

## **6 Projektovanje mikromreža primenom programskog paketa *Microgrid Design Toolkit***

*Microgrid Design Toolkit (MDT)* je softverski paket razvijen u američkoj korporaciji “*Sandia National Laboratories*” koji se koristi za projektovanje mikromreža [17]. Program koristi moćne pretraživačke algoritme za identifikaciju optimalnog dizajna (konfiguracije) mikromreže uzimajući u obzir zahteve definisane od strane korisnika kao što su troškovi, performanse i pouzdanost. Pod pojmom mikromreže podrazumeva se sistem koji proizvodi električnu energiju, a moguće i toplotnu, za potrošače u neposrednoj blizini. Takav sistem može koristiti razne kombinacije tehnologija za proizvodnju i skladištenje električne energije (fotonaponske module, vetrogeneratore, male hidrogenatore, generatore na biomasu, gorivne ćelije, baterije i rezervoare vodonika) i može biti autonoman ili priključen na distributivnu mrežu. *MDT* omogućava projektantu poređenje velikog broja različitih projektnih rešenja na temeljima njihovih tehničkih i ekonomskih karakteristika. Takođe, pomaže u razumevanju i kvantitativnom određivanju rezultata koji su posledica nesigurnosti i promena u ulaznim podacima.

Projektovanje i analiza mikromreža može biti vrlo zahtevan proces zbog velikog broja projektnih mogućnosti i nesigurnosti oko ključnih parametara, kao što su veličina opterećenja, dostupnost izvora energije i buduće cene goriva. Obnovljivi izvori energije još više doprinose kompleksnosti jer se njihova proizvodnja energije može povremeno prekidati ili može potpuno izostati, zavisno od doba dana, atmosferskih prilika, godišnjeg doba i sl. *MDT* uspešno savladava i te izazove.

*MDT* nudi dve mogućnosti u procesu projektovanja mikromreža. Prva je određivanje veličine i sastava nove mikromreže povezane s javnom distributivnom mrežom i poznata je pod nazivom *Microgrid Sizing Capability (MSC)*. *MSC* je zadužen za razvoj mikromreže koja je ekonomski održiva kada je povezana s distributivnom mrežom. Druga je fokusirana na dizajniranje mikromreže za rad u ostrvskom režimu. Ona se oslanja na dva modela: model za optimalno upravljanje tehnologijom (*Technology Management Optimization – TMO*) i model za procenu performansi u pogledu pouzdanosti (*Performance Reliability Model – PRM*). *TMO* koristi genetski algoritam za kreiranje većeg broja različitih konfiguracija mikromreže. Za svaku konfiguraciju, pomoću *RPM*-a se proveravaju njihove performanse. Drugim rečima, *TMO* generiše skup konfiguracija mikromreže koje se ponašaju dobro u pogledu zadovoljavanja jednog ili više pokazatelja za ocenu performansi. *MDT* može simulirati širok raspon konfiguracija mikromreža, sastavljen od PV modula, vetrogeneratora, malog hidrogenatora, akumulatora (baterija), pretvarača itd.

Da bi se instalirao *MDT* program, prvo se na sajtu <https://www.energy.gov/oe/services/technology-development/smart-grid/role-microgrids-helping-advance-nation-s-energy-syst-0> klikne na tekst [Microgrid Design Toolkit](#) koji je linkovan, posle čega započinje preuzimanje fajla za instalaciju programa. Sva uputstva u vezi instalacije se nalaze u datoteci koja se nalazi u preuzetom fajlu. Program je besplatan.

Pokretanje programa vrši se standardno, dvostrukim klikom na njegovu



ikonu.

## 6.1 Određivanje veličine i sastava nove mikromreže povezane s javnom distributivnom mrežom (MICROGRID SIZING CAPABILITY – MSC)

Svrha *MSC*-a u kontekstu *MDT*-a je da izvrši dimenzionisanje mikromreže u pogledu identifikacije tipa i količine tehnologije za proizvodnju i skladištenje električne energije koja je potrebna za mikromrežu. *MSC* minimizira ukupne godišnje troškove mikromreže vodeći računa da su zahtevi potrošača u pogledu isporuke potrebne količine energije zadovoljeni i da su ujedno ispoštovana ograničenja definisana od strane korisnika u pogledu količine tehnologije koja se može kupiti. Pored toga, *MSC* osigurava da će se mikromreža isplatiti kroz godišnje uštede energije u određenom vremenskom periodu. Rezultat proračuna *MSC*-a je preporuka o tome koliko od svake tehnologije treba kupiti, koliko će koštati i procena godišnje uštede na toj kupovini. Da bi se pristupilo *MSC* ulaznim poljima, potrebno je, nakon pokretanja programa, kliknuti na karticu *Sizing Inputs* direktno iznad polja *Input* (slika 6.1). Ovo omogućava pristup opcijama za unos veličine mikromreže.



Slika 6.1 Korisnički interfejs *MSC*-a

U tekstu koji sledi biće objašnjena svaka od opcija za unos veličine mikromreže.

### **6.1.1 Opšte (General)**

Ovaj odeljak se koristi za definisanje opštih ulaznih podataka vezanih za kupovinu tehnologija mikromreže. *MSC* zahteva da odabrane tehnologije mikromreže mogu biti otplaćene kroz uštedu energije u određenom vremenskom periodu.

***Maximum number of years to payback microgrid purchases (years)*** – Ako ušteta energije tokom ovog broja godina ne prelazi početni kapitalni trošak, onda program neće predložiti kupovinu opreme za mikromrežu.

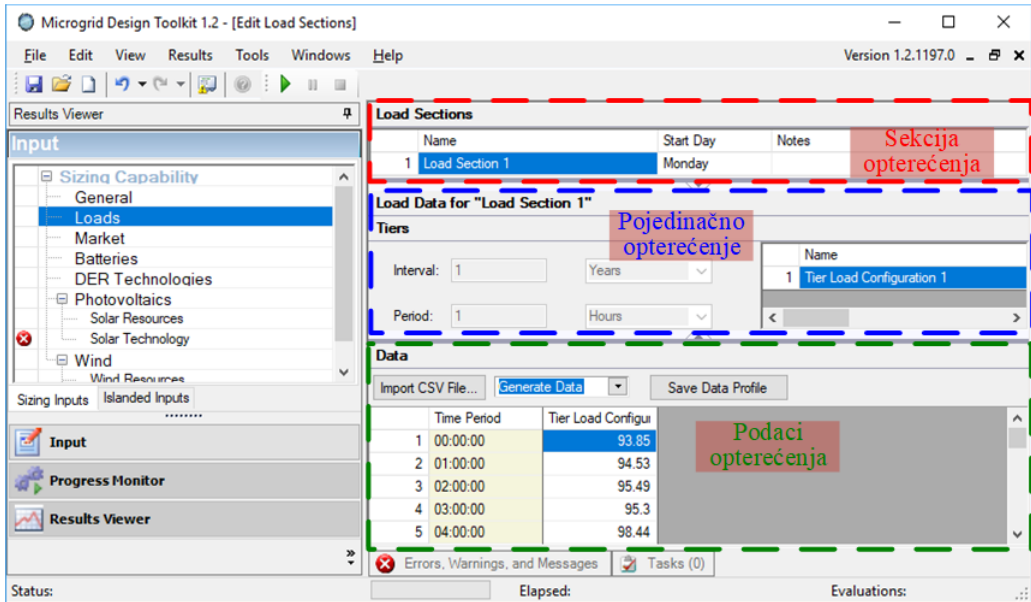
***Interest rate for microgrid purchases (%)*** – Ovo je kamatna stopa za pozajmicu ili kredit korišćen za kupovinu mikromreže. Prihodi na račun uštede energije moraju, osim glavnice, pokriti i kamatu u vezi kredita podignutog za kupovinu opreme za mikromrežu. U slučaju da investitor ima gotovinu ili pozajmljuje novac na koji ne treba da vrati kamatu, onda je ova vrednost nula.

### **6.1.2 Električni potrošači (Loads)**

Ovaj odeljak se koristi za definisanje opterećenja potrošača (korisnika). Prvo se definišu postavke opterećenja u delu Sekcija opterećenja (slika 6.2). Zadaje se dan u nedelji od kojeg se razmatra investicija tako što se iz padajuće liste ***Start Day*** odabere odgovarajući dan. Sekcija Pojedinačno opterećenje omogućava da se definiše više nivoa opterećenja po sekciji opterećenja. *MSC* zahteva samo jedan nivo opterećenja, tako da ovaj deo ne treba menjati. Zatim se kreira energetska profil u odeljku Podaci opterećenja. Postoje dva načina za kreiranje energetskog profila.

Metoda 1: Za svaki čas u koloni ***Time Period***, u kolonu ***Tier Load Configuration*** se unosi količina energije koju potrošač (korisnik) zahteva. Ukupno postoji 8760 mogućih polja za unos što pokriva period od jedne kalendarske godine.

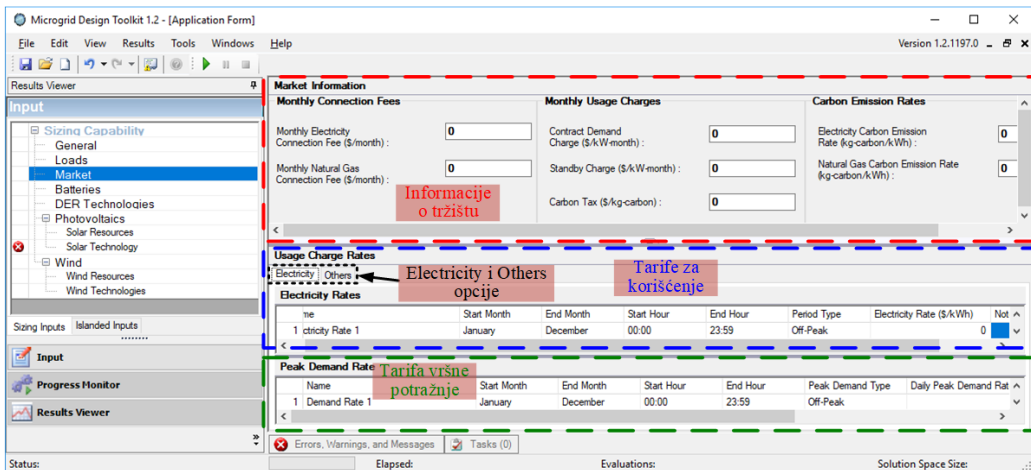
Metoda 2: Uveze se *CSV* fajl (standardni format koji sadrži tabelirane podatke u obliku teksta) koji sadrži samo jednu kolonu. Ta kolona će popuniti kolonu ***Tier Load Configuration*** u *MSC*-u nakon što se ista pronađe klikom na dugme ***Import CSV File***.



Slika 6.2 Izgled stranice za definisanje opterećenja potrošača

### 6.1.3 Tržište (Market)

Postavke u ovom odeljku (slika 6.3) definišu cenu za električnu energiju kupljenu iz mreže, kao i energiju proizvedenu iz različitih goriva, kao što je prirodni gas.



Slika 6.3 Izgled stranice za unos informacija o tržištu

### **6.1.3.1 Informacije o tržištu**

Ovaj odeljak uključuje naknade, takse i podatke o stopi emisije ugljendioksida za komunalna preduzeća koja proizvode energente (elektrane i toplane) i koriste se za određivanje komunalnih troškova. Svi ulazni podaci u ovom odeljku su pojedinačne vrednosti koje nisu vremenski zavisne.

- **Monthly Electricity Connection Fee (\$/month)** – Mesečni iznos koji naplaćuje komunalno preduzeće samo za priključenje na mrežu u dolarima.
- **Monthly Natural Gas Connection Fee (\$/month)** – Mesečni iznos koji se naplaćuje za priključenje na izvor prirodnog gasa u dolarima.
- **Contract Demand Charge (\$/kW-month)** – Ugovorena naknada. Komunalno preduzeće će ovaj iznos pomnožiti sa vršnim opterećenjem koje je potrošač postigao tokom pune kalendarske godine.
- **Standby Charge (\$/kW-month)** – Naknada za održavanje komunalnog preduzeća u pripravnosti (na *standby*-u). Komunalno preduzeće će pomnožiti ovaj iznos sa nominalnom snagom (instaliranim kapacitetom) izvora energije kao što su fotonaponske elektrane i vetroelektrane.
- **Carbon Tax (\$/kg-Carbon)** – Taksa za emisiju ugljenika. Ovaj iznos naplaćuje se po kilogramu ugljenika koji ispušta komunalno preduzeće ili mikromreža.
- **Electricity Carbon Emission Rate (kg-Carbon/kWh)** – Količina ugljenika u kilogramima oslobođena proizvodnjom jednog kilovatčasa energije od strane komunalnog preduzeća.
- **Natural Gas Carbon Emission Rate (kg-Carbon/kWh)** – Količina ugljenika u kilogramima oslobođena sagorevanjem jednog kWh prirodnog gasa. 1 m<sup>3</sup> prirodnog gasa = 10.55 kWh toplotne energije.

### **6.1.3.2 Tarife za korišćenje (Usage Charge Rates)**

#### **6.1.3.2.1 Električna energija (Electricity)**

U delu Tarife za korišćenje treba izabrati karticu **Electricity** (slika 6.3) da bi se pristupilo sledećim odeljcima.

##### **6.1.3.2.1.1 Tarifa električne energije (Electricity Rate)**

Ovaj odeljak se koristi za definisanje tarifa električne energije. Cena električne energije se obično određuje različito za svaku sezonu. Na primer, cena u letnjim časovima u špicu (kada je potrošnja najveća) će se razlikovati od cene u zimskim časovima u špicu. Intervali korišćenja su definisani prema sezoni (set meseci), vremenu dana i tipu perioda korišćenja (kada je potrošnja najveća, najmanja i srednja). Set intervala korišćenja mora uzeti u obzir sve mesece i sve sate u danu. Tarifa

električne energije - u dolarima po kWh električne energije - postavljaju se za svaki interval korišćenja.

- **Name** – Ova opcija je namenjena da pomogne korisniku da razlikuje tarife električne energije za različite mesece, sate i periode.
- **Start Month** – Početni mesec jedne tarife električne energije.
- **End Month** – Krajnji mesec jedne tarife električne energije.
- **Start Hour** – Početni čas jedne tarife električne energije.
- **End Hour** – Krajnji čas jedne tarife električne energije.
- **Period Type** – Tip perioda korišćenja električne energije (*on-peak* – maksimalna, *off-peak* – minimalna, i *mid-peak* – srednja potrošnja).
- **Electricity Rate (\$/kWh)** – Cena tarife električne energije za definisanu sezonu, vreme dana i tip perioda korišćenja.
- **Notes** – Napomene korisnika za ovu tarifu električne energije.

#### **6.1.3.2.1.2 Tarifa vršne potražnje (potrošnje) električne energije (Peak Demand Rate)**

Ovaj odeljak će poslužiti za definisanje tarife vršne potražnje električne energije. Komunalna preduzeća obično naplaćuju kupcima iznos koji je proporcionalan maksimalnoj kupljenoj energiji u određenom vremenskom periodu. Ovi periodi vršne potrošnje definisani su sezonom, periodom dana i tipom vršne potražnje (*on-peak* – maksimalna, *off-peak* – minimalna, *mid-peak* – srednja, *coincident* – jednovremena i *non-coincident* – nejednovremena potrošnja). Set perioda vršne potrošnje mora uzeti u obzir sve mesece i sve časove u danu. Dnevne i mesečne tarife vršne potražnje - u dolarima po kWh električne energije - postavljaju se za svaki period vršne potrošnje. Dnevna naplata potražnje izračunava se množenjem dnevne tarife vršne potražnje sa maksimalnom količinom električne energije kupljene tokom svih časova određenog tipa vršne potražnje tog dana. Slično tome, mesečna naplata potražnje se izračunava množenjem mesečne tarife vršne potražnje sa maksimalnom količinom električne energije kupljene tokom svih časova određenog tipa vršne potražnje tog meseca.

- **Name** – Ova opcija je namenjena da pomogne korisniku da razlikuje tarife vršne potražnje električne energije za različite sate, mesece i tipove vršne potražnje.
- **Start Month** – Početni mesec za jednu tarifu vršne potražnje električne energije.
- **End Month** – Krajnji mesec za jednu tarifu vršne potražnje električne energije.

- **Start Hour** – Početni čas za jednu tarifu vršne potražnje električne energije.
- **End Hour** – Krajnji čas za jednu tarifu vršne potražnje električne energije.
- **Peak Demand Type** – Tip vršne potražnje za određenu tarifu vršne potražnje (*on-peak* – maksimalna, *off-peak* - minimalna, *mid-peak* – srednja, *coincident* – jednovremena i *non-coincident* – nejednovremena potrošnja).
- **Daily Peak Demand Rate (\$/kW)** – Dnevna tarifa vršne potražnje.
- **Monthly Peak Demand Rate (\$/kW)** – Mesečna tarifa vršne potražnje.
- **Notes** – Napomene korisnika za ovu tarifu vršne potražnje.

#### **6.1.3.2.2 Ostalo (Others)**

U delu Tarife za korišćenje treba izabrati karticu **Others** (slika 6.3) kako bi se pristupilo sledećim odeljcima.

##### **6.1.3.2.2.1 Tarifa prirodnog gasa (Natural Gas Rate)**

Ova tarifa predstavlja iznos koji se naplaćuje po kWh kupljenog prirodnog gasa u dolarima.

- **Name** – Ova opcija je namenjena da pomogne korisniku da razlikuje tarife prirodnog gasa za različite mesece.
- **Start Month** – Početni mesec za jednu tarifu prirodnog gasa.
- **End Month** – Krajnji mesec za jednu tarifu prirodnog gasa.
- **Natural Gas Rate (\$/kWh)** – Ovo je cena prirodnog gasa po kWh. Ovde treba konvertovati jedinice za zapreminu kupljenog prirodnog gasa iz kubnih metara ili drugih zapreminskih jedinica u kilovatčasove i tu vrednost staviti u ovo polje.
- **Notes** - Napomene korisnika za ovu tarifu prirodnog gasa.

##### **6.1.3.2.2.2 Tržište električne energije (prodaja mreži) - Electricity Market (Selling Back to the Grid)**

Ovo je iznos u dolarima koji potrošač (kupac) dobija za svaki kWh električne energije koji injektira u mrežu.

- **Name** – Ova opcija je namenjena da pomogne korisniku da razlikuje tarife prodaje električne energije.
- **Start Month** – Početni mesec prodaje električne energije.

- **End Month** – Krajnji mesec prodaje električne energije.
- **Day Type** – Dan u nedelji za jednu tarifu prodaje električne energije.
- **Start Hour** – Početni čas jedne tarife prodaje električne energije.
- **End Hour** – Krajnji čas jedne tarife prodaje električne energije.
- **Electricity Market Rate (\$/kWh)** – Cena tarife za prodaju električne energije.
- **Notes** - Napomene korisnika vezane za ovo tržište električne energije.

#### **6.1.3.2.2.3 Ostala goriva (Other Fuels)**

Ostala goriva, osim prirodnog gasa, unose se u ovaj odeljak zajedno sa iznosom koji se naplaćuje po kWh kupljenog goriva u dolarima.

- **Fuel Type** – Naziv vrste goriva
- **Rate (\$/kWh)** – Cena po kWh kupljenog goriva.
- **Notes** – Napomene korisnika za ovu vrstu goriva.

### **6.1.4 Baterije (Batteries)**

Podešavanja u ovom odeljku odnose se na bateriju koja će se koristiti u mikromreži. Za slučaj da je kupovina baterije dozvoljena za upotrebu u mikromreži od strane investitora, treba čekirati opciju ***Please check this box to allow investments in batteries*** na vrhu odeljka za baterije.

#### **6.1.4.1 Troškovi baterije (Battery Costs)**

Ova podešavanja karakterišu troškove i ograničenje pri kupovini baterije.

- **Upfront Fixed Capital Cost (\$)** – Jednokratni fiksni trošak za kupovinu baterije (cena baterije).
- **Upfront Variable Capital Cost (\$/kW)** – Jednokratni trošak po kW snage za kupovinu baterije.
- **Annual Maintenance Cost (\$/kW-year)** – Godišnji trošak održavanja (naplaćuje se godišnje).
- **Equipment Lifetime (years)** – Očekivani vek trajanja baterije.
- **Maximum Capacity Allowed (kW)** – Limit za kupovinu baterije zasnovan na kapacitetu baterije. Kapacitet napajanja kupljene baterije neće premašiti ovaj limit.



#### **6.1.4.2 Karakteristike baterije (*Battery Characteristics*)**

Ova podešavanja karakterišu gubitke vezane za efikasnost baterije.

- ***Charging Efficiency (0.0-1.0)*** – Ovo je procenat efikasnosti punjenja baterije. Ako je ova vrednost 0, baterija se ne puni, odnosno sva energija koja ide u bateriju se gubi, a ako je 1, sva energija koja ide u bateriju biće sačuvana.
- ***Discharging Efficiency (0.0-1.0)*** – Ovo je procenat efikasnosti pražnjenja baterije. Ako je 0, sva energija koja dolazi iz baterije biće izgubljena, a ako je 1, sva energija koja dolazi iz baterije preći će na priključenu komponentu.
- ***Fraction of Energy Lost per Hour (0.0-1.0)*** – Gubitak energije iz baterije. Ako je 0, onda se iz baterije ne gubi nikakva energija. Ako je 1, baterija ne zadržava energiju uopšte.
- ***Minimum State of Charge (0.0-1.0)*** – Minimalni kapacitet baterije koji mora biti postignut da bi baterija mogla funkcionisati.
- ***Power/Energy Ratio*** – Baterija sa ovim odnosom snaga/energija biće kupljena.

#### **6.1.5 Tehnologije distribuiranih izvora energije (*Distributed Energy Resource (DER) Technologies*)**

Podešavanja u ovom odeljku karakterišu *DER* tehnologije koje će se koristiti u mikromreži, a koje se odnose na gorivne ćelije ili male hidroelektrane. Unos ulaznih podataka za vetro i fotonaponske tehnologije vrši se na stranicama koje će biti objašnjene kasnije. Nove tehnologije se dodaju kreiranjem novog unosa u odeljak ***DER Technologies*** na vrhu stranice. Nakon unosa naziva tehnologije, sa desne strane treba čekirati opciju ispod polja ***Gas-Fired*** ako se gorivna ćelija napaja prirodnim gasom. Ako je kupovina gorivne ćelije dozvoljena za upotrebu u mikromreži, čekira se opcija ispod polja ***Used***. Podešavanja u delu ***DER Information*** karakterišu odabranu *DER* tehnologiju.

##### ➤ Troškovi (*Costs*)

- ***Upfront Fixed Capital Cost (\$/unit)*** – Jednokratni (kapitalni) fiksni trošak za kupovinu *DER* tehnologije.
- ***Variable Maintenance Cost (\$/kWh)*** – Varijabilni troškovi održavanja *DER* tehnologije po kWh pogona.
- ***Annual Maintenance Cost (\$/unit-year)*** – Godišnji fiksni trošak održavanja koji se naplaćuje godišnje po jedinici *DER* tehnologije.

- Karakteristike *DER* tehnologije (*DER Characteristics*)
  - *Nameplate Capacity (kW)* – Nominalna snaga *DER* tehnologije.
  - *Minimum Load to Operate (kW)* – Minimalno opterećenje pri kome *DER* tehnologija može da radi.
  - *Efficiency (0.0-1.0)*: – Efikasnost *DER* tehnologije. To je odnos energije na ulazu (kWh gasa) i energije na izlazu (kWh električne energije).
  - *Equipment Lifetime (years)* – Očekivani vek trajanja *DER* tehnologije.
  - *Fuel Type* – Tip goriva koje koristi *DER* tehnologija. Vrste goriva definisane su u odeljku Tržište, u delu Tarife za korišćenje na kartici “Ostalo” (vidi tačku 6.1.3 Tržište).
  
- Zahtevi (*Requirements*)
  - *Maximum Annual Hours of DER Usage (hours/unit-year)* – *DER* tehnologija se neće koristiti duže od ovde zadatog broja časova u toku godine.
  - *Maximum DER Purchase Allowed (units)* – Neće se nabaviti više od ovog broja jedinica *DER* tehnologije.

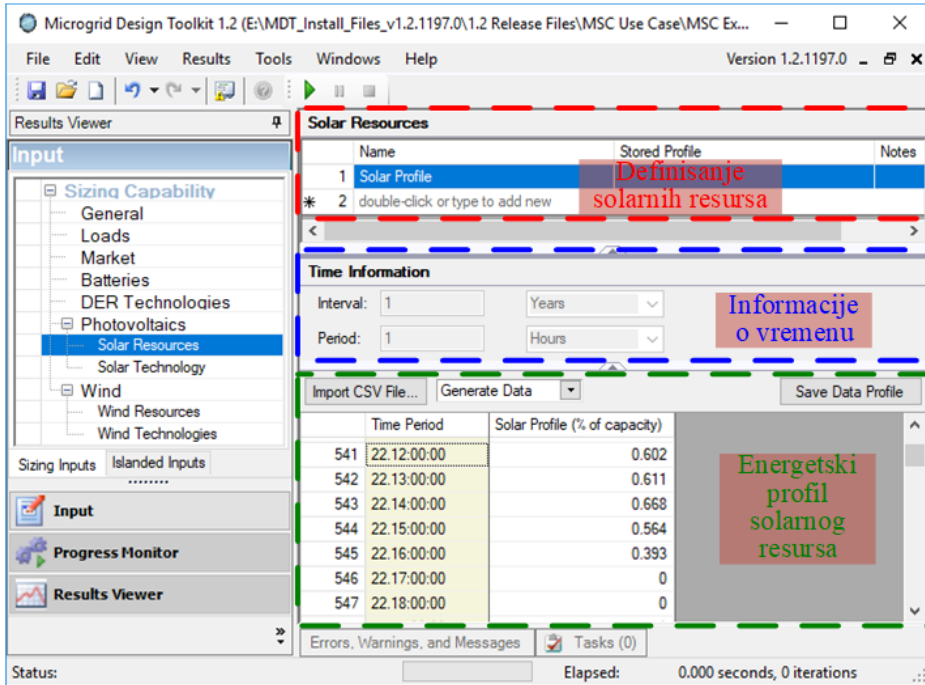
## **6.1.6 Fotonaponske tehnologije (*Photovoltaics*)**

### **6.1.6.1 Solarni resursi (*Solar Resources*)**

Ovaj odeljak se koristi za definisanje profila energije proizvedene u solarnim ćelijama. Da bi se dodao novi profil, treba uneti njegov naziv u delu *Solar Resources* ispod polja *Name* (Slika 6.4). *MSC* zahteva da se energetska profil unese u časovima intervalima, tako da odeljak *Time information* nije moguće izmeniti. Postoje dve metode za kreiranje energetskog profila.

Metoda 1: Za svaki sat u koloni *Time Period*, u koloni *Solar Profile* treba uneti deo nazivne snage (instalisanog kapaciteta) fotonaponske tehnologije koji se očekuje da ona injektira u mrežu.

Metoda 2: Uveze se *CSV* fajl koji sadrži samo jednu kolonu. Ta kolona će popuniti kolonu *Solar Profile* u *MSC*-u nakon što se ista pronađe klikom na dugme *Import CSV File*.



Slika 6.4 Izgled stranice za unos informacija o solarnim resursima

### 6.1.6.2 Solarna tehnologija (*Solar Technology*)

Podešavanja u ovom odeljku karakterišu fotonaponsku tehnologiju koja će se koristiti u mikromreži. Ako je kupovina fotonaponskih uređaja dozvoljena za upotrebu u mikromreži, treba čekirati opciju *Please check this box to allow investments in photovoltaics* koja se nalazi na vrhu odeljka za Solarne tehnologije.

- **Upfront Fixed Capital Cost (\$)** – Jednokratni (kapitalni) fiksni trošak za kupovinu fotonaponske tehnologije.
- **Upfront Variable Capital Cost (\$/kW)** – Jednokratni trošak po kW nominalne snage za kupovinu fotonaponske tehnologije.
- **Annual Maintenance Cost (\$/kW-year)** – Godišnji trošak održavanja (naplaćuje se godišnje).
- **Equipment Lifetime (years)** – Očekivani vek trajanja kupljene fotonaponske tehnologije.
- **Maximum Capacity Allowed (kW)** – Iznad ovog iznosa snage, neće se kupovati fotonaponski kapaciteti.

- **Solar Resource** – Izbor solarnog profila koji će se koristiti za kupovinu fotonaponske tehnologije. Solarni profili su definisani u odeljku Fotonaponske tehnologije, u delu Solarni resursi (vidi tačku 6.1.6.1).

## **6.1.7 Vetar (*Wind*)**

### **6.1.7.1 Resursi vetra (*Wind Resources*)**

Ovaj odeljak se koristi za definisanje profila energije vetra. Da bi se dodao novi profil, treba uneti njegov naziv u delu **Wind Resources** ispod polja **Name** (izgled stranice za unos informacija o resursima vetra je sličan onoj za unos informacija o solarnim resursima). **MSC** zahteva da se energetska profil unese u časovnim intervalima, tako da odeljak **Time information** nije moguće izmeniti. Postoje dve metode za kreiranje energetskog profila.

Metoda 1: Za svaki čas u koloni **Time Period**, u koloni **Wind Profile** treba uneti srednju izlaznu snagu jednog vetrogeneratora u kW.

Metoda 2: Isto kao i za solarni profil.

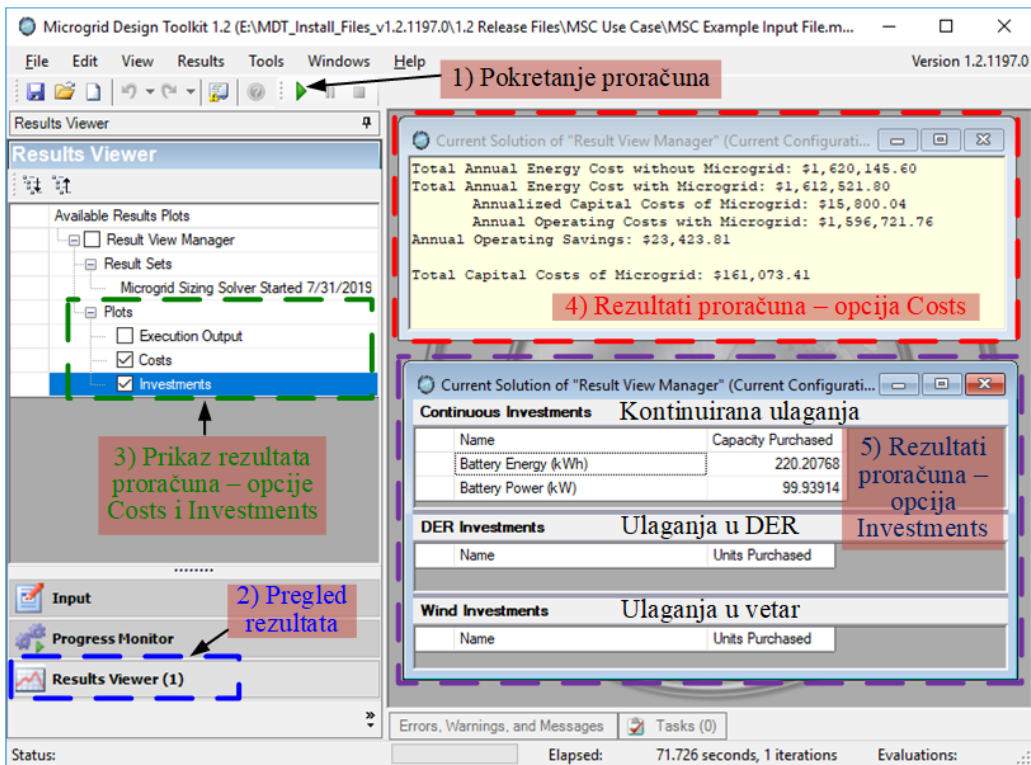
### **6.1.7.2 Tehnologije vetra (*Wind Technologies*)**

Podšavanja u ovom odeljku odnose se na tehnologiju vetra koja će se koristiti u mikromreži. Ako je kupovina tehnologija vetra dozvoljena za upotrebu u mikromreži, čekira se opcija ispod polja **Used** za tu tehnologiju vetra.

- **Upfront Fixed Capital Cost (\$/unit)** – Jednokratni (kapitalni) fiksni trošak za kupovinu tehnologije vetra.
- **Annual Maintenance Cost (\$/unit-year)** – Godišnji trošak održavanja (naplaćuje se godišnje po jedinici tehnologije vetra).
- **Nameplate Capacity (kW/unit)** – Nominalna snaga po jedinici tehnologije vetra.
- **Equipment Lifetime (years)** – Očekivani vek trajanja tehnologije vetra.
- **Maximum Units of Wind Technology Purchase Allowed (units)** – Do ovog broja jedinica vršiće se kupovina tehnologija vetra.
- **Wind Capacity Profile** – Profil kapaciteta vetra koji će se koristiti za tehnologiju vetra. Profili kapaciteta vetrova su navedeni u odeljku Vetar u delu Resursi vetra (vidi tačku 6.1.7.1). Za svaku tehnologiju vetra mogu se uneti odvojeni profili vetra.

## 6.1.8 Pregled rezultata (*Results Viewer*)

Kada je unos svih ulaznih podataka dovršen, potrebno je kliknuti na dugme **Execute Sizing Optimization** iz palete sa alatcima. Rezultati će se prikazati na kartici **Results Viewer**. Da bi se pregledali rezultati izvršenja proračuna *MSC*-a, treba izabrati (čekirati) opciju **Costs** ili **Investments** kako je prikazano na slici 6.5. Ako se izabere opcija **Costs** biće sažeto prikazani troškovi u vezi sa odabranom mikromrežom. Stranica koja se dobija izborom opcije **Investments** prikazaće vrste i količine kupljene tehnologije. Izveštaj se sastoji od tri grupe investicionih rezultata: kontinuiranih ulaganja, ulaganja u *DER* i ulaganja u vetar.



Slika 6.5 Izgled stranice za pregled rezultata izvršenja proračuna *MSC*-a

### 6.1.8.1 Troškovi (*Costs*)

Ovaj odeljak sadrži informacije o troškovima povezanim sa dizajnom mikromreže koju je predložio program.

- **Total Annual Energy Cost without Microgrid:** – Godišnji trošak kada se sva energija kupuje od komunalnog preduzeća. Ovaj trošak sastoji se samo od komunalnih taksi.

- **Total Annual Energy Cost with Microgrid:** – Ovo je godišnji trošak sa mikromrežom. On uključuje troškove komunalnog preduzeća, troškove rada i održavanja mikromreže i kapitalne troškove za kupovinu tehnologija mikromreže svedene na godišnji nivo.
  - **Annualized Capital Costs of Microgrid:** – Kapitalni troškovi za kupovinu tehnologija mikromreže svedeni na godišnji nivo.
  - **Annualized Operating Costs with Microgrid:** – Troškovi komunalnog preduzeća i troškovi pogona i održavanja mikromreže svedeni na godišnji nivo.
- **Annual Operating Savings:** – Razlika u troškovima pogona sa mikromrežom u odnosu na slučaj kada ona nije uključena. Kapitalni troškovi svedeni na godišnji nivo nisu uključeni.
- **Total Capital Costs of Microgrid:** – Ukupni kapitalni troškovi za kupovinu celokupne potrebne opreme za mikromrežu.

### **6.1.8.2 Investicije (Investments)**

U ovom odeljku su prikazane vrste i količine tehnologija mikromreže koje su izabrane modelom optimizacije. Ako nije odabrana nijedna tehnologija, ulaganje u mikromrežu nije isplativo, već je ekonomičnije svu potrebnu energiju kupovati od javno komunalnog preduzeća (elektrane, toplane ili neke druge energane).

**Solar** (kW) – Kapacitet fotonaponske tehnologije koju treba kupiti.

**Battery Energy** (kWh) – Kapacitet energije baterija koje treba kupiti.

**Battery Power** (kW) – Kapacitet snage baterija koje treba kupiti.

**DER Investments** (Units) – Broj jedinica svake *DER* tehnologije koju treba kupiti.

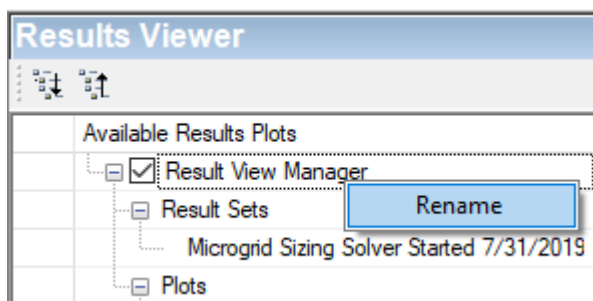
**Wind Investments** (Units) – Broj jedinica svake tehnologije za proizvodnju vetra koju treba kupiti.

### **6.1.8.3 Čuvanje rezultata**

Rezultati se čuvaju u fajlu odvojeno od fajla sa ulaznim podacima. *MDT* fajlovi sa rezultatima se čuvaju kao \*.mof fajlovi. Da bi se sačuvali rezultati potrebno je uraditi sledeće:

1. Desni klik na “**Result View Manager**” (Slika 6.6).
2. Izabrati opciju “**Rename**”.
3. Otvoriće se novi prozor. Uneti novo ime za svoj skup rezultata.

4. Kliknuti na “**OK.**”
5. Čekirati polje za potvrdu sa leve strane preimenovanog skupa rezultata.
6. Kliknuti na opciju “**Results**” na liniji menija.
7. Izabrati “**Save Selected.**”
8. Izabrati folder unutar kojeg će se sačuvati fajl sa rezultatima.
9. Kliknuti na “**Save.**”



Slika 6.6 Preimenovanje skupa rezultata pre čuvanja

#### 6.1.8.4 Otvaranje rezultata

Da bi se otvorili prethodno sačuvani rezultati potrebno je uraditi sledeće:

1. Kliknuti na opciju “**Results**” na liniji menija.
2. Izabrati “**Load.**”
3. Pronaći fajl sa rezultatima (koji će imati ekstenziju \*.mof).
4. Kliknuti na “**Open.**”
5. Kliknuti na karticu Pregled rezultata da bi se pregledali rezultati.

Moguće je otvoriti onoliko skupova rezultata koliko je potrebno. Oni ne moraju biti povezani sa trenutnim ulaznim vrednostima.

## 6.2 Ostrvski režim pogona

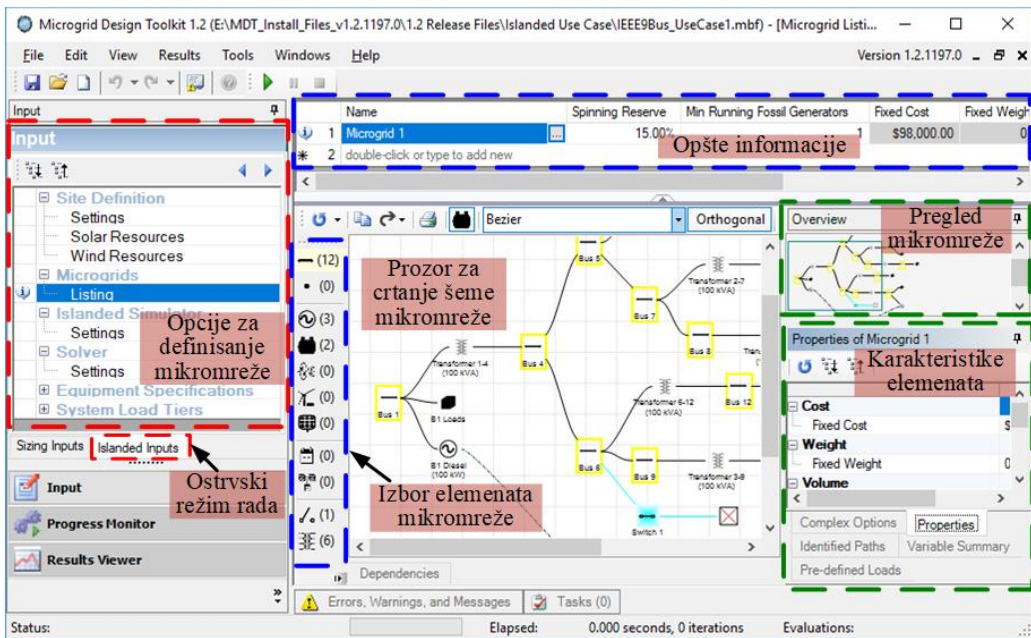
Ova opcija je fokusirana na dizajniranje mikromreže za pogon u ostrvskom režimu. Ostrvski režim pogona mikromreže podrazumeva slučaj kada ona radi autonomno, odnosno nije povezana sa glavnom distributivnom mrežom.

Da bi se pristupilo poljima za unos podataka o mikromreži u ostrvskom režimu pogona, treba kliknuti na karticu **Islanded Inputs** direktno iznad polja **Input** (slika 6.1). Tada se sa leve strane radne površine pojavljuju opcije za definisanje mikromreže (slika 6.7).

Opcija **Settings** je prva u okviru za definisanje mikromreže. U ovom odeljku se definišu opšte postavke mreže kao što su naziv konzuma, naziv mreže koja ga napaja kada mreža nije u ostrvskom režimu itd.

- Karakteristike (**Properties**)
  - **Site Name** – Naziv mesta koje napaja mikromreža.
- Informacije o uslužnom preduzeću (**Utility Information**)
  - **Name** – Naziv uslužnog preduzeća koje opslužuje konzumno područje koje će mikromreža napajati (ako postoji).

**Failure Modes (hours)** – Unosi u ovu tabelu definišu modove otkaza napajanja za distributivnu mrežu. Treba imati na umu da je ovo drugačije od režima otkaza navedenih u specifikacijama opreme. Ovde se načini kvara odnose na događaje poput uragana koji mogu uzrokovati prekid napajanja od strane distributivne mreže. Svakom režimu kvara je dodeljeno ime, srednje vreme između kvarova (**MTBF**) i srednje vreme popravke (**MTTR**). Korisnik takođe ima mogućnost dodavanja beleški.



Slika 6.7 Izgled stranice za unos podataka o mikromreži u ostrvskom režimu pogona – aktivna je opcija za definisanje mikromreže

Što se tiče opcija **Solar Resources** i **Wind Resources** iz okvira za definisanje mikromreže, one su već objašnjene.



## 6.2.1 Kreiranje mikromreže

Najvažniji deo ovog programa za projektovanje mikromreže jeste kreiranje mikromreže. Prozor za kreiranje mikromreže sa pratećim alatima dobija se klikom na opciju **Listing** u okviru za definisanje mikromreže, kao što je pokazano na slici 6.7. Na vrhu ovog prozora nalazi se odeljak za definisanje opštih informacija o mikromreži. Da bi se započelo sa definisanjem mikromreže, potrebno je uneti sledeće podatke u ovaj odeljak. Obavezna polja su prikazana podebljanim fontom. Podrazumevane vrednosti date su za sva polja, od kojih neka mogu biti prazna, odnosno bez vrednosti.

- **Name** – Naziv mikromreže.
- **Spinning Reserve (%)** – Rezerva snage (zahtevani nivo preopterećenja).
- **Min Running Fossil Generators** – Minimalni dozvoljeni broj agregata na fosilna goriva koji se mora pokrenuti u bilo kojem trenutku u datoj mikromreži, ako je moguće.
- **Fixed Cost (\$)** – Fiksni troškovi osnovnih elemenata u ovoj mikromreži. Vrednost u ovom polju određuje *MDT* na osnovu elemenata koji su dodati mikromreži. Ovde su isključeni troškovi bilo kog elementa koji: 1) se tretira kao promenljiv ili 2) je uključen u složenu promenljivu odluku ili opciju dizajna. Ovo polje nije moguće uređivati.
- **Fixed Weight (lbs)** – Ukupna težina osnovnih elemenata u mikromreži. Vrednost u ovom polju određuje *MDT* na osnovu elemenata koji su dodati mikromreži. Ovde su isključeni troškovi bilo kog elementa koji: 1) se tretira kao promenljiv ili 2) je uključen u složenu promenljivu odluku ili opciju dizajna. Ovo polje nije moguće uređivati.
- **Fixed Volume (ft<sup>3</sup>)** – Zapremina osnovnih elemenata u mikromreži. Vrednost u ovom polju određuje *MDT* na osnovu elemenata koji su dodati mikromreži. Ovde su isključeni troškovi bilo kog elementa koji: 1) se tretira kao promenljiv ili 2) je uključen u složenu promenljivu odluku ili opciju dizajna. Ovo polje nije moguće uređivati.
- **Average Fixed Load (kW)** – Ovo polje izračunava *MDT* na osnovu prosečnog opterećenja za sve definisane sabirnice. Ovo polje nije moguće uređivati.
- **Notes** – Korisničke napomene.

### 6.2.1.1 Crtanje šeme mikromreže

Kada se mikromreža kreira unosom opštih informacija, prozor za crtanje šeme mikromreže postaje aktivan. Mikromreža se može kreirati crtanjem šeme ili tabelarnim unosom elemenata.

### **6.2.1.1.1 Pregled mikromreže**

Šema mikromreže se crta u prozoru za crtanje šeme mikromreže. Šema unutar ovog prozora se može uveličavati i smanjivati tako što se pokazivač postavi unutar prozora, drži pritisnut taster **Ctrl** i skroluje mišem napred, odnosno nazad.

Da bi se videle karakteristike nekog elementa, treba kliknuti na taj element, a njegove karakteristike biće prikazane u prozoru Karakteristike elemenata (vidi sliku 6.7).

### **6.2.1.1.2 Dodavanje elemenata mikromreži**


Da bi se dodao neki element mikromreže, potrebno je kliknuti na ikonicu elementa u paleti sa alatkama za izbor elemenata mreže (slika 6.8) i prevući ga u radni prostor. Sledeći elementi se mogu dodati direktno u radni prostor:

- Sabirnice
- Rezervoari za dizel gorivo
- Čvorovi
- Prekidači
- Transformatori
- Toplotni potrošači

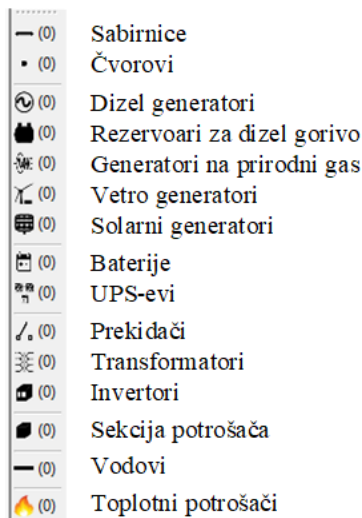
Sledeći elementi moraju biti povezani na sabirnice:

- Baterije
- Dizel generatori
- Pretvarači
- Sekcije opterećenja
- Generatori na prirodni gas
- Solarni generatori
- UPS-ovi
- Vetro generatori

Ovi elementi se mogu dodati tako što se prvo u prozor za crtanje prevuče sabirnica, a zatim se sa palete sa elementima za kreiranje mreže izabere neki od navedenih elemenata i dovuče u prozor za crtanje ali tako da se poklopi sa sabirnicom koja se već nalazi tu. Na ovaj način se element automatski povezuje na sabirnicu. Drugi način povezivanja je moguć sa elementima koji se već nalaze u prozoru za crtanje, a postupak je sledeći. Kursorom se dođe do elementa nakon čega on postaje označen, odnosno oko njega se pojavljuje okvir od praznih kvadratića u svim temenima okvira i u sredini stranica. Zatim se dođe do nekog od tih kvadratića posle

čega kursor menja oblik u . Sada je potrebno uz pritisnuti levi taster dovesti kursor do elementa sa kojim se želi uspostaviti povezivanje. Treba imati na umu da se mora poštovati logika povezivanja elemenata. Na primer, rezervoar za dizel gorivo se može povezati sa dizel generatorom, ali ne i sa sabirnicom i sl.

Vodovi (*lines*) se ne mogu dodati na šemi povlačenjem sa palete. Automatski se dodaju kada su dva elementa povezana ili se mogu nacrtati kao što je opisno.



Slika 6.8 Paleta sa elementima za kreiranje mikromreže

Tabela 6.1 prikazuje mogućnost povezivanja pojedinih elemenata u šemi. Ako se dva elementa ne mogu povezati, pojaviće se poruka upozorenja i neće se pojaviti linija koja bi povezala elemente. Elementi poput prekidača i transformatora mogu biti direktno spušteni na neki vod nakon čega će oni automatski postati deo tog voda.

Uklanjanje elemenata vrši se standardno – označavanjem elemenata i pritiskom tastera **Delete**.

Preimenovanje elemenata u šemi se vrši tako što se klikne na postojeći naziv elementa i unese novi.

Odgovarajući raspored elemenata u šemi moguće je napraviti jednostavnim prevlačenjem elemenata na željenu poziciju. Povezni vodovi prate pomeranje elemenata.

Tabela 6.1 Mogućnost povezivanja pojedinih elemenata u šemi

	Baterije	Sabirnice	Dizel generatori	Rezervoari za dizel gorivo	Invertori	Sekcije opterećenja	Generatori na prirodni gas	Čvorovi	Solarni generatori	Prekidači	Transformatori	UPS-ovi	Vetro generatori	Toplotni potrošači
Baterije		×			×					×	×			
Sabirnice	×	×	×		×	×	×	×	×	×	×	×	×	
Dizel generatori		×		×	×					×	×			×
Rezervoari za dizel gorivo			×											
Invertori	×	×	×			×	×		×	×	×	×	×	
Sekcije opterećenja		×			×					×	×	×		
Generatori na prirodni gas		×			×					×	×			×
Čvorovi		×						×		×	×			
Solarni generatori		×			×					×	×			
Prekidači	×	×	×		×	×	×	×	×	×	×	×	×	
Transformatori	×	×	×		×	×	×	×	×	×	×	×	×	
UPS-ovi		×			×	×				×	×			
Vetro generatori		×			×					×	×			
Toplotni potrošači			×				×							

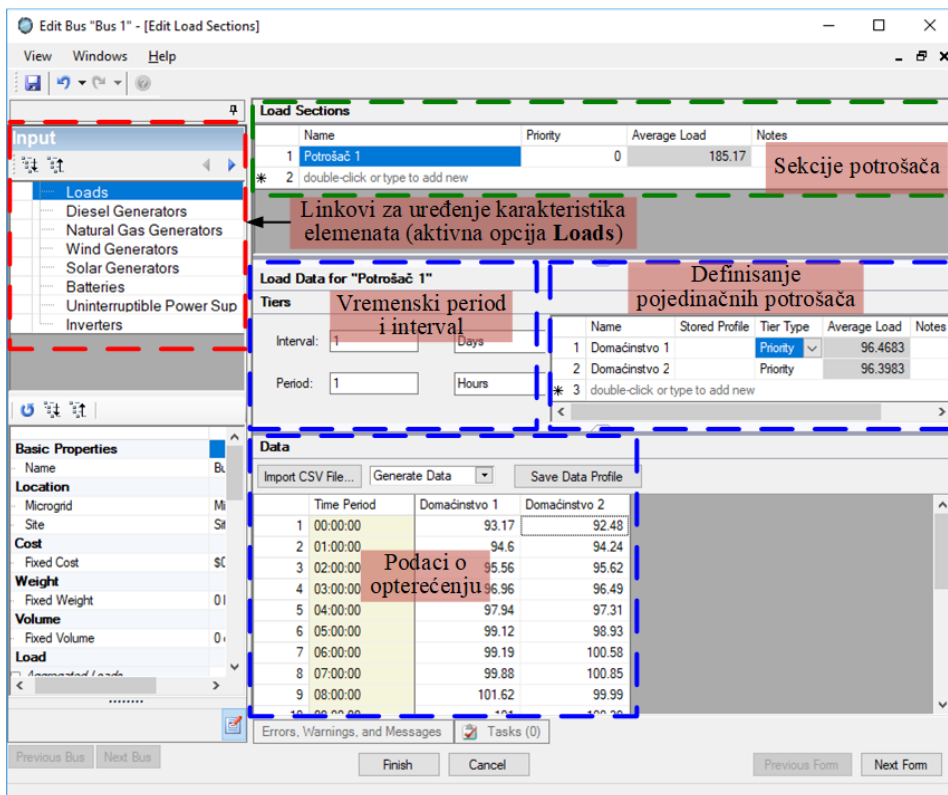
### 6.2.1.1.3 Uređivanje karakteristika elemenata

Svaki element, uključujući i vodove, ima karakteristike koje je potrebno definisati. Crvena ikona sa belim krstićem pojavljuje se na svakom elementu koji nije u potpunosti definisan. Za definisanje karakteristika elementa potrebno je dva puta kliknuti na njegovu ikonicu u prostoru za crtanje nakon čega se otvara prozor za definisanje karakteristika.

#### 6.2.1.1.3.1 Sabirnice


Važno je znati razliku između sabirnice i čvora. Na šemi, čvor je jednostavna tačka spajanja dva ili više vodova. Na sabirnicama se mogu priključiti elementi (potrošači, generatori itd.). Podrazumevane vrednosti date su za sva polja, od kojih neka mogu biti prazna.

Prozor za uređivanje karakteristika sabirnica na koje je priključen samo jedan potrošač (Potrošač 1 koji se sastoji od dva domaćinstva) kada je aktivan link za uređivanje karakteristika potrošača (**Loads**) izgleda kao na slici 6.9.



Slika 6.9 Izgled stranice za uređivanje karakteristika sabirnica

Sa leve strane prozora sa slike 6.9 nalaze se linkovi za uređivanje karakteristika elemenata (**Loads, Diesel Generators...**) u gornjem levom uglu, dok se ispod njih nalaze informacije o izabranom elementu. Sa desne strane prozora sa slike 6.9, prikazan je njegov izgled u slučaju kada je aktivan link **Loads**. Na vrhu ovog prozora, ispod opcije **Name**, nalazi se naziv potrošača (Potrošač 1) koji je priključen na sabirnice. Za slučaj da je na sabirnice priključeno više potrošača onda bi ovde bili prikazani nazivi svih priključenih potrošača. Ako je na sabirnice priključeno još elemenata, na primer dizel generator, onda se njegove karakteristike mogu uređivati izborom linka **Diesel Generators** takođe u okviru prozora sa slike 6.9, i tako redom sa ostalim elementima. Prozor identičan onom sa slike 6.9, samo bez linkova za uređivanje i karakteristika elemenata (nema leve strane), može se dobiti dvostrukim klikom na potrošač direktno u šemi. Prema tome, može se zaključiti da se uređivanje karakteristika elemenata može vršiti iz prozora za uređivanje karakteristika sabirnica kao i dvostrukim klikom na taj element. Prva opcija omogućava kreiranje mikromreže i uređenje karakteristika elemenata kada oni nisu prevučeni u prozor za crtanje šeme,

dok druga opcija omogućava uređivanje karakteristika elemenata samo kada je šema već nacrtana. U slučaju da se koristi prva opcija za definisanje mikromreže, onda odgovarajući prozor treba otvoriti klikom na dugme  koje se nalazi sa desne strane naziva mreže (*Microgrid 1*) na slici 6.7, budući da ne postoji sabirnica u prostoru za crtanje kako bi se dvostrukim klikom na nju dobio prozor sa slike 6.9.

#### **6.2.1.1.3.2 Električni potrošači**

Sekcija potrošača predstavlja grupu električnih potrošača. Svaki pojedinačni potrošač u sekciji može imati svoj tip prioriteta napajanja (kritični, prioritetni, neprioritetni, definisan od strane korisnika).

U daljem tekstu biće objašnjene opcije za definisanje karakteristika sekcije potrošača koje se nalaze sa desne strane prozora datog na slici 6.9. Boldirani nazivi se odnose na polja koja se mogu uređivati, dok se neboldirani nazivi odnose na ona polja koja nije moguće uređivati.

- Sekcije potrošača
  - **Name** – Naziv sekcije potrošača.
  - **Priority** – Prioritet sekcije potrošača u odnosu na sve ostale sekcije potrošača. 0 (nula) je najveći prioritet.
  - **Average Load (kW)** – Vrednost u ovom polju određuje *MDT* program kao sumu srednjeg opterećenja pojedinih potrošača. Ovo polje nije moguće uređivati.
  - **Notes** – Korisničke napomene za ovu sekciju potrošača.
  
- Definisanje pojedinačnih potrošača
  - **Name** – Naziv pojedinačnih potrošača koji čine određenu sekciju potrošača.
  - **Tier Type** – Tip prioriteta napajanja potrošača (kritični, prioritetni, neprioritetni).
  - **Average Load (kW)** – Srednje opterećenje potrošača izračunato na osnovu podataka o opterećenju. Ovo polje nije moguće uređivati.
  - **Notes** – Korisničke napomene za ovo opterećenje.
  
- Vremenski period i interval
  - **Interval** - Vremensko razdoblje u kome su prikupljeni podaci ili za koje korisnik želi da generiše podatke. Pomoću padajućeg menija mogu se odabrati dani, nedelje ili godine.
  - **Period** - Vremenski razmak prikupljanja ili generisanja podatka, npr. podaci se mogu prikupljati na svakih 15 minuta. Pomoću padajućeg menija mogu se

izabrati sekunde, minuti ili časova. Format prikaza vremena je dan.čas:minut:sekunda.

Tumačenje vremena	Prikaz vremena u <i>MDT</i> -u
23 časa, 59 minuta	23:59:00
1 dan, 23 časa, 59 minuta, 59 sekundi	1.23:59:59
539 dana, 47 minuta, 20 sekundi	539.00:47:20

➤ Podaci o opterećenju

- *Import CSV file* – Ovo omogućava korisniku da učita podatke o opterećenju sabirnice prema vremenskom periodu. *MDT* očekuje CSV fajl sa vrednostima u dve kolone razdvojene zarezima, bez naziva kolona. Svaki red mora imati dve vrednosti odvojene zarezom: <vremensko razdoblje>, <vrednost opterećenja>. Vremenski periodi moraju biti numerisani. Tumačenje vremenskog perioda je već objašnjeno. Podaci se takođe mogu *Copy*-rati i *Paste*-ovati iz *Excel* tabele. Na primer:

1, 0.65  
 2, 0.42  
 3, 1.249  
 4, 1.301281

- *Generate Data* – Ova opcija je predviđena za automatsko generisanje podataka o potrošnji. Da bi program generisao podatke, prvo treba kliknuti na naziv potrošača u koloni sa podacima opterećenja (npr. **Domaćinstvo 1** na slici 6.9). Tada se aktivira padajući meni *Generate data*. Nakon klika na ovaj padajući meni, otvara se dijalog prozor za unos podataka o potrošaču. Polja unutar ovog prozora imaju sledeća značenja:
- *Baseline Magnitude* - Nominalna snaga potrošača čije se karakteristike definišu. Upravo će ova vrednost biti osnova za stvaranje sinusoidalnih i slučajnih varijacija koje se superponiraju na nominalnu snagu stvarajući promenljivo opterećenje u definisanom vremenskom razdoblju.
- *Yearly Sinusoidal Variation* (Godišnja sinusoidalna varijacija)
  - *Amplitude* – Amplituda sinusoidalne varijacije opterećenja u kW.
  - *Phase Shift (Degrees)* – Fazni ugao sinusoide korišćen za određivanje vršne potrošnje u toku godine.

Podrazumevani oblik godišnje sinusoide je talas koji dostiže svoj maksimum u letnjem periodu.

- *Daily Sinusoidal Variation* (Dnevna sinusoidalna varijacija)
  - *Amplitude* - Amplituda sinusoidalne varijacije opterećenja u kW.
  - *Phase Shift (Degrees)* – Fazni ugao sinusoide korišćen za određivanje vršne potrošnje u toku dana.

Podrazumevani oblik dnevne sinusoide je talas koji dostiže svoj maksimum u podne.

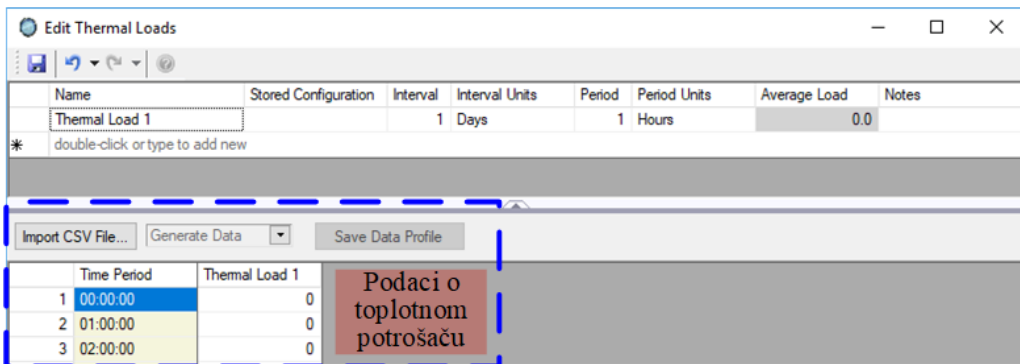
- *Gaussian Noise* – Gausov šum može da stvara vrednosti potrošnje veće od odabranih vrednosti amplitude. Koristi se da opiše slučajni karakter potrošnje.
  - *Mean* – Sredina normalne raspodele (matematičko očekivanje) na osnovu koje se određuju nasumična odstupanja.
  - *Standard Deviation* – Koliko u proseku elementi skupa odstupaju od aritmetičke sredine skupa.

Podrazumevana vrednost nivoa šuma za podatke o opterećenju je 10% pomeraja gore i dole pri jednoj standardnoj devijaciji sa sredinom normalne raspodele u nuli (umereni šum).

### 6.2.1.1.3.3 Toplotni potrošači

Toplotni potrošač predstavlja element mikromreže koji koristi toplotnu energiju iz generatora na fosilna goriva (dizel generatora ili generatora na prirodni gas). Najjednostavniji toplotni potrošač predstavlja radiator. Da bi se uredile karakteristike toplotnog potrošača, potrebno je dva puta kliknuti na njegovu ikonicu nakon što je ona ubačena u prostor za crtanje. Izgled stranice za uređivanje karakteristika toplotnog potrošača prikazan je na slici 6.10.

U daljem tekstu biće objašnjene opcije za definisanje karakteristika toplotnog potrošača. Boldirani nazivi se odnose na polja koja se mogu uređivati, dok se neboldirani nazivi odnose na ona polja koja nije moguće uređivati.



Slika 6.10 Izgled stranice za uređivanje karakteristika toplotnog potrošača

- **Name** – Naziv toplotnog potrošača.
- **Stored Configuration** – Trenutno izabrana konfiguracija toplotnog potrošača sa liste sačuvanih konfiguracija, ako postoji.
- **Interval** - Vremensko razdoblje u kojem su prikupljeni podaci ili za koje korisnik želi da generiše podatke.



- **Interval Units** – Jedinice vremena u kojima se izražava Interval. Pomoću padajućeg menija mogu se odabrati dani, nedelje ili godine.
- **Period** - Vremenski razmak prikupljanja ili generisanja podatka, npr. podaci se prikupljaju na svakih 15 minuta. Format prikaza vremena je dan.čas:minut:sekunda.
- **Period Units** – Jedinice za vreme u kojima se izražava *Period*. Pomoću padajućeg menija mogu se izabrati sekunde, minuti ili časovi.
- **Average Load (kW)** – Srednje opterećenje potrošača izračunato na osnovu podataka o opterećenju. Ovo polje nije moguće uređivati.
- **Notes** – Korisničke napomene za toplotni potrošač.

Što se tiče opcija koje se nalaze u odeljku Podaci o toplotnom potrošaču na slici 6.10, one su identične kao kod električnih potrošača i već su objašnjene.

#### **6.2.1.1.3.4 Dizel generatori**

Stranica za uređivanje karakteristika dizel generatora sadrži opcije objašnjene u daljem tekstu.

- **Name** – Naziv dizel generatora.
- **Baseline Specification** – Specifikacija koja opisuje trenutni (postojeći) generator.
- **Allowable Specifications** – Ovde se može izabrati (čekirati) jedan ili više dizel generatora. Izborom više od jedne specifikacije, odabrani generator postaje promenljiva opcija. Model će sugerisati koja je opcija najbolja za planiranu mikromrežu.
- **Retrofit Cost (\$)** – Troškovi u vezi sa korišćenjem postojeće opreme u mikromreži.
- **Failure Modes (hours)** – U ovom polju definišu se načini pogona generatora u režimu kvara. Za više informacija pogledati objašnjenje za ovo polje u tački 6.2.
- **Tank(s)** – Ovde je moguće izabrati jedan ili više rezervoara za dizel gorivo koji su definisani u mikromreži. Izborom više od jednog rezervoara, odabrani rezervoar postaje promenljiva opcija. Model će sugerisati koja je opcija najbolja za planiranu mikromrežu.
- **Thermal Load** – Toplotni potrošač povezan sa dizel generatorom, ako postoji. Toplota kojom se napaja toplotni potrošač, nastaje u generatoru kao produkt sagorevanja dizel goriva.
- **Networked** – U okviru ove opcije definiše se da li generator ima potrebne kontrole da učestvuje u radu mikromreže. Ako nema (ovo polje se ostavlja

nečekirano), to znači da generator može raditi samo kada je priključen na izolovane sabirnice.

- *Notes* – Korisničke napomene za dizel generator.

#### **6.2.1.1.3.5 Generatori na prirodni gas**

Stranica za uređivanje karakteristika generatora na prirodni gas sadrži identične opcije kao i stranica za uređivanje karakteristika dizel generatora, zbog čega se ove opcije neće ponovo objašnjavati.

#### **6.2.1.1.3.6 Vetro generatori**

Jedina opcija na stranici za uređivanje karakteristika vetro generatora različita od onih objašnjenih kod dizel generatora i generatora na prirodni gas je sledeća:

- **Wind Resource** – Profil raspoložive energije vetra gde će se nalaziti ovaj vetro generator. Ako postoji jedan ili više profila energije vetra koji su prethodno definisani u okviru opcije **Wind Resources** (vidi odeljak za definisanje opcija mikromreže na slici 6.7), onda iz padajućeg menija treba izabrati samo odgovarajući profil.

#### **6.2.1.1.3.7 Solarni generatori**

Opcije za uređivanje karakteristika solarnih generatora su identične onima za uređivanje karakteristika vetro generatora, osim što je umesto opcije **Wind Resource** aktivna opcija **Solar Resources**.

Pošto je većina opcija za uređivanje karakteristika ostalih elemenata sa slike 6.8 identična onima koje su već objašnjene, to će se u daljem tekstu objasniti samo one koje se razlikuju.

- Uređaji za neprekidno napajanje (*UPS*)
  - **Load Section** – Ovde je moguće izabrati sekcije potrošača priključenih na sabirnice na koje je priključen i ovaj *UPS*.
- Prekidači
  - **Default State** – Ovde se iz padajuće liste bira da li je prekidač normalno otvoren ili je zatvoren.
- Rezervoari za dizel gorivo
  - **Initial Quantity** (*gallons*) – Početna količina goriva u rezervoaru. Ako je rezervoar pun (bez obzira na veličinu rezervoara), treba uneti -1.

## **6.2.2 Primer optimizacije jednostavne mikromreže za slučaj ostrvskog pogonskog režima**

Na ovom jednostavnom primeru pokazaće se osnove projektovanja mikromreže u ostrvskom pogonskom režimu. Uvešće se osnovni principi optimizacije razmatrane mikromreže modifikacijom osnovne konfiguracije, a na kraju će se izvršiti analiza rezultata. Na početku ovog poglavlja već je rečeno da se *MDT* softverski paket koristi za identifikaciju optimalnog dizajna (konfiguracije) mikromreže uzimajući u obzir zahteve definisane od strane korisnika kao što su troškovi, performanse i pouzdanost. U praksi, to znači da je potrebno da korisnik ima informacije o mikromreži. To podrazumeva poznavanje osnovne topologije mikromreže (broj potrošača, njihove karakteristike i čvorove u kojima su potrošači priključeni). U slučaju da razmatrana mikromreža već postoji, onda je potrebno poznavati karakteristike svih vodova u mreži, poziciju prekidača i transformatora i njihove karakteristike, sabirnice u kojima su priključeni elementi poput dizel generatora, vetro generatora ili solarnih generatora, kao i njihove karakteristike. Ako su sve navedene veličine poznate, onda je potrebno nacrtati razmatranu mikromrežu i zadati karakteristike elemenata na način opisan u tački 6.2.1. Nakon toga moguće je pristupiti postupku optimizacije na dva načina.

Prvi način podrazumeva slučaj kada korisnik zna poziciju sabirnice i element mreže koji će biti priključen na ovu sabirnicu (dizel generator, vetro generator i sl.) i hoće da program odredi optimalan set karakteristika tih elemenata uz zadata ograničenja u pogledu troškova, kontinuiteta napajanja, efikasnosti itd. U ovom slučaju topologija mreže ostaje osnovna (ne menja se). Ovde je potrebno da korisnik najpre definiše karakteristike elemenata koje ima na raspolaganju, označi elemente koje želi da uključi u postupak optimizacije, a program će od tih elemenata odabrati one sa kojima se postižu najbolji rezultati. Ovo je slučaj tzv. jednostavnog dizajniranja elemenata (*Simple Design Elements*).

Drugi način optimizacije podrazumeva slučaj promene topologije mikromreže u cilju postizanja optimalne konfiguracije. Ovde korisnik mora da definiše sve promene osnovne konfiguracije koje želi da *MDT* razmatra u postupku optimizacije zajedno sa svim detaljima koje te promene podrazumevaju. *MDT* će predložiti onu konfiguraciju sa kojom se postižu najbolji rezultati. S obzirom da predloženo optimalno rešenje može zahtevati redizajn osnovne konfiguracije mikromreže, to se ovaj način optimizacije naziva složeno dizajniranje elemenata (*Complex Design Elements*).

Ovde će se razmatrati slučaj složenog dizajniranja elemenata mikromreže u ostrvskom pogonskom režimu. U cilju uštede vremena pri crtanju mikromreže koja će se analizirati, iskoristiće se urađeni primer iz biblioteke *MDT* softverskog paketa. To je modifikovani *IEEE 9 bus* test sistem. Ovaj primer sadrži tri fajla:

1. *IEEE9Bus\_UseCase1.mbf*
2. *SpecificationDB.mdf*
3. *SpecificationDB\_log.ldf*

Pošto je veći broj opcija *MDT* softverskog paketa već objašnjen, nadalje se neće ići do detalja.

### **6.2.2.1 Modifikacija i analiza jednostavne mikromreže**

#### **6.2.2.1.1 Unos jednostavnih promena u mikromrežu**

Da bi se iskoristio primer iz *MDT* biblioteke, pre pokretanja *MDT* softverskog paketa potrebno je iskopirati fajlove sa specifikacijama opreme u drugi folder. To je potrebno uraditi da bi se sve promene sačuvale, a izvorni fajlovi u *MDT* biblioteci ostali nepromenjeni.

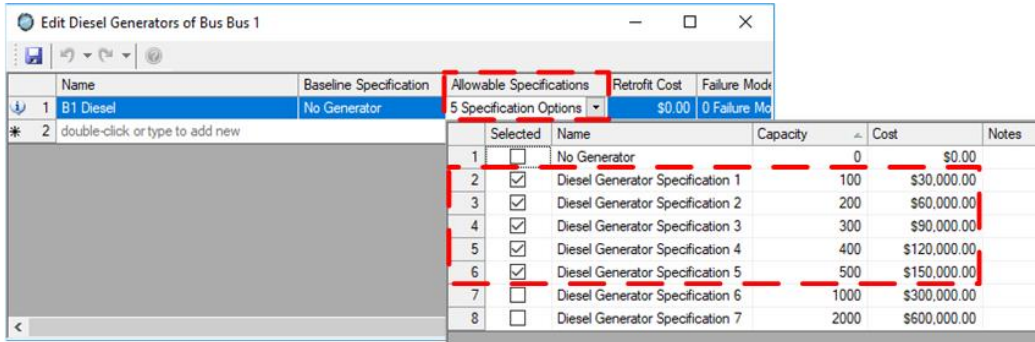
4. Pronaći instalacioni folder *MDT*-a: *MDT\_Install\_Files\_v1.2.1197.0\1.2 Release Files\Islanded Use Case*.
5. Ovde se nalaze fajlovi sa specifikacijama opreme (*SpecificationDB.mdf* i *SpecificationDB\_log.ldf*), kao i urađeni primer *IEEE9Bus* test sistema *IEEE9Bus\_UseCase1*. Ne treba preimenovati ove fajlove. Kopirati ih u drugi folder kako bi izvorni fajlovi ostali nepromenjeni.
6. Pokrenuti *MDT* softverski paket.
7. Otvoriti fajl *IEEE9Bus\_UseCase1.mbf* iz foldera u kojem je on prethodno iskopiran.
8. Prikazaće se šema za mikromrežu "*Microgrid 1*".

Rad se obavezno mora sačuvati povremenim pritiskom na *Ctrl-S* ili pritiskom na ikonicu za čuvanje u paleti sa alatnama.

Na kartici ***Properties*** sa desne strane (vidi sliku 6.7, donji desni ugao), vidi se da mikromreža ima ukupnu potrošnju od 1100 kW.

Mikromreža ima tri dizel agregata (*B1 Diesel*, *B2 Diesel* i *B3 Diesel*), ali svaki generiše samo 100 kW. Ova snaga očigledno nije dovoljna da podmiri potrošnju. Zbog toga će se mikromreža modifikovati kako bi se obezbedila potrebna snaga.

9. Na šemi mikromreže pronaći element "*B1 Diesel*". Dvaput kliknuti na njega nakon čega će se pojaviti prozor za uređenje karakteristika ovog dizel generatora.
10. U ovom prozoru kliknuti na padajući meni ***Allowable Specifications*** (Slika 6.11).
11. Videće se lista nekoliko dizel generatora. Može se odabrati određeni generator koji će se priključiti na sabirnicu 1 ili se može dopustiti da optimizacioni model odabere generator. Dozvoliće se da model odabere generator.
  - a. Poništiti izbor opcije ***No Generator***.
  - b. Izabrati ***Diesel Generator Specifications 1-5***.



Slika 6.11 Izbor specifikacija za dizel generator


12. Zatvoriti prozor koristeći "X" u gornjem desnom uglu.
13. Ponoviti prethodno opisane korake za „B2 Diesel“ i „B3 Diesel“, izborom specifikacija 1-5.

#### 6.2.2.1.2 Složeno dizajniranje elemenata

Podesiti izgled prozora MDT softverskog paketa tako da bude prikazana šema mikromreže (kao na slici 6.7). Zatim razmotriti opcije složenog dizajniranja elemenata koje već postoje u razmatranom primeru.

1. Izabrati karticu **Complex Options** s desne strane.
2. Kliknite na padajući meni **Design Option 1**. Postoje tri različita izbora za ovu opciju složenog dizajniranja elemenata.
  - a. **Design Option 1 Empty Realization**: Ovo je opcija „ne dodavati ništa“.
  - b. **Design Option 1 Realization 0**: Ova opcija dodaje prekidač i samo dva voda (nema dizel generatora) na sabirnicu broj 6.
  - c. **Design Option 1 Realization 1**: Ova opcija dodaje prekidač, 2 voda i dizel generator od 100 kW na sabirnicu broj 6.

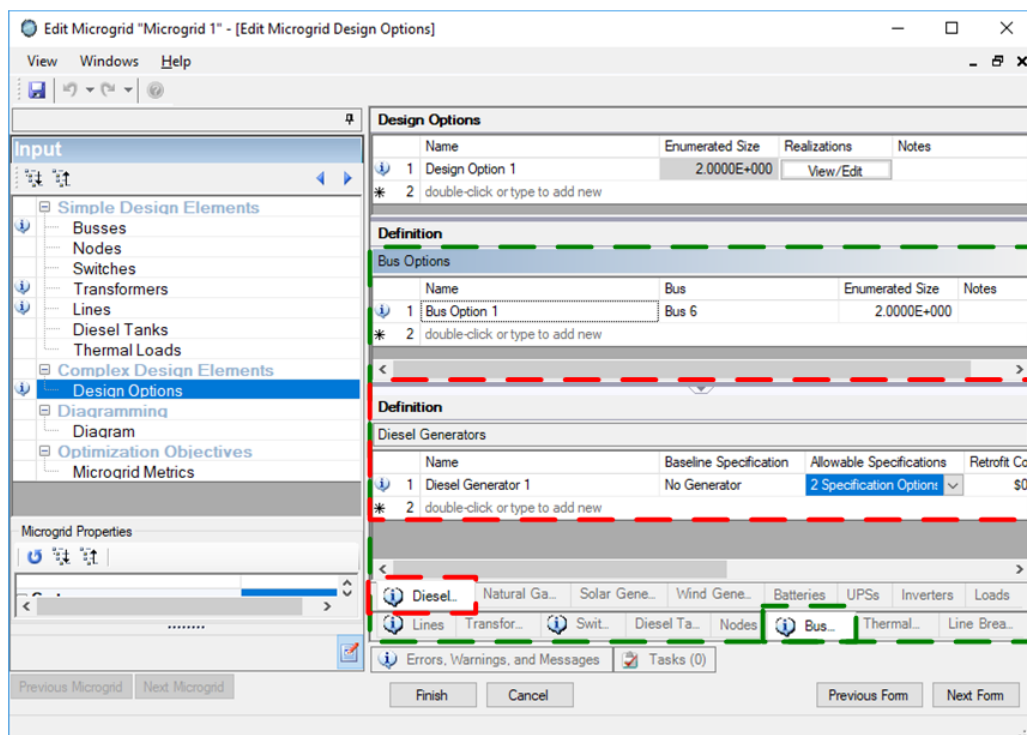
Realizacija 0 nema smisla: nema smisla dodavati prekidač i vodove sabirnici kada nema generatora. Ovu realizaciju treba isključiti kao opciju.

3. Na vrhu prozora nalazi se odeljak za definisanje opštih informacija mikromreže (vidi sliku 6.7). U okviru ovog odeljka treba kliknuti na ćeliju sa nazivom mikromreže **Microgrid 1**, nakon čega će se pojaviti dugme  sa desne strane naziva mikromreže. Odgovarajući prozor treba otvoriti klikom na ovo dugme.
4. U prozoru koji se otvorio, u gornjem levom uglu izabrati opciju **Design Options**.

5. Polje **Enumerated Size** za **Design Option 1** treba da sadrži vrednost 3. To znači da postoje 3 nabiranja/permutacije za ovu opciju dizajna.
6. Kliknuti na dugme **Viev/Edit** koje se nalazi sa desne strane ćelije sa brojem permutacija.
7. Otvoriće se prozor gde će se videti tri moguće permutacije složene opcije dizajna.
8. Odčekirati polje **Included** za realizaciju 0 (ili onu realizaciju koja ne uključuje generator).
9. Kliknuti na dugme **Finish** na dnu prozora.
10. Polje **Enumerated Size** za **Design Option 1** sada treba da ima vrednost 2.
11. Sa leve strane izabrati opciju **Diagram** i otvoriti karticu **Complex Options**. Padajući meni **Design Option 1** bi trebalo da uključuje samo dve opcije: **Empty Realization** i **Realization 1**.

Ovaj primer ilustruje korisnost opcije složenog dizajniranja. Opcija složenog dizajniranja omogućava korisniku da definiše skup opreme koji treba tretirati kao jedinicu. U navedenom primeru nema smisla dodavati prekidač ako neće biti dizel generatora. Opcije jednostavnog dizajniranja elemenata uvek smogu biti uključene kod opcija složenog dizajniranja.

12. Ponovo izabrati opciju **Design Options**.
13. U dnu prozora kliknuti na dugme **Bus Options** (na slici 6.12 označeno zelenom bojom).
14. Izaberite karticu **Diesel Generators** u redu iznad **Bus Options** (na slici 6.12 označeno crvenom bojom).
15. Kliknite na padajući meni **Allowable Specifications** za **Diesel Generator 1**. Vidi se da su izabrane dve stavke. Ovo je jednostavna promenljiva odluka.



Slika 6.12 Elementi stranice za opciju složenog dizajna. Opcije sabirnice (označene zelenom bojom) imaju dodatne podopcije. Jedna od njih koja se odnosi na dizel generatore je označena crvenom bojom.

Ukratko opisujući prethodni primer, može se reći da se u okviru **Design Option 1** razmatraju dve permutacije: kada se ne menja ništa i kada se dodaju dva voda, prekidač i dizel generator. Kod ovog dizel generatora koji se potencijalno dodaje izabrane su dve stavke (čekirane su dve opcije; da nema generatora – **No Generator** i dodavanje generatora sa specifikacijom 1 - **Diesel Generator Specification 1**). Osim toga, kod tri dizel generatora koji čine osnovni slučaj mikromreže, označeno je pet mogućih specifikacija koje softver može da bira u postupku optimizacije.

Da bi se napravila nova opcija dizajna (npr. **Design Option 2**) koja će uključiti u razmatranje solarnu elektranu povezanu na sabirnice broj 5, potrebno je ispratiti sledeće korake:

16. Prvo treba definisati solarne resurse tako što se izabere opcija **Solar Resources** u okviru opcija za definisanje mikromreže (vidi sliku 6.7). Za naziv solarnih resursa staviti npr. **Resource 1**. Nakon toga se otvara polje **Time Information**. Ovde se ne menja ništa, već samo klikne na padajući meni **Generate Data** i pritisne dugme **Generate**. Program će automatski generisati podatke za podrazumevane parametre, po principu koji je opisan u tački 6.2.1.1.3.2.
17. Izabrati opciju za prikaz šeme mikromreže (**Listings**), a zatim ponoviti korake 3 i 4 s početka tačke 6.2.2.1.2.

18. U delu *Design Options* na vrhu, u polje ispod onog gde piše *Design Option 1* uneti *Design Option 2*.
19. Pritisnuti dugme *Bus Options* (na slici 6.12 označeno zelenom bojom), a zatim na liniji iznad pritisnuti dugme *Solar Generators*.
20. U delu *Bus Options*, ispod polja *Bus* uneti *Bus 5* (već pri početku unosa otvoriće se ponuđeni čvorovi gde treba čekirati opciju *Bus 5*).
21. U delu *Solar generator* ispod polja *Name* uneti naziv *Solar 1*. Za *Baseline Specification* ostaviti podrazumevanu vrednost (*No Generator*), a za *Allowable Specifications* čekirati prve tri opcije (*No Generator*, *Solar Generator Specification 1*, *Solar Generator Specification 2*). Iz padajućeg menija *Solar Resource* izabrati *Resource 1*. Koraci 18-21 su ilustrovani na slici 6.13.

Design Options					
	Name	Enumerated Size	Realizations	Notes	
1	Design Option 1	2.0000E+000	View/Edit		
2	Design Option 2	4.0000E+000	View/Edit		
*	double-click or type to add new				

Definition				
Bus Options				
	Name	Bus	Enumerated Size	Notes
1	Bus Option 1	Bus 5	3.0000E+000	
*	double-click or type to add new			

Definition					
Solar Generators					
	Name	Baseline Specification	Allowable Specifications	Retrofit Cost	Failure M
1	Solar 1	No Generator	3 Specification Options	\$0.00	0 Failure
*	double-click or type to add new				

	Selected	Name
1	<input checked="" type="checkbox"/>	No Generator
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Solar Generator Specification 1
3	<input checked="" type="checkbox"/>	Solar Generator Specification 2
4	<input type="checkbox"/>	Solar Generator Specification 3

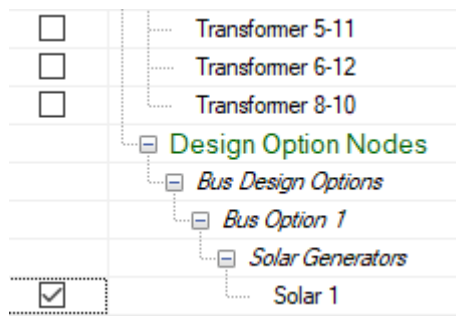
Slika 6.13 Dodavanje nove opcije dizajna razmatrane mikromreže (*Design Option 2*) koja uključuje solarnu elektranu na sabirnicama broj 5

Sada treba dodati vod koji će povezati sabirnice 5 i solarnu elektranu.

22. Na liniji na dnu izabrati dugme *Lines*. Vodeći računa da je označena opcija *Design Option 2* na vrhu, u delu *Lines*, ispod polja *Name* uneti *Line 1*.
23. Za prvi (početni čvor), iz padajućeg menija izabrati čvor *Bus 5*, a za drugi izabrati *Solar 1* (slika 6.14). *Length* → 25, *Baseline Specification* → *No Line*, *Allowable Specifications* → *Line Specification 1-2*.



24. Pritisnuti dugme *Finish*.



Slika 6.14 Izbor drugog čvora kod definisanja početne i krajnje tačke voda koji povezuje sabirnice broj 5 i solarnu elektranu

Ako se prikaže jednopolna šema mikromreže i odabere kartica *Complex Options*, može se videti da se osim opcije za dizajniranje *Design Option 1* pojavila i opcija *Design Option 2* sa 7 permutacija:

1. *Design Option 2 Empty Realization*: Ovo je opcija „ne dodavati ništa“.
2. *Design Option 2 Realization 0*: Ova opcija dodaje vod sa specifikacijom *Line Specification 1* (nema solarne elektrane) na sabirnicu broj 5.
3. *Design Option 2 Realization 1*: Ova opcija dodaje vod sa specifikacijom *Line Specification 1* i solarnu elektranu snage 100 kW na sabirnicu broj 5.
4. *Design Option 2 Realization 2*: Ova opcija dodaje vod sa specifikacijom *Line Specification 1* i solarnu elektranu snage 200 kW na sabirnicu broj 5.
5. *Design Option 2 Realization 3*: Ova opcija dodaje vod sa specifikacijom *Line Specification 2* (nema solarne elektrane) na sabirnicu broj 5.
6. *Design Option 2 Realization 4*: Ova opcija dodaje vod sa specifikacijom *Line Specification 2* i solarnu elektranu snage 100 kW na sabirnicu broj 5.
7. *Design Option 2 Realization 5*: Ova opcija dodaje vod sa specifikacijom *Line Specification 2* i solarnu elektranu snage 200 kW na sabirnicu broj 5.

Sve navedene permutacije moguće je vizuelno pratiti na šemi mikromreže, odnosno kada se iz padajućeg menija izabere odgovarajuća permutacija na šemi se vidi nastala promena.

### 6.2.2.2 Podešavanje ograničenja modela

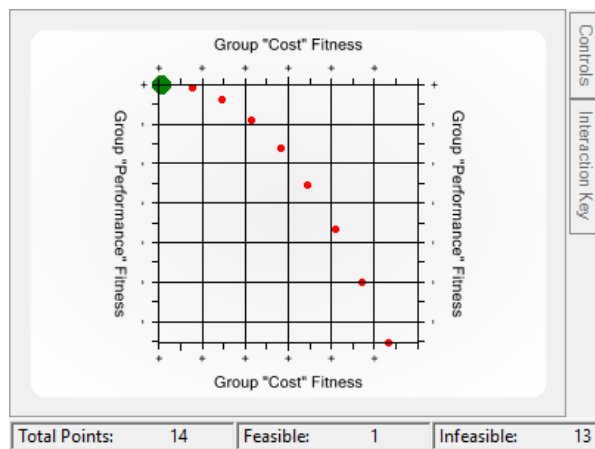
Ovde će se razmotriti neka ograničenja koja će se primeniti u postupku optimalnog dizajniranja mikromreže.

1. Izabrati opciju *Microgrid Metrics*.

2. U prozoru **Chosen Cost Metrics** (koji se otvorio) vidi se da je maksimalni ukupni trošak kupovine opreme (**Limit**) 1200000 USD. Cilj (**Objective**) je ograničiti ukupni trošak kupovine opreme na 900000 USD. Pošto najskuplji dizel generator snage 500 kW košta 150000 USD, a potrebna su samo tri generatora, cena ne bi trebalo da predstavlja problem (postoji mogućnost za finansiranje dodatnog dizel generatora i solarne elektrane).
3. U okviru ograničenja za potrošače (**Load Metrics**), minimalna dostupnost energije (neprekidnost napajanja) je postavljena na 98%, s ciljem da se postigne 99.999%, ako je moguće.
4. U okviru ograničenja za potrošnju goriva (**Fuel Metrics**), maksimalna prosečna potrošnja dizel goriva je 100 galona na čas (1 galon = 3.79 litara), sa ciljem da se postigne potrošnja goriva od 50 galona na čas, ako je moguće.
5. U okviru ograničenja efikasnosti (**Efficiency Metrics**), najmanja efikasnost dizela je postavljena na 30%, sa ciljem da se postigne 37%, ako je moguće.
6. Kliknuti na dugme **Finish** na dnu prozora.

### 6.2.2.3 Analiza rezultata

1. Pokrenuti proračun optimizacije mikromreže klikom na dugme ► koje se nalazi u paleti sa alatkama **MDT** softverskog paketa.
2. Mogu se zanemariti upozorenja.
3. Kada se postupak optimizacije završi (za oko deset sekundi), otvora se stranica za pregled rezultata sa **Pareto** frontom (slika 6.15).



Slika 6.15 Pareto front za razmatrani primer. Na dnu dijagrama je prikazan broj izvodljivih i neizvodljivih rešenja

Pareto front sa slike 6.15 pokazuje 9 rešenja, pri čemu je jedno izvodljivo (zelena tačka), a osam je neizvodljivo (crvene tačke). Izvodljivo u ovom kontekstu

znači da su ispunjena sva zadata ograničenja. Kod svih neizvodljivih rešenja iz *Pareto* fronta nije zadovoljena minimalna zadata vrednost neprekidnosti napajanja. Kada se pokrene model, mogu se dobiti malo drugačiji rezultati, što je posledica primenjene optimizacione metode.

Višekriterijumska optimizacija (koja se ovde primenjuje) podrazumeva optimizaciju više kriterijumskih funkcija (smanjenje troškova kupovine opreme, povećanje neprekidnosti napajanja, povećanje efikasnosti), koje su međusobno protivrečne. Dakle, ako je cilj maksimizacija sve tri funkcije, povećanje jedne izaziva istovremeno smanjenje druge. Stoga je cilj dobiti čitav niz optimalnih rešenja (*Pareto* rešenja), koja podrazumevaju međusobnu nedominantnost. Jedno rešenje dominira nad drugim rešenjem ukoliko je po svim funkcijama cilja bolje od drugog. *Pareto* front podrazumeva sva rešenja kod kojih ni jedno rešenje ne dominira nad ostalim. Izbor najboljeg rešenja iz *Pareto* fronta obavlja se nekom od teorija odlučivanja.

Da bi se izabralo rešenje, potrebno je kliknuti na zelenu tačku. ID broj svih rešenja moguće je videti klikom na karticu **Controls** (u gornjem desnom uglu na slici 6.15) i izborom opcije **Show Point Labels**.

Rezultati koji se odnose na označeno rešenje (tačku), po osnovu permutacije koju je softver predložio, mogu se videti klikom na dugme **Diagram** koje se nalazi ispod linije gde je prikazan broj izvodljivih i neizvodljivih rešenja.

Vrednosti označenog *Pareto* rešenja moguće je videti čekiranjem opcije **Solution Text** sa leve strane i skrolovanjem do kraja teksta. Vrednosti rešenja označenog zelenom tačkom zajedno sa ograničenjima date su u tekstu koji sledi.

Ukupni trošak za kupovinu opreme: 330000 USD

- Limit je bio  $\leq 1200000$  USD
- Ispunjen je cilj  $< 900000$  USD
  
- Potrošnja goriva: 81 galon po času otkaza
- Limit je bio  $\leq 100$  galona po času otkaza
- Nije ispunjen cilj  $< 50$  galona po času otkaza

Efikasnost dizela: 36%

- Limit je bio  $\geq 30\%$
- Skoro je ispunjen cilj  $\geq 37\%$
  
- Dostupnost energije (neprekidnost napajanja): 100%
- Limit je bio  $\geq 98\%$
- Ispunjeni cilj od  $\geq 99.999\%$

Da bi se videle vrednosti performansi za sva rešenja, treba kliknuti na dugme **Metric Filters** koje se nalazi na dnu prozora, ispod onog gde je prikazan *Pareto* front

sa slike 6.15. Prikazaće se vrednosti performansi za funkcije cilja nakon optimizacije na grafikonu sa horizontalnim linijama. Svaka horizontalna linija predstavlja rešenje. Klikom na neku tačku sa *Pareto* fronta pojavljuje se linija koja se odnosi na to rešenje, kao i vrednosti funkcija cilja koje odgovaraju tom rešenju. Na grafiku se istovremeno vide vrednosti za sva rešenja iz *Pareto* fronta. U svakom slučaju, sa desne strane prozora se može videti mnogo više detalja za izabrano *Pareto* rešenje.

Sa šeme mikromreže, nakon izvršene optimizacije, moguće je videti da je *MDT* softver kao jedino izvodljivo rešenje predložio slučaj kada se na sabirnice broj 6 dodaje prekidač, 2 voda i 100 kW dizel generator (***Design Option 1 Realization 1*** kod ***Design Solution 1***). Ovo rešenje ne uključuje solarnu elektranu na sabirnicu broj 5, odnosno izabrana je permutacija ***Design Option 2 Empty Realization*** kod ***Design Solution 2***. To je logično jer je cena solarne elektrane snage 100 kW čak 150000 USD, a ona ne proizvodi električnu energiju stalno. Ako bi se isključile permutacije 1, 2 i 5 (koje ne uključuju solarnu elektranu) za ***Design Solution 2*** na način opisan u koracima 3-8 u tački 6.2.2.1.2 i pokrenuo postupak optimizacije, može se primetiti da je izvodljivo rešenje ono koje uključuje solarnu elektranu snage 100 kW priključenu na sabirnicu broj 5, ali ne uključuje dizel generator koji bi bio priključen na sabirnicu broj 6. Snage ostala tri dizel generatora koji čine osnovni sistem odabrane su tako da se zadovolji potrošnja od 1100 kW (*B1 Diesel* – 100 kW, *B2 Diesel* – 500 kW, *B3 Diesel* – 500 kW).