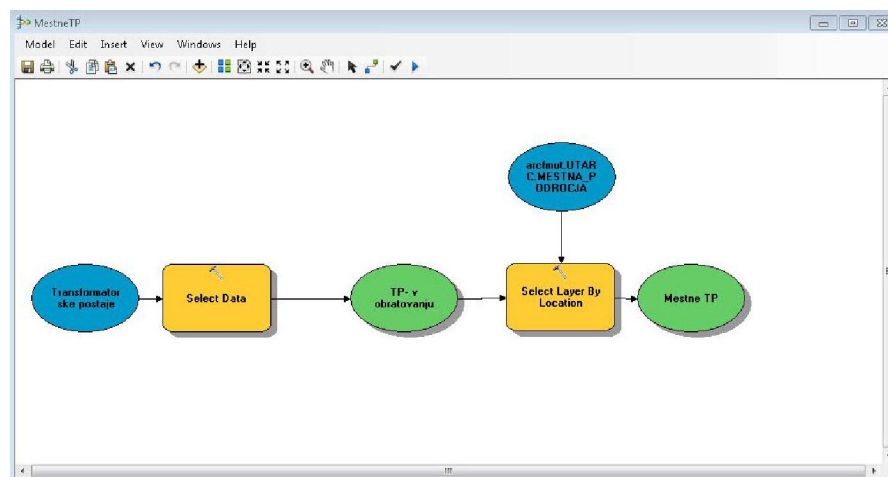
Podatki o konfiguraciji sistema so pogoj za izvajanje poročanja tako neprekinjenosti napajanja kot ostalih poročil. V Aktu o pravilih monitoringa kakovosti oskrbe z električno energijo [2] so opredeljene ravni opazovanja. Od distribucijskih podjetij je zahtevano spremljanje neprekinjenosti na nivoju SN izvodov omrežja iz RTP/RP.

V poročilu o konfiguraciji sistema je potrebno posredovati:

- naziv posameznih RTP/RP in SN izvodov omrežja,
- geografske koordinate posameznih RTP/RP,
- statistični tip, dolžino in povprečno moč posameznega SN izvoda omrežja,
- informacijo o vključenosti posameznih izvodov v sistem SCADA,
- število odjemalcev, napajanih s posameznega izvoda omrežja.

V podjetju velja poslovno pravilo, da je potrebno vsa sredstva DEES-a najprej vnesti v GIS, kjer pridobijo unikatni identifikator, šele nato se jih sme vnesti v ostale sisteme (tudi v sistem SCADA). Zato smo za pripravo konfiguracije sistema uporabili podatkovno bazo sistema GIS.

Sredstva v sistemu GIS so vodena v podatkovnem modelu, ki implementira hierarhično strukturo sredstev in relacije med posameznimi strukturami. Podatkovni model opisuje statično stanje DEES-a. Nekatere spremenljivke, kot je npr. statistični tip TP, so odvisne od zunanjih podatkov, ki jih periodično prejemamo od zunanjih partnerjev, zato jih je potrebno pred uporabo podatkov za konfiguracijo preveriti in ažurirati. Za izvajanje ponovljivih opravil, ki se nanašajo na geografske podatke, je smiselno pripraviti orodja za geoprociesiranje. Orodja lahko pripravimo v skriptnem jeziku Python ali jih sestavimo s pomočjo gradnikov v modulu za grafično modeliranje. V tem modulu, ki ga vidimo na sliki 6.1, smo pripravili orodje, s katerim za vse transformatorske postaje preverimo ali ležijo v mestnem statističnem področju, in jim na podlagi rezultata ustrezno ažuriramo attribute.



Slika 6.1: Priprava orodja za geoprociesiranje v Model Builderju

Podatke o sredstvih z ustreznimi poizvedbami, kot je prikazana na sliki 6.2, preberemo iz podatkovne baze sistema GIS in jih zapišemo v tabele IZVOD, RTP in TP v podatkovni bazi aplikacije. Do podatkovne baze sistema GIS dostopamo preko povezovalnega strežnika (»linked server«), ki smo ga implementirali v ta namen .

```
select rtp.A021SIF as RTP_SIF, rtp.A021NAZ as RTP_NAZIV,
(case when rtp.class_id = 90024 then 'RTP' else 'RP' end) as RTP_TIP,
b.A021SIF as IZVOD_SIF, b.A021NAZ as IZVOD_NAZIV, c.value as TIP
from MS_UTARC.OCL_MV_UT_B_BRANCH b
inner join MS_UTARC.OCL_MV_UT_OBJECT o on o.obj_id = b.obj_id
and o.UTSTATUS = 3 and b.tip = 36
inner join MS_UTARC.OCL_MV_UT_E_PANEL p on p.IZVOD_ID = b.OBJ_ID
inner join MS_UTARC.OCL_MV_UT_E_BUS_SECTION st on st.obj_id = p.stikalisce_id
inner join MS_UTARC.OCL_UT_E_STATION rtp on rtp.obj_id = st.rtp_ID
inner join MS_UTARC.UT_C_CATALOG c on c.operator = b.tip_izvoda
and c.class_id = 90001 and c.attribute = 'TIP_IZVODA'
```

Slika 6.2: Poizvedba za pridobivanje podatkov o omrežju

Za določitev tipa izvoda omrežja je pomembno razmerje med mestnimi in podeželskimi TP-ji, ki jih napaja. Tip določimo po sledečih kriterijih, ki jih predpisuje zakonodaja [2]:

- mestni SN izvod iz RTP/RP je SN izvod, pri katerem vsaj dve tretjini napajanih TP leži znotraj mestnega statističnega območja,
- podeželski SN izvod iz RTP/RP je SN izvod, pri katerem vsaj dve tretjini napajanih TP leži izven mestnega statističnega območja,
- mešani SN izvod iz RTP/RP je SN izvod, ki ne zadosti nobenemu od prej navedenih kriterijev.

Z uporabo metode za sledenje po omrežju proti ponoru (slika 6.3), ki jo izvedemo s klicem v podatkovno bazo sistema GIS, iz geometrične mreže pridobimo seznam TP, povezanih na posamezen izvod omrežja in iz rezultatov izračunamo zgoraj navedeni parameter.


```
private IList<IFeature> PoisciTPIzvoda(IFeature junctionFeature, UtilityApplicationShell
shell)
{
    // Nastavitev začetne točke sledenja
    TraceFeature flagTraceFeature = new TraceFeature(junctionFeature,((IPoint)
junctionFeature.ShapeCopy));

    // nastavitve iskalnih možnosti
    TraceSearchOptions searchOptions = new TraceSearchOptions();
    searchOptions.SearchJunctions = true;
    searchOptions.SearchLines = false;

    //nstavitev omejitev sledenja
    TraceStopOptions stopOptions = new TraceStopOptions();
    stopOptions.StopAtNetlevelDelimiter = true;
    stopOptions.StopAtBranchDelimiter = true;
    stopOptions.StopAtCircuitDelimiter = false;
    stopOptions.StopAtElecIsoDevDelimiter = false;
    stopOptions.StopAtOpenSwitch = true;
    stopOptions.StopAtUtilityClassId = false;

    TraceResultOptions resultOptions = new TraceResultOptions();
    resultOptions.NewResultSet = true;
    resultOptions.AppendResultSet = false;
    resultOptions.SelectResultFeatures = false;
    resultOptions.HighlightResult = false;
    resultOptions.ZoomToSelection = false;

    TraceOptions traceOptions = new TraceOptions();
    traceOptions.SearchOptions = searchOptions;
    traceOptions.StopOptions = stopOptions;
    traceOptions.ResultOptions = resultOptions;
    traceOptions.TraceSelectedJunctions = false;
    traceOptions.TraceSelectedLines = false;
    traceOptions.IgnorePhases = true;
    traceOptions.IncludeBarriers = false;
    traceOptions.MaxResultFeatures = -1;
    traceOptions.UtilityClassId = null;
    traceOptions.MaxTraceDistance = 0;
    traceOptions.CombiObjectCatalogValue = -1;
    traceOptions.CombiObjectCatalogEntries = null;

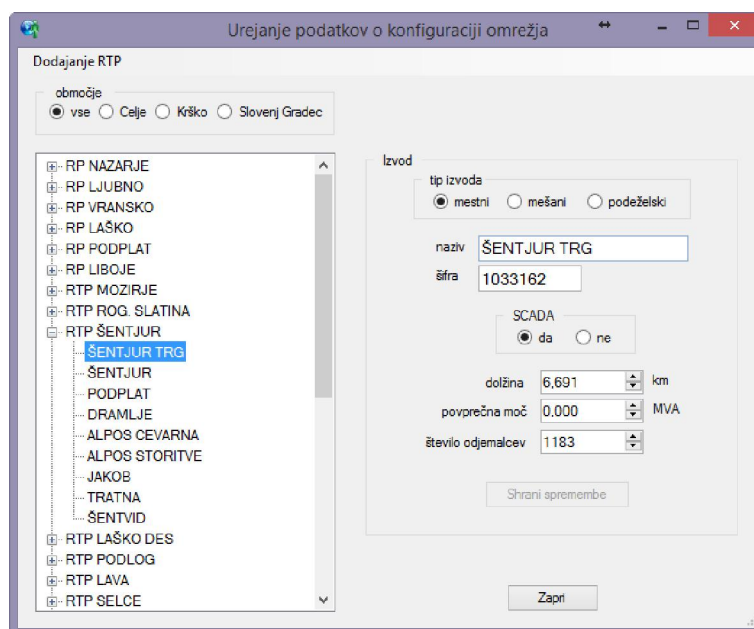
    // Zagon sledenja po omrežju navzdol
    DownstreamTrace downstreamTrace = new
DownstreamTrace(shell,flagTraceFeature, traceOptions);
    IList<IFeature> traceResultList = downstreamTrace.ExecuteTrace();

    return traceResultList;
}
```

Slika 6.3: Primer programske kode za sledenje proti ponoru

S pomočjo funkcije iskanja povezanih objektov (»FindConnected Trace«) iz iste izhodiščne toče in nastavitvijo parametra iskanja po linijskih objektih, pridobimo seznam vseh povezanih linijskih odsekov, iz katerih izračunamo skupno dolžino izvoda.

Poročilo o konfiguraciji sistema zahteva tudi podatke, ki jih ne vodimo v GIS-u, zato smo pripravili tudi vmesnik za dodatno konfiguracijo, v katerem lahko uporabnik doda manjkajoče podatke. Kot vidimo na sliki 6.4, vmesnik hkrati služi tudi kot pregledovalnik podatkov relacij med sredstvi, ki so predmet poročanja.



Slika 6.4: Pregledovalnik konfiguracije omrežja

6.2 Modul za klasificiranje prekinitev

Kot smo do sedaj že večkrat omenili, je ključni element nadzora DEES-a sistem SCADA, ki od naprav na terenu, vključenih v sistem daljinskega vodenja, prejema ustrezne podatke in jih beleži v lastni procesni podatkovni bazi. Ti zapisi predstavljajo različne dogodke, od obvestil o izklopih ali vklopih stikal, delovanja zaščite, regulacije, preverjanja komunikacije z napravo do obvestil o vstopu v energetski objekt.

V uvodu smo poudarili, da izmenjave podatkov s sistemom SCADA v realnosti iz poslovnih razlogov nismo implementirali. Zato ta modul gradimo na predpostavki, ki smo jo postavili v poglavju o načrtovanju aplikacije. Predpostavljamo, da se dogodki ob vpisu v procesno podatkovno bazo hkrati sinhronizirajo z izmenjevalno podatkovno bazo na strežniku v območju DMZ. Od tam jih je z ustreznimi mehanizmi mogoče sinhronizirati v podatkovno bazo aplikacije. Dejanski format zapisa dogodka v izmenjevalni tabeli v območju DMZ niti ni najpomembnejši, saj ga lahko v procesu sinhronizacije podatkov, z uporabo orodij ETL (extraction, transformation and loading) tudi ustrezno preoblikujemo. Vseeno pa mora zapis o dogodku, za uspešno obdelavo, vsebovati vsaj:

- datum in čas dogodka,
- identifikacijo elementa, ki ga opisuje dogodek,
- vsebino dogodka.

Poglejmo si primere zapisov dogodkov, kot jih je mogoče pridobiti iz obstoječega sistema (slika 6.5) :

11.01.2016	16:48:59,056	CELJE	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA	CB :Q0	ODKL. status spont. IZKLOP	
11.01.2016	16:48:59,139	CELJE	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA		IND OBČ. USM. ZEM. Z DELOVANJE	clear
11.01.2016	16:48:59,253	CELJE	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA	CB :Q0	Normalno ON IS=OFF	raise
11.01.2016	16:48:59,460	CELJE	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA	CB :Q0	ODKL. status spont. VKLOP	
11.01.2016	16:49:00,070	CELJE	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA		IND OBČ. USM. ZEM. Z DELOVANJE	raise
11.01.2016	16:49:00,136	CELJE	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA	CB :Q0	ODKL. status spont. IZKLOP	
11.01.2016	16:49:00,219	CELJE	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA		IND OBČ. USM. ZEM. Z DELOVANJE	clear
11.01.2016	16:49:00,594	CELJE	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA		IND APV	DELOVANJE
11.01.2016	16:49:01,938	CELJE	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA		IND NAPET. 20KV	IZOSTALA
11.01.2016	16:49:02,674	CELJE	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA		IND DET. ZEM. STIKA	START
11.01.2016	16:49:03,000	CELJE	TOW:ZADOBROVA TČ.106		IND SN IZPAD	DOVOD raise
11.01.2016	16:49:03,000	CELJE	TOW:DVLM GMAJNA		IND SN IZPAD	ODVOD raise
11.01.2016	16:49:04,000	CELJE	TOW:ZADOBROVA TČ.106		IND SN IZPAD	ODVOD raise
11.01.2016	16:49:04,000	CELJE	TOW:DVLM GMAJNA		IND SN IZPAD	DOVOD raise
11.01.2016	16:49:18,000	CELJE	TOW:FRANKOLOVO		IND IZPAD AC	ALARM
11.01.2016	16:49:18,000	CELJE	TOW:FRANKOLOVO		IND ZEMELJSKOST. Z	ALARM
11.01.2016	16:49:19,000	CELJE	TOW:FRANKOLOVO		IND ZEMELJSKOST. Z	ALARM
11.01.2016	16:49:59,000	CELJE	PS :TP SOCKA 20 C03 DV STRAŠE		IND NAPET. 20KV	PRISOTNA
11.01.2016	16:49:59,000	CELJE	TOW:LJUBEČNA		IND PRETOKOVNA Z.	ALARM
11.01.2016	16:49:59,000	CELJE	PS :TP STRMEC		IND AVT. AC,DC	IZPAD clear
11.01.2016	16:49:59,000	CELJE	PS :TP STRMEC 20 C04 DV LJUBEČNA		IND NAPET. 20KV	PRISOTNA
11.01.2016	16:49:59,000	CELJE	PS :TP STRMEC 20 C06 TRANSF. CELICA		IND NAPET. 20KV	PRISOTNA
11.01.2016	16:49:59,000	CELJE	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA	CB :Q0	Normalno ON IS=OFF	clear
11.01.2016	16:50:00,000	CELJE	TOW:LJUBEČNA		IND PRETOKOVNA Z.	ALARM
11.01.2016	16:50:00,230	CELJE	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA	CB :Q0	ODKL. status spont. VKLOP	

Slika 6.5: Dogodki v sklopu prekinitve

Ugotovimo, da so posamezni dogodki zapisani v dveh tekstovnih poljih in vsebujejo vse zahtevane podatke. Iz nabora zapisov ugotovimo, da se v sklopu posamezne prekinitve zvrsti večje število dogodkov. Za nadaljnjo obdelavo je potrebno zapise ustrezno obdelati. Ker so deli informacij v tekstovnem polju ločeni, je mogoče z razčlenitvijo (parsanjem) teksta na posamezne dele iz tekstovnega opisa dogodka izluščiti potrebne attribute. Zaradi velikega števila zapisov, ki opisujejo tudi dogodke, ki za nas nimajo pomena (npr. preverjanje komunikacije z napravami na terenu), jih bomo pri obdelavi filtrirali. Upoštevali bomo samo tiste, ki so neposredno vezani na posamezno prekinitvev. To ugotovimo iz oznak, kot so na primer ODKL, LOČIL, APV, IND ... Ker se formati sporočila, lahko razlikujejo glede na vrste dogodkov, jih mora znati algoritem v postopku razčlenjevanja pravilno obdelati. Na podlagi opisa elementa, ki smo ga izločili, pridobimo še njegov pripadajoči identifikator iz sistema GIS, da ga lahko povežemo z ustreznim izvodom omrežja, na katerega se nanaša.

Obdelane dogodke, združene po izvodu omrežja in naraščajoče urejene po datumu in času, prikazemo v tabeli, kot je razvidno iz slike 6.6. Inženir, ki pripravlja poročilo, s pomočjo ustreznih dokumentacije (delovni nalogi, dnevna poročila DCV-ja) pregleda dogodka in v potrditvenih poljih označi, kateri izmed njih sestavljajo posamezno prekinitvev.

ID	DATUM	ČAS	OBJEKT	ELEMENT	OPIS	IZBERI
161	11.1.2016	16:48:59.6560000	PS RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA	CB Q0	ODKL status sport. IZKLOP	<input checked="" type="checkbox"/>
162	11.1.2016	16:48:59.1390000	PS RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA		IND OBC.USM.ZEM.Z DELOVANJE	<input type="checkbox"/>
163	11.1.2016	16:48:59.2930000	PS RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA	CB Q0	Normalno ON IS-OFF	<input type="checkbox"/>
164	11.1.2016	16:48:59.4600000	PS RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA	CB Q0	ODKL status sport. VKLOP	<input checked="" type="checkbox"/>
165	11.1.2016	16:49:00.0700000	PS RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA		IND OBC.USM.ZEM.Z DELOVANJE	<input type="checkbox"/>
166	11.1.2016	16:49:00.1360000	PS RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA	CB Q0	ODKL status sport. IZKLOP	<input checked="" type="checkbox"/>
167	11.1.2016	16:49:00.2190000	PS RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA		IND OBC.USM.ZEM.Z DELOVANJE	<input type="checkbox"/>
168	11.1.2016	16:49:00.2190000	PS RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA		IND APV DELOVANJE	<input checked="" type="checkbox"/>
169	11.1.2016	16:49:00.5940000	PS RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA		IND NAPET. 20KV IZOSTALA	<input type="checkbox"/>
170	11.1.2016	16:49:01.9380000	PS RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA		IND DET.ZEM.STIKA START	<input type="checkbox"/>
171	11.1.2016	16:49:02.6740000	TOW ZADOBROVA TC.106		IND SN IZPAD DOVOD	<input type="checkbox"/>
172	11.1.2016	16:49:03	TOW DVLM.GMALNA		IND SN IZPAD ODVOD	<input type="checkbox"/>
173	11.1.2016	16:49:03	TOW ZADOBROVA TC.106		IND SN IZPAD ODVOD	<input type="checkbox"/>
174	11.1.2016	16:49:04	TOW DVLM.GMALNA		IND SN IZPAD DOVOD	<input type="checkbox"/>
175	11.1.2016	16:49:04	TOW FRANKOLOVO		IND IZPAD AC ALARM	<input type="checkbox"/>
176	11.1.2016	16:49:18	TOW FRANKOLOVO		IND ZEMELJSKOST.Z. ALARM	<input type="checkbox"/>
177	11.1.2016	16:49:18	TOW FRANKOLOVO		IND ZEMELJSKOST.Z. ALARM	<input type="checkbox"/>
178	11.1.2016	16:49:19	PS TP SOČKA 20 C03 DV STRAŠE		IND NAPET. 20KV PRISOTNA	<input type="checkbox"/>
179	11.1.2016	16:49:59	TOW LJUBEČNA		IND PRETOKOVNA.Z. ALARM	<input type="checkbox"/>
180	11.1.2016	16:49:59	PS TP STRIMEC		IND AVT.AC.DC IZPAD	<input type="checkbox"/>
181	11.1.2016	16:49:59	PS TP STRIMEC 20 C04 DV LJUBEČNA		IND NAPET. 20KV PRISOTNA	<input type="checkbox"/>
182	11.1.2016	16:49:59	PS TP STRIMEC 20 C05 DV STRAŠE		IND NAPET. 20KV PRISOTNA	<input type="checkbox"/>
183	11.1.2016	16:49:59	PS TP STRIMEC 20 C06 TRANSF. CELICA		IND NAPET. 20KV PRISOTNA	<input type="checkbox"/>
184	11.1.2016	16:49:59	PS RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA	CB Q0	Normalno ON IS-OFF	<input type="checkbox"/>
185	11.1.2016	16:50:00.0120000	TOW LJUBEČNA		IND PRETOKOVNA.Z. ALARM	<input type="checkbox"/>
186	11.1.2016	16:50:00.2300000	PS RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA	CB Q0	ODKL status sport. VKLOP	<input checked="" type="checkbox"/>

Slika 6.6: Pregledovalnik dogodkov

Inženir s potrditvijo gumba odpre nov uporabniški vmesnik, ki mu omogoča, da prekinitev klasificira kot načrtovano ali nenačrtovano ter vpiše vzrok in ostale potrebne podatke. V spodnjem delu vmesnika vidi kronološki seznam dogodkov, ki jo sestavljajo. Prekinitev lahko prekliče ali potrdi in s tem sproži njen vpis v tabelo. S tem opisana prekinitev in nanjo vezani dogodki pridobijo enolični identifikator. Aplikacija vrne sporočilo o uspešnem generiranju prekinitve in vpisu v podatkovno bazo. Dogodki, ki so vezani na pravkar generirano prekinitev in ki prejmejo njen identifikator, niso več vidni v drugih seznamih, razen v preglednem oknu prekinitve, ki ji pripadajo (slika 6.7). Uporabnik lahko do faze izračunavanja vsako prekinitev razveljavi ali spremeni attribute, ki opisujejo vzrok. Zaradi zagotavljanja konsistence podatkov je v tem postopku pomembno, da za vpis v podatkovno bazo uporabljamo transakcije.

Nenačrtovane prekinitve

ID PREKINITVE: 389

RTP: **RTP TRNOVLJE** Izvod: **LJUBEČNA**

opis okvare
 mesto okvare: TP - ZIDANA, KMB element okvare: IZOLATOR

vzrok prekinitve: MATERIAL (IZDELAVA, OBRABA)

opis:

delovanje zaščite
 kratkostična pretokovna zemljostična občutljiva zemljostična

dokazni material
 slika 1: C:\Users\Peter\Pictures\2015-02-07 Test\Test 005.JPG
 slika 2:
 slika 3:

čas prekinitve
 začetek prekinitve: 11. 1. 2016 16:48:59
 konec prekinitve: 11. 1. 2016 16:50:00
 trajanje: 00:01:01 (h:min:sec)

razdopišče:

število motenih odjemalcev: 186

vzrok: **LASTEN VZROK**

DOGODKI PREKINITVE

ID	ČAS	OBJEKT	ELEMENT	OPIS	ID_PREKINITVE
161	16:48:59.0560000	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA	CB :100	ODKL. status spont. IZKLOP	389
162	16:48:59.1390000	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA		IND OBČ.USM.ZEM.Z DELOVANJE clear	389
163	16:48:59.2330000	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA	CB :100	Normalno ON IS-OFF raise	389
164	16:48:59.4600000	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA	CB :100	ODKL. status spont. VKLOP	389
165	16:49:00.0700000	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA		IND OBČ.USM.ZEM.Z DELOVANJE raise	389
166	16:49:00.1360000	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA	CB :100	ODKL. status spont. IZKLOP	389
167	16:49:00.2190000	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA		IND OBČ.USM.ZEM.Z DELOVANJE clear	389
168	16:49:00.2190000	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA		IND APV DELOVANJE	389
169	16:49:00.5640000	PS :RTP TRNOVLJE NOV 20 J26 LJUBEČNA		IND NABET. ZAVOZ. IZOSTAJA	389

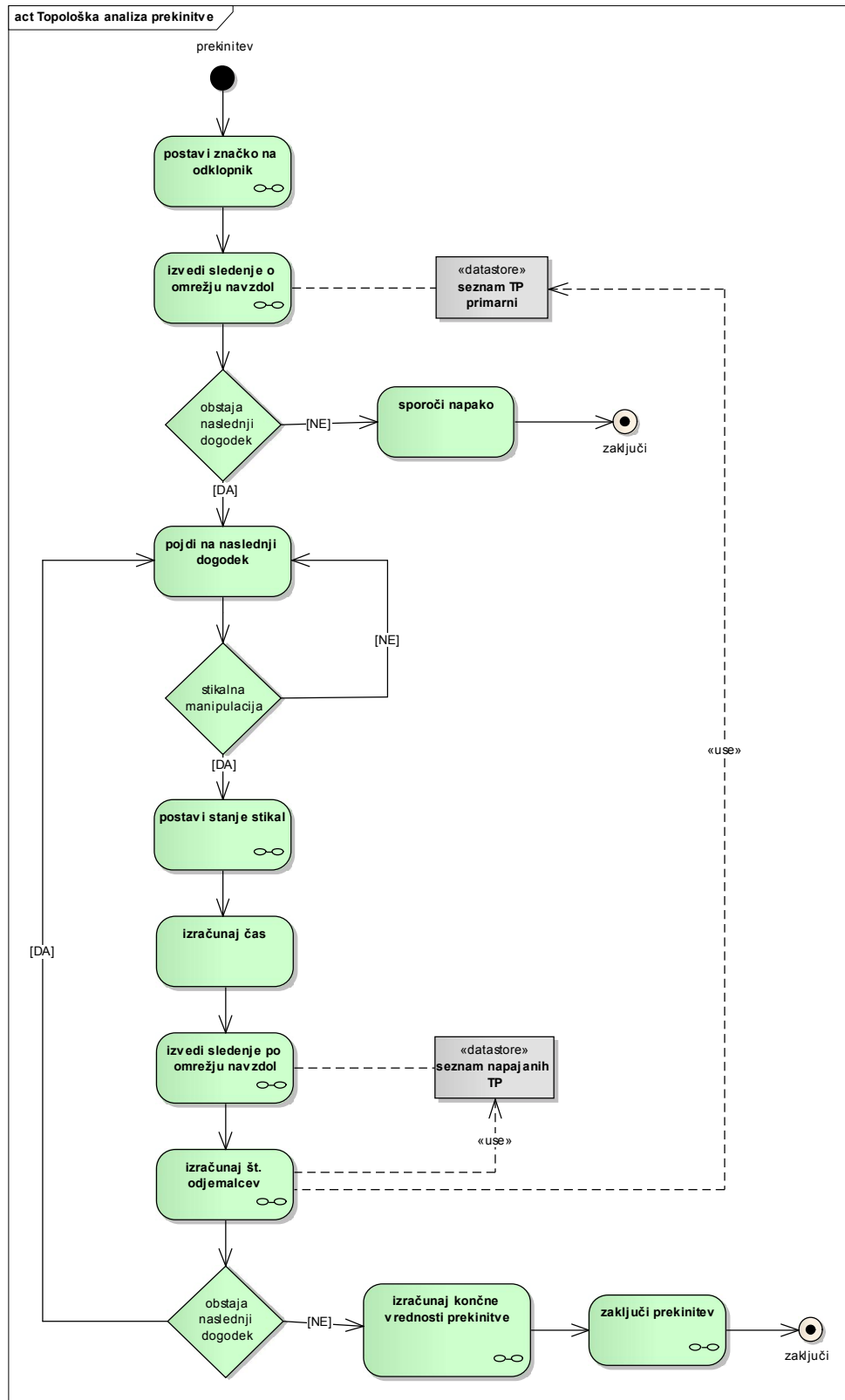
Slika 6.7: Pregled podatkov prekinitve

6.3 Modul za topološko analizo prekinitve

V modulu za topološko analizo prekinitve pridobivamo ključna podatka za izračun kazalnikov neprekinjenosti: število odjemalcev, ki jih je posamezna prekinitvev prizadela in čas, ko so bili brez električne energije. Za izračun števila odjemalcev je potrebno poznati seznam transformatorskih postaj, ki jih je prekinitvev prizadela. Kot smo zapisali v poglavju o prekinitvah, se za čas prekinitve šteje čas od njenega začetka do vzpostavitve prvotnega obratovalnega stanja. Grobo lociranje okvare izvajamo s selekcijo, s katero izključujemo posamezne dele izvoda omrežja in ponovno vklopljamo primarni vod, dokler ne ostane vklopljen. Na tak način izločimo okvarjeni del izvoda, ostalim delom pa zagotovimo dobavo energije. Zaradi tega so prekinitve sestavljene iz večjega števila dogodkov, ki jih vodimo kot sekvenco, ki nam služi kot osnova izvajanja topološke analize.

V aplikaciji za izvajanje topološke analize, katere algoritem vidimo na sliki 6.8, uporabljamo funkcije sledenja po geometrični mreži proti ponoram. Funkcija je ista, kot smo jo prikazali v poglavju o pripravi konfiguracije sistema na sliki 6.3. Za posamezen dogodek aplikacija prebere opis stikalne sekvence in ustrezno nastavi položaj stikal v geometrični mreži. S sledenjem po omrežju proti ponoram pridobimo seznam transformatorskih postaj, ki so napajane, saj simulacija izklopljenih stikal sledenje ustavi. V primerjavi s seznamom vseh transformatorskih postaj izvoda izločimo tiste, ki niso napajane in v pomnilnik shranimo število odjemalcev in trajanje dogodka. Algoritem mora znati ustrezno seštevati odjemalce in čas, glede na korake selekcije, saj ob uspešni selekciji ostane brez energije le del odjemalcev.

V fazi zaključevanja analize prekinitve upoštevane dogodke označimo kot uporabljene, prekinitvev pa kot izračunano. V pogovornem oknu prekinitve se izpišejo izračunani podatki, ki jih uporabnik potrdi in s tem zaključi postopek obravnave. S tem se prekinitvev zaklene in je ni več mogoče spreminjati ali še enkrat analizirati.



Slika 6.8: Opis postopka za topološko analizo prekinitev

6.4 Modul za izračunavanje parametrov in pripravo poročil

Medtem ko je smiselno posamezne prekinitve obdelovati dnevno ali na tedenski ravni, posredujemo poročila o neprekinjenosti napajanja posredujemo na mesečni ravni. Poročila morajo zajemati vse naprave (SN izvode in RTP/RP), ki so upoštevane v zadnji konfiguraciji sistema. S tem namenom v podatkovni bazi vodimo evidenco o tem, katera konfiguracija sistema je trenutno veljavna in predstavlja osnovo za izdelavo poročil.

Na osnovi veljavne konfiguracije omrežja ter izračunanih in potrjenih prekinitev za vsak SN izvod izračunamo kumulativne kazalnike. V pregledovalniku potrjenih prekinitev, ki ga vidimo na slika 6.9, izberemo časovno obdobje in zaženemo izračunavanje. Izračunavanje vrednosti parametrov je predpisano z enačbami, ki smo jih implementirali v programski kodi. Dobra preučitev definicij parametrov in členov enačb, je bila ena izmed ključnih delov načrtovanja podatkovnega modela, zato v tej fazi pridobimo podatke na dovolj enostaven način. Izračunane parametre zapišemo v tabelo parametrov. Izračunavanje kumulativnih parametrov izvedemo za vse izvode veljavne konfiguracije in jih ni mogoče izvajati posamično.

		datum začetka	začetek	datum konca	konec	tip prekinitve	načrtovana	vzrok	trajanje [min]	število odjemalcev
▶		8.12.2015	10:35:00	8.12.2015	12:12:00	dolgotrajna	<input type="checkbox"/>	VIŠJA SILA	97,00	35
		12.12.2015	11:26:10	12.12.2015	13:30:00	dolgotrajna	<input type="checkbox"/>	VIŠJA SILA	123,83	275
		18.12.2015	11:34:00	18.12.2015	11:52:00	dolgotrajna	<input type="checkbox"/>	TUJ VZROK	18,00	492
	ADLJE)	20.12.2015	08:16:52	20.12.2015	10:07:00	dolgotrajna	<input type="checkbox"/>	VIŠJA SILA	110,13	21
		29.12.2015	06:45:00	29.12.2015	07:36:00	dolgotrajna	<input type="checkbox"/>	VIŠJA SILA	51,00	83

Slika 6.9: Pregledovalnik potrjenih prekinitev

Za vsak izvod omrežja moramo iz vseh morebitnih prekinitev, ki so se na njem dogajale v preteklem mesecu, izračunati sledeče podatke:

- za dolgotrajne prekinitev:
 - število načrtovanih prekinitev,
 - trajanje načrtovanih prekinitev,
 - SAIDI za načrtovane prekinitev,
 - SAIFI za načrtovane prekinitev,
 - CAIFI za načrtovane prekinitev,
 - število prekinitev po lastnem vzroku,
 - trajanje prekinitev po lastnem vzroku,
 - SAIDI za prekinitev po lastnem vzroku,
 - SAIFI za prekinitev po lastnem vzroku,
 - CAIFI za prekinitev po lastnem vzroku,
 - število prekinitev po tujem vzroku,
 - trajanje prekinitev po tujem vzroku,
 - SAIDI za prekinitev po tujem vzroku,
 - SAIFI za prekinitev po tujem vzroku,
 - CAIFI za prekinitev po tujem vzroku,
 - število prekinitev zaradi višje sile,
 - trajanje prekinitev po tujem vzroku,
 - SAIDI za prekinitev po tujem vzroku,
 - SAIFI za prekinitev po tujem vzroku,
 - CAIFI za prekinitev po tujem vzroku,

- za kratkotrajne prekinitev:
 - število kratkotrajnih prekinitev,
 - MAIFI,
 - MAIFI_E.

Parametre izračunavamo po naslednjih enačbah [2]:

SAIDI – parameter povprečnega trajanja prekinitev v sistemu:

$$SAIDI = \frac{\sum_i \sum_j \cdot t_{ij}}{N_S \cdot T} \left[\frac{min}{upor.} \right] \quad (6.1)$$

Tu je:

t_{ij} – trajanje i -te prekinitev j -temu uporabniku

N_S – celotno število uporabnikov

T – izbran časovni interval

SAIFI – parameter povprečne frekvence prekinitev v sistemu:

$$SAIFI = \frac{\sum_j \cdot n_j}{N_S \cdot T} \left[\frac{prek.}{upor.} \right] \quad (6.2)$$

Tu je:

n_j – število prekinitev j -temu uporabniku

N_S – celotno število uporabnikov

T – izbran časovni interval

CAIFI – parameter povprečne frekvence prekinitev napajanja odjemalca:

$$CAIFI = \frac{\sum_j \cdot n_j}{N_{NS} \cdot T} \left[\frac{prek.}{upor.} \right] \quad (6.3)$$

Tu je:

n_j – število prekinitev j -temu uporabniku

N_{NS} – število uporabnikov s prekinjeno dobavo

T – izbran časovni interval

MAIFI – parameter povprečne frekvence kratkotrajnih prekinitev napajanja:

$$\text{MAIFI} = \frac{\sum_j \cdot U_j}{N_S \cdot T} \left[\frac{\text{prek.}}{\text{upor.}} \right] \quad (6.4)$$

Tu je:

U_j – število kratkotrajnih prekinitev j-temu uporabniku

N_S – celotno število uporabnikov

T – izbran časovni interval

MAIFI_E – parameter povprečne frekvence dogodkov kratkotrajnih prekinitev napajanja:

$$\text{MAIFI}_{E} = \frac{\sum_j \cdot U_{Ej}}{N_S \cdot T} \left[\frac{\text{prek.}}{\text{upor.}} \right] \quad (6.5)$$

Tu je:

U_{Ej} – število prekinitve j-temu uporabniku v okviru dogodkov E

N_S – celotno število uporabnikov

T – izbran časovni interval

Pri parametru MAIFI_E moramo upoštevati še določilo, da se število dogodkov kratkotrajnih prekinitev napajanja določi na podlagi agregacije kratkotrajnih prekinitev istega vzroka in napetostnega nivoja ob upoštevanju vseh navedenih kriterijev [2]:

- kratkotrajne prekinitve, ki sledijo kratkotrajni ali dolgotrajni prekinitvi, se štejejo kot ločen dogodek le, če nastopijo več kot tri minute po koncu prejšnje prekinitve,
- kratkotrajne prekinitve, ki prizadenejo nekatere uporabnike med dolgotrajno prekinitvijo drugih uporabnikov na izvodu omrežja v obdobju 60 minut po začetku trajanja dolgotrajne prekinitve, se štejejo kot en dogodek,
- isti vzrok prekinitve pomeni, da so drugo prekinitev delno ali v celoti utrpeli tisti uporabniki, ki so ostali brez oskrbe z električno energijo že v času prve prekinitve.

Uporabniški vmesnik, ki je namenjen pregledovanju izračunanih parametrov (slika 6.10), uporabniku omogoča izbiro časovnega obdobja, po katerem želi spremljati parametre. Ker se izračunavajo mesečno, jih je mogoče spremljati le na ravni posameznega meseca. Zaradi preglednosti je v okviru določenega meseca izbor možno omejiti na raven posameznega RTP-ja ali posameznega izvoda omrežja znotraj RTP-ja.

Ko so izračunani vsi potrebni parametri, lahko generiramo zahtevana poročila. V pregledovalniku uporabniku omogočimo, da jih generira. Izbere lahko vrste poročila in mesec, za katerega jih želi generirati.

The screenshot shows a web application window titled 'Kazalci zanesljivosti napajanja - evidentiranje prekinitev'. The interface includes a navigation bar with 'Admin' and 'Urejanje' buttons. Below the navigation bar, there are tabs for 'CELJE', 'KRŠKO', 'SLOVENJ GRADEC', 'Potrjene prekinitve', and 'kazalci zanesljivosti'. The main content area is titled 'pregled kazalcev zanesljivosti' and contains a form with dropdown menus for 'RTP' (set to 'RTP PODLOG'), 'izvod', and 'obdobje' (set to '12/2015'). A 'Generiraj poročila' button is visible. Below the form is a table with the following data:

	RTP	IZVOD	tip	št_odj	št_načrtovanih	trajanje	št_motenih_odj	SAIFI_načrt	SAIDI_načrt
▶	RTP PODLOG	POLZELA	MESANI	1645	0	0.000	0	0.00000000	0.00000000
	RTP PODLOG	TABOR	PODEZELSKI	2035	1	310.000	251	0.16412776	50.87960687
	RTP PODLOG	ROJE	PODEZELSKI	852	1	77.000	1	0.00117370	0.09037958
	RTP PODLOG	ŽALEC	MESTNI	3135	0	0.000	0		
	RTP PODLOG	LEVEC	PODEZELSKI	649	0	0.000	0		
	RTP PODLOG	PONIKVA	PODEZELSKI	1605	1	103.000	367		
	RTP PODLOG	ŠEMPETER	MESANI	2317	0	0.000	0		
	RTP PODLOG	JUTEKS	PODEZELSKI	93	0	0.000	0		

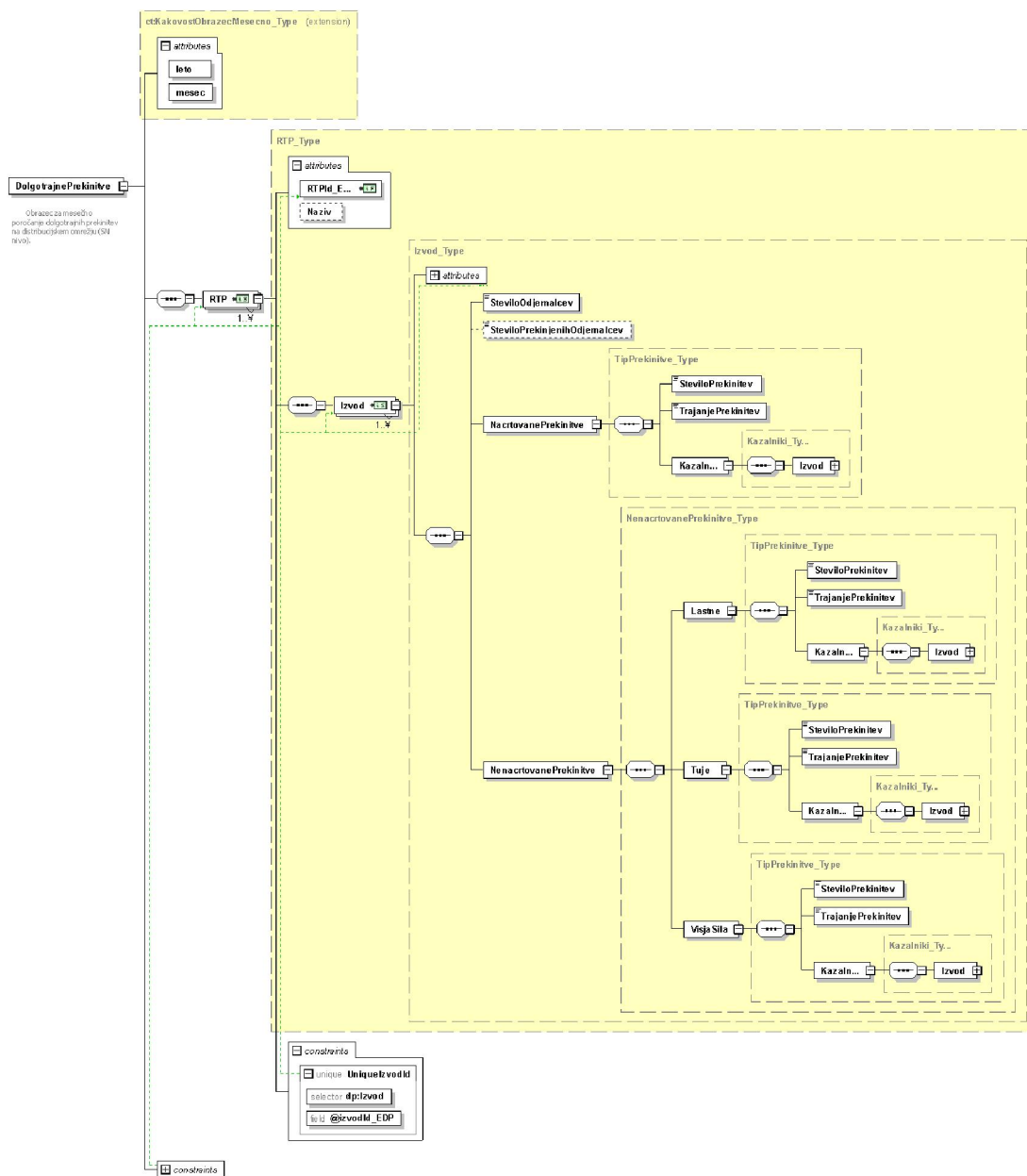
At the bottom of the table, it says '8 zapisov'. A modal dialog box titled 'Generiranje poročil' is open, showing options to generate reports for the selected period (12/2015). The options are:

- kratkotrajne prekinitve (MAIFI)
- dolgotrajne prekinitve (SAIFI, SAIDI)
- prekinitve izven vpliva podjetja
- konfiguracija omrežja

The dialog also has a 'za obdobje' dropdown set to '12/2015' and buttons for 'Generiraj' and 'Prekliči'.

Slika 6.10: Pregledovalnik izračunanih parametrov neprekinjenosti

Izdelana poročila moramo regulatorju trga posredovati preko njihove spletne aplikacije v obliki dokumentov XML. Ti dokumenti morajo biti skladni s predpisanimi XML shemami, ki so določene za vsak tip poročila posebej. Del XML sheme za poročilo o dolgotrajnih prekinitvah, prikazane z orodjem XMLSpy v grafični obliki, lahko vidimo na sliki 6.11.



Slika 6.11: Del XML sheme za poročilo o dolgotrajnih prekinitev

Na shemi je vidna strukturirana zgradba poročila, zato smo poročilo tudi v aplikaciji generirali v obliki strukturiranega objekta. Pri tem smo uporabili razrede imenskega področja XML (XmlDocument, XmlElement, XmlAttribute), ki podpirajo izgradnjo modela DOM (Document Object Model). Dokument smo generirali s programsko kodo, katere del vidimo na sliki 6.12 in je prilagojena točno določeni shemi. Sheme poročil se po naših izkušnjah ne spreminjajo pogosto, vendar bi bilo smiselno funkcije za generiranje poročil v prihodnosti preurediti na način, da bi lahko na podlagi določene konfiguracije dinamično sledile morebitnim spremembam v zahtevani strukturi poročil.

Na koncu generiranja z metodami za validacijo dokumenta preverimo še njegovo skladnost s pripadajočo XML shemo. Ob uspešni validaciji uporabniku omogočimo shranjevanje, kjer mu ponudimo privzet naziv poročila in privzeto lokacijo hranjenja. Uporabnik poročilo, katerega del vidimo na sliki 6.13, le še digitalno podpiše in ga odda preko spletnega portala Agencije za energijo. S tem je proces poročanja zaključen.

```

foreach (DataRow dr in dsRTP.Tables[0].Rows)
{
    xrtp = doc.CreateElement("dp", "RTP", xs_ns);
    rtpAtribut = doc.CreateAttribute("RTPId_EDP");
    string rtp_id = dr.ItemArray[0].ToString();
    rtpAtribut.Value = rtp_id;
    xrtp.SetAttributeNode(rtpAtribut);
    rtpAtribut = doc.CreateAttribute("Naziv");
    rtpAtribut.Value = dr.ItemArray[2].ToString();
    xrtp.SetAttributeNode(rtpAtribut);

    DataRow[] izvods = dsKazalci.Tables[0].Select("IDRTP = '" + rtp_id + "'");
    if (izvods.Length > 0)
    {
        //RTP dodamo samo, če ima RTP izvode
        xroot.AppendChild(xrtp);

        foreach (DataRow drIzv in izvods)
        {
            xizvod = doc.CreateElement("dp", "Izvod", xs_ns);
            izvodAtribut = doc.CreateAttribute("izvodId_EDP");
            izvodAtribut.Value = drIzv.ItemArray[3].ToString();
            xizvod.SetAttributeNode(izvodAtribut);
            izvodAtribut = doc.CreateAttribute("naziv");
            izvodAtribut.Value = drIzv.ItemArray[4].ToString();
            xizvod.SetAttributeNode(izvodAtribut);
            izvodAtribut = doc.CreateAttribute("tip");
            izvodAtribut.Value = IzvodCmp[0].ItemArray[1].ToString().Trim();

            xizvod.SetAttributeNode(izvodAtribut);
            xrtp.AppendChild(xizvod);

            //element SteviloOdjemalcev = vrednost
            xstOdj = doc.CreateElement("dp", "SteviloOdjemalcev", xs_ns);
            xstOdj.InnerText = drIzv.ItemArray[6].ToString();
            xizvod.AppendChild(xstOdj);

            //.....
            //NENAČRTOVANE PREKINITVE
            XmlElement xNacrt = doc.CreateElement("dp", "NacrtovanePrekinitve", xs_ns);
            xizvod.AppendChild(xNacrt);
            this.XMLKazalnikiIzvoda(doc, xNacrt, drIzv, xs_ns, ct_ns, 0);

            //.....
            //NENAČRTOVANE PREKINITVE
            XmlElement xNenacrt = doc.CreateElement("dp", "NenacrtovanePrekinitve", xs_ns);
            xizvod.AppendChild(xNenacrt);

            //šifrant vzrokov 1- lastne, 2 - tuje, 3, višja sila
            XmlElement xLastne = doc.CreateElement("dp", "Lastne", xs_ns);
            xNenacrt.AppendChild(xLastne);
            this.XMLKazalnikiIzvoda(doc, xLastne, drIzv, xs_ns, ct_ns, 1);

            XmlElement xTuje = doc.CreateElement("dp", "Tuje", xs_ns);
            xNenacrt.AppendChild(xTuje);
            this.XMLKazalnikiIzvoda(doc, xTuje, drIzv, xs_ns, ct_ns, 2);

            XmlElement xVisja = doc.CreateElement("dp", "VisjaSila", xs_ns);
            xNenacrt.AppendChild(xVisja);
            this.XMLKazalnikiIzvoda(doc, xVisja, drIzv, xs_ns, ct_ns, 3);
        }
    }
}

```

Slika 6.12: Del programske kode za generiranje poročil

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<dp:DolgotrajnePrekinitve leto="2015" mesec="12" xmlns:dp="http://porocila.agen-rs.si/Sheme/KakovostOskrbe/2015/01/DolgotrajnePrekinitve"
xmlns:ct="http://porocila.agen-rs.si/Sheme/KakovostOskrbe/2015/01/CommonTypes" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://porocila.agen-rs.si/Sheme/KakovostOskrbe/2015/01/DolgotrajnePrekinitve">
  <dp:RTP RTPId_EDP="1013595" Naziv="RP NAZARJE">
    <dp:Izvod izvodId_EDP="1032948" naziv="DV ZADREČKA DOLINA" tip="Podezelski">
      <dp:SteviloOdjemalcev>2066</dp:SteviloOdjemalcev>
      <dp:NacrtovanePrekinitve>
        <dp:SteviloPrekinjenihOdjemalcev>419</dp:SteviloPrekinjenihOdjemalcev>
        <dp:SteviloPrekinitev>1</dp:SteviloPrekinitev>
        <dp:TrajanjePrekinitev>107.000</dp:TrajanjePrekinitev>
        <dp:Kazalniki>
          <dp:Izvod>
            <ct:SAIFI>0.20280735</ct:SAIFI>
            <ct:SAIDI>21.70038722</ct:SAIDI>
            <ct:CAIFI>1.00000000</ct:CAIFI>
          </dp:Izvod>
        </dp:Kazalniki>
      </dp:NacrtovanePrekinitve>
      <dp:NenacrtovanePrekinitve>
        <dp>Lastne>
          <dp:SteviloPrekinjenihOdjemalcev>0</dp:SteviloPrekinjenihOdjemalcev>
          <dp:SteviloPrekinitev>0</dp:SteviloPrekinitev>
          <dp:TrajanjePrekinitev>0</dp:TrajanjePrekinitev>
          <dp:Kazalniki>
            <dp:Izvod>
              <ct:SAIFI>0</ct:SAIFI>
              <ct:SAIDI>0</ct:SAIDI>
              <ct:CAIFI>0</ct:CAIFI>
            </dp:Izvod>
          </dp:Kazalniki>
        </dp>Lastne>
        <dp:Tuje>
          <dp:SteviloPrekinjenihOdjemalcev>0</dp:SteviloPrekinjenihOdjemalcev>
          <dp:SteviloPrekinitev>0</dp:SteviloPrekinitev>
          <dp:TrajanjePrekinitev>0</dp:TrajanjePrekinitev>
          <dp:Kazalniki>
            <dp:Izvod>
              <ct:SAIFI>0</ct:SAIFI>
              <ct:SAIDI>0</ct:SAIDI>
              <ct:CAIFI>0</ct:CAIFI>
            </dp:Izvod>
          </dp:Kazalniki>
        </dp:Tuje>
        <dp:VisjaSila>
          <dp:SteviloPrekinjenihOdjemalcev>0</dp:SteviloPrekinjenihOdjemalcev>
          <dp:SteviloPrekinitev>0</dp:SteviloPrekinitev>
          <dp:TrajanjePrekinitev>0</dp:TrajanjePrekinitev>
          <dp:Kazalniki>
            <dp:Izvod>
              <ct:SAIFI>0</ct:SAIFI>
              <ct:SAIDI>0</ct:SAIDI>
              <ct:CAIFI>0</ct:CAIFI>
            </dp:Izvod>
          </dp:Kazalniki>
        </dp:VisjaSila>
      </dp:NenacrtovanePrekinitve>
    </dp:Izvod>
  </dp:RTP>

```

Slika 6.13: Izsek iz poročila o dolgotrajnih prekinitvah

6.5 Ugotovitve

Ugotavljamo, da je bilo pri celotni nalogi pomembno, da smo že v začetku dobro razčlenili proces in se seznanili z zmožnostmi in omejitvami sodelujočih sistemov. Na podlagi tega smo ustrezno zasnovali module ter potrebne in zahtevane vhodne in izhodne podatke, ki so bili osnova za načrtovanje podatkovnega modela. Pri načrtovanju, kjer smo uporabljali ustrezne diagramске tehnike in podporo sodobnega orodja CASE, smo ugotovili, da prekinitev ni mogoče enoumno klasificirati le na podlagi digitalnih podatkov. Zato smo na tem delu uporabnikom skušali čim bolj olajšati delo z ustrezno zasnovano uporabniškega vmesnika. S samodejno topološko analizo omrežja ob prekinitvi, z avtomatskim izračunavanjem parametrov in generiranjem poročil smo zaposlenim precej olajšali delo. Ocenjujemo, da smo proces poročanja v posameznem mesecu skrajšali za najmanj 5-8 delovnih dni, odvisno od števila dogodkov.

Čeprav izmenjave podatkov s sistemom SCADA v tej fazi nismo implementirali, ugotavljamo, da je zastavljeni koncept ustrezen. Postavljene so minimalne zahteve po obsegu podatkov, ki so potrebne za obravnavo dogodkov. Na podlagi literature in izkušenj, ki smo jih v času izdelave naloge pridobili na tem področju, smo zaključili, da takšnega nabora podatkov ni težko zagotoviti tudi v drugih sistemih SCADA. Obstaja tudi dovolj načinov in tehnologij, ki omogočajo sinhronizacijo zahtevanih podatkov z zunanji sistemi, ne da bi to predstavljalo varnostno grožnjo za delovanje sistema SCADA.

Pomembno dejstvo, ki ga je potrebno izpostaviti, je, da je predpogoj za pravilno delovanje takšnih rešitev popolna usklajenost podatkov o sredstvih med sistemoma SCADA in GIS. To je mogoče zagotoviti le z ustreznimi integracijami. Na tem področju se vedno bolj uveljavljajo rešitve, ki omogočajo integracije sistemov na osnovi semantičnih podatkovnih modelov, kot je na primer CIM (Common Information Model), ki je standardiziran v okviru IEC (International Electrotechnical Commission). Ti modeli implementirajo izmenjavo tako statičnih kot dinamičnih podatkov - tudi v realnem času. Z razvojem električnih omrežij v smeri naprednih («Smart Grids») omrežij postajajo integracije, temelječe na takšnih standardih, nuja in v tej smeri je v bodoče smiselno razmišljati tudi v našem primeru.

7 SKLEP

Transportni sistem za električno energijo, kot lahko poimenujemo elektroenergetsko omrežje, je kompleksen in izpostavljen velikemu številu vplivnih dejavnikov. Zato so prekinitve dobave energije neizogibne. Elektroenergetska podjetja, ki morajo biti usmerjena k optimizaciji stroškov in ohranjanju oz. dvigu kakovosti storitev, zato izvajajo avtomatizacijo omrežja in uvajajo uporabo različnih informacijskih sistemov, ki jim omogočajo kakovostno upravljanje električnega omrežja. Kljub temu za vse procese na trgu ne moremo najti ustreznih informacijskih rešitev, ki bi v celoti podprle njihovo optimalno izvajanje. Lahko pa pripomoremo z izdelavami cenovno ugodnih in učinkovitih rešitev, ki znajo izkoristiti tudi prednosti že obstoječih sistemov.

V okviru diplomske naloge smo v tem smislu načrtovali in implementirali informacijsko rešitev, ki znatno optimizira proces priprave in poročanja parametrov kakovosti distribuirane električne energije. Uporabili smo podatke sistema SCADA in izkoristili topološko organiziranost podatkov o omrežju, ki ga v obliki geometričnih mrež vodimo v geografskem informacijskem sistemu. Izkoristili smo tudi možnost uporabe razširjenih programskih knjižnic geografskega informacijskega sistema, ki omogočajo izvajanje programskega sledenja po geometričnih mrežah izven aplikacij omenjenega sistema, kar se je izkazalo kot dobra rešitev. S tem smo uporabnikom olajšali in pohitrili proces pridobivanja podatkov za izračun zahtevanih parametrov. Izračunavanje parametrov je predpisano z enačbami, ki se ne spreminjajo, zato smo ta del implementirali sorazmerno enostavno. Tudi avtomatsko generiranje poročil, ki temeljijo na predpisanih XML shemah, ni bil trd oreh, uporabnikom pa pomeni precejšen prihranek časa. Celoten proces smo precej skrajšali in odpravili večino nepotrebnega ročnega dela in s tem izpolnili zastavljeni cilj.

8 SEZNAM VIROV

- [1] Akt o posredovanju podatkov o kakovosti oskrbe z električno energijo. Ur. l. RS, 73/2012, str. 1786
- [2] Akt o pravilih monitoringa kakovosti oskrbe z električno energijo. Uradni list RS, št. 59/2015, str. 6944
- [3] Eichorn T., PSIControl-EE: Data Engineering – BasicDesign , uporabniški priročnik, št. dokumenta: PSIControl-EE-FD-SW-I-3, PSI AG, 2003
- [4] Elektro Celje, Obratovalna navodila DCV Celje – OB.42.250, 2013
- [5] Energetski zakon (EZ-1). Ur. l. RS, 17/2014, str.1787
- [6] Hrovatin J., Vodenje elektroenergetskih sistemov, ICES - Višja strokovna šola, Ljubljana, 2009
- [7] <http://edndoc.esri.com/arcobjects/9.2/NET/5c13b281-3149-402b-a406-1836a365d2db.htm> [5.7.2015]
- [8] <http://edndoc.esri.com/ArcObjectsOnline/TechnicalDocuments/Network/ArcGISNetworkModel/ArcGISNetwork.htm> [12.11.2015]
- [9] <http://video.esri.com/watch/2736/geometric-networks-an-introduction>
- [10] http://www.sparxsystems.com/enterprise_architect_user_guide/11/index.html
- [11] <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb964711.aspx> [10.1.2016]
- [12] Meehan B., Modeling electric distribution with GIS, Redlands, ESRI Press, 308 New York Street, Redlands, California, 2013
- [13] Sistem daljinskega vodenja, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, 2005 Pridobljeno z naslova: <http://vision.fe.uni-lj.si/classes/SDV/Sdv-2005-2006/Sdv-2005-1-Uvod.pdf> [9.1.2015]
- [14] Slovar strokovnih izrazov za trg z električno energijo, konferenca CIGRE-CIRED, 2003
- [15] Šumrada R., Tehnologija GIS, Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2005
- [16] Thomas M.S., McDonald J.D., Power System SCADA and Smart Grids, Boca Raton, CRC/Taylor & Francis, 2015



Univerza v Mariboru
Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko
Smetanova ulica 17
2000 Maribor, Slovenija



IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisani/-a Peter LUBEJ

z vpisno številko 93427248

sem avtor/-ica diplomskega dela z naslovom: _____

OPTIMIZACIJA PROCESA PRIPRAVE IN POROČANJA PARAMETROV

KAKOVOSTI DISTRIBUIRANE ELEKTRIČNE ENERGIJE
(naslov diplomskega dela)

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal/-a samostojno pod mentorstvom (naziv, ime in priimek)

viš. pred. mag. Boštjana KEŽMAHA
in somentorstvom (naziv, ime in priimek)

- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela.
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela v DKUM.

V Mariboru, dne 9.2.2016

Podpis avtorja/-ice:



Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko
Smetanova ulica 17
2000 Maribor, Slovenija



IZJAVA O USTREZNOSTI ZAKLJUČNEGA DELA

Podpisani mentor :

Boštjan KEŽMAH

(ime in priimek mentorja)

in somentor (eden ali več, če obstajata):

/

(ime in priimek somentorja)

Izjavljam (-va), da je študent

Ime in priimek: Peter LUBEJ

Vpisna številka: 93427248

Na programu: RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

izdelal zaključno delo z naslovom:

OPTIMIZACIJA PROCESA PRIPRAVE IN POROČANJA PARAMETROV KAKOVOSTI
DISTRIBUIRANE ELEKTRIČNE ENERGIJE

(naslov zaključnega dela v slovenskem in angleškem jeziku)

CALCULATION OF ELECTRICAL ENERGY QUALITY PARAMETERS, AND REPORTING
PROCESS OPTIMIZATION

v skladu z odobreno temo zaključnega dela, Navodilih o pripravi zaključnih del in mojimi (najinimi oziroma našimi) navodili.

Preveril (-a, -i) in pregledal (-a, -i) sem (sva, smo) poročilo o plagiatstvu.

Datum in kraj:

MARIBOR, 22.2.2016

Podpis mentorja:

Priloga:

- Poročilo o preverjanju podobnosti z drugimi deli.



Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko
Smetanova ulica 17
2000 Maribor, Slovenija



**IZJAVA O ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE VERZIJE ZAKLJUČNEGA
DELA IN OBJAVI OSEBNIH PODATKOV DIPLOMANTOV**

Ime in priimek avtorja-ice: Peter LUBEJ

Vpisna številka: 93427248

Študijski program: RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

Naslov zaključnega dela: OPTIMIZACIJA PROCESA PRIPRAVE IN POROČANJA PARAMETROV
KAKOVOSTI DISTRIBUIRANE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Mentor: viš. pred. mag. Boštjan KEŽMAH

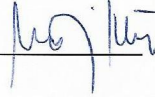
Somentor: /

Podpisani-a Peter LUBEJ izjavljam, da sem za potrebe arhiviranja oddal elektronsko verzijo zaključnega dela v Digitalno knjižnico Univerze v Mariboru. Zaključno delo sem izdelal-a sam-a ob pomoči mentorja. V skladu s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah dovoljujem, da se zgoraj navedeno zaključno delo objavi na portalu Digitalne knjižnice Univerze v Mariboru.

Tiskana verzija zaključnega dela je istovetna z elektronsko verzijo elektronski verziji, ki sem jo oddal za objavo v Digitalno knjižnico Univerze v Mariboru.

Zaključno delo zaradi zagotavljanja konkurenčne prednosti, varstva industrijske lastnine ali tajnosti podatkov naročnika: / ne sme biti javno dostopno do / (datum odloga javne objave ne sme biti daljši kot 3 leta od zagovora dela).

Podpisani izjavljam, da dovoljujem objavo osebnih podatkov, vezanih na zaključek študija (ime, priimek, leto in kraj rojstva, datum zaključka študija, naslov zaključnega dela), na spletnih straneh in v publikacijah UM.

Datum in kraj: Celje, 9.2.2016 Podpis avtorja-ice: 

Podpis mentorja: _____
(samo v primeru, če delo ne sme biti javno dostopno)

Podpis odgovorne osebe naročnika in žig: _____
(samo v primeru, če delo ne sme biti javno dostopno)