

# Raziskave in inovacije

Regulatorno obdobje 2022

## Prijava projekta

Naslov projekta:	Optimizacija obratovanja nizkonapetostnega <b>D</b> istribucijskega om <b>R</b> ežja z <b>I</b> ntegrirano <b>F</b> leksibilnos <b>T</b> jo v realnem času s pomočjo globokega spodbujevanega učenja ( <b>DRIFT</b> )
------------------	---

Ta dokument služi kot samostojna predloga oz. obrazec za pripravo prijave projekta, katerega želi elektrooperater vključiti v shemo upravičenja stroškov raziskav in inovacij (v nadaljevanju: RI) v skladu z [1].

Pri pripravi vsebine naj prijavitelji tudi upoštevajo, da postopek kvalifikacije projektov, ki predlagajo uporabo pilotnih mehanizmov v skladu z 72. členom iz [1], vključuje tudi ocenjevanje projektov v skladu s Prilogo 4 iz [1]. Prijava mora vsebovati dovolj informacij, da je mogoče izvesti to ocenjevanje.

Prijavitelj posreduje agenciji izpolnjeno prijavo obvezno v DOCX dokumentu in opcijsko v dodatnem PDF dokumentu po elektronski pošti na naslov [info@agen-rs.si](mailto:info@agen-rs.si). S prijavo prijavitelj in vsi v prijavi navedeni akterji soglašajo z objavo prijavnih dokumentacije na spletni strani agencije v primeru kvalifikacije projekta.

V nadaljevanju so najprej na kratko navedene zahtevane informacije v okrepljenem tekstu, ki jim sledi podrobnejša opredelitev kot navodilo za izpolnjevanje obrazca v poševnem zmanjšanem tekstu skupaj z morebitnimi posebnimi omejitvami, ki veljajo za posamezno informacijo. Temu sledi okence za vpis podatkov o projektu s strani prijavitelja.

## Naslov projekta

Navedba naslova projekta, ki se mora razlikovati od obstoječih projektov.

Dovoljenih je največ 200 znakov vključno s presledki.

Podatka ni dovoljeno posodabljeni med izvajanjem projekta.

Optimizacija obratovanja nizkonapetostnega **Distribucijskega omrežja z Integrirano Fleksibilnostjo** v realnem času s pomočjo globokega spodbujevanega učenja (DRIFT)

## Prijavitelj elektrooperater

Polno ime elektrooperaterja, ki prijavlja projekt za koriščenje RI.

Podatka ni dovoljeno posodabljeni med izvajanjem projekta.

**Elektro Gorenjska, podjetje za distribucijo električne energije, d.d.**

## Kontaktne podatke

Ime, priimek in obvezno naslov e-pošte za primarno kontaktno osebo, ki bo odgovorna za vsa komunikacija v zvezi s projektom.

## Sodelujoči elektrooperaterji

Polna imena elektrooperaterjev, ki sodelujejo v projektu (brez prijavitelja).

- **ELES d.o.o.**
- **SODO d.o.o.**

## Sodelujoči partnerji

Polna imena drugih partnerjev, ki sodelujejo v projektu (brez elektrooperaterjev).

- **Univerza Ljubljana, Fakulteta za elektrotehniko**
- **Univerza Ljubljana, Fakulteta za računalništvo in informatiko**

## Vloge sodelujočih elektrooperaterjev in partnerjev

Opredelevanje vlog posameznih partnerjev (prijavitelja, sodelujočih elektrooperaterjev in drugih partnerjev) pri izvajanju projekta.

Za opredelitev vloge posameznega partnerja je dovoljenih največ 500 znakov vključno s presledki.

**Elektro Gorenjska, EG** – kot distributer električne energije je zadolžen za izbiro primerne pilotnega območja, ki bo služilo kot demonstracija projekta. V začetnih fazah projekta je EG zadolžena za tehnično upravljanje projekta. Tekom projekta bo aktivno sodelovala z raziskovalnimi institucijami in pomagala pri usklajevanju med projektnimi in sodelujočimi partnerji. Istočasno je EG zadolžena za pripravo pilotne lokacije (vključno s potencialno dodatno merilno opremo, urejanjem soglasij, iskanjem ponudnikov fleksibilnosti), pomoč pri razvoju algoritmov in skrb za skladnost algoritmov z realizacijo v pilotnem območju. Elektro Gorenjska je poleg partnerja v projektu tudi sofinancer.

**UL, Fakulteta za elektrotehniko** – vodilni partner na projektu in je zadolžen za koordinacijo med različnimi partnerji. Zadolžen je tudi za razvoj in implementacijo simulacijskega okolja. FE ima izkušnje in znanje modeliranja in vodenja omrežij obenem pa ima na voljo usposobljen in izkušen kader iz tega področja ter večino opreme s katero lahko izvajajo simulacije in tehnično znanje karakteristik nizkonapetostnega omrežja.

**UL, Fakulteta za računalništvo in informatiko** – predstavlja vlogo razvijalca algoritmov in strokovnega partnerja pri implementaciji algoritmov. Poleg FE je FRI zadolžen tudi za tehnično implementacijo algoritmov in pomoč pri vzpostavitvi simulacijskega okolja. Laboratorij za umetno inteligenco na fakulteti ima znanje in izkušnje na področju strojnega učenja in umetne inteligence, ki bod uporabljene pri implementaciji algoritmov globokega spodbujevanega učenja.

**ELES** – predstavlja strokovno usposobljenega svetovalnega partnerja, ki obenem igra vlogo sofinancerja projekta. ELES bo vabljen k podajanju mnenja o tehničnih rešitvah in rezultatih projekta (sodeluje v svetovalnem odboru).

**SODO** – predstavlja vlogo sofinancerja in je del svetovalnega odbora v projektu. Vabljen bo tudi k podajanju mnenj glede vsebinskih rešitev in razširjanja rezultatov projekta.

### Pričetek projekta

*Datum predvidenega pričetka projekta, pri čemer je treba upoštevati, da ima agencija na voljo največ 60 dni, da pošlje prijavitelju informacijo o kvalifikaciji projekta za koriščenje RI.*

1.10.2022

### Zaključek projekta

*Datum predvidenega zaključka projekta.*

30.9.2025

### Identifikacija drugih virov (so)financiranja projekta

*Opis drugih morebitnih virov financiranja projekta – ne glede na vrste virov (zasebna, javna, nacionalna, mednarodna ...).*

Celotna vrednost projekta znaša 400.000€. Od tega Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) financira 300.000€, 100.000€ pa krijejo sofinancerji projekta, kjer so poleg podjetja Elektro Gorenjska sofinancerji še podjetja ELES in SODO. Elektro Gorenjska sofinancira 40.000€, ostala partnerja (ELES in SODO) vsak po 30.000€ tekom celotnega trajanja projekta.

Prijava je oddana za vse sodelujoče elektrooperaterje (Elektro Gorenjska d.d., ELES d.o.o. in SODO d.o.o.).

### **Upravičenost projekta**

*Utemeljitev elektrooperaterjev, zakaj ne bodo izvajali predvidenega projekta v okviru svojega običajnega poslovanja in zakaj se projekta ne more izvesti brez koriščenja RI.*

*Dovoljenih je največ 2000 znakov vključno s presledki.*

*Podatka ni dovoljeno posodabljati med izvajanjem projekta.*

Dolgoročna vizija EU predvideva podnebno nevtralno gospodarstvo do leta 2050, kar bo zahtevalo znatno zmanjšanje emisij. Z velikimi spremembami se posledično sooča tudi elektroenergetski sistem. Na področju proizvodnje električne energije je tako končni cilj oblikovanje novega energetskega koncepta, v katerem v veliki meri prevladujejo obnovljivi viri energije (OVE), ki večinoma temeljijo na razpršeni proizvodnji. Na strani porabe električne energije smo priča elektrifikaciji prometa in ogrevanja, kar bo bistveno povečalo porabo električne energije; ta bo v veliki meri pogojena z obnašanjem uporabnikov, ki je odvisno od njihovih potreb, navad in njihovega razumevanja udobja.

Te spremembe že močno vplivajo na visoko spremenljivost pretokov moči na ravni distribucijskih omrežij, zaradi česar je njihovo vodenje zahtevno. Če takih spremenljivih obratovalnih stanj ne bomo obvladovali z učinkovitim vodenjem omrežja (tj. visoka stopnja vodljivosti omrežja), bodo za ohranjanje zahtevane kakovosti oskrbe odjemalcev z električno energijo potrebne obsežne ojačitve omrežja.

Hkrati s temi spremembami poteka tudi intenziven razvoj omrežja na distribucijskem nivoju in ponuja vedno večjo dostopnost podatkov o obratovanju omrežja in uporabnikih (tj. večjo spoznavnost omrežja), večje število krmiljenih elementov (regulacijski transformatorji, obnovljivi viri, baterijski hranilniki...) in tudi možnost uporabe prožnosti odjemalcev. Za izkoriščanje velike količine podatkov iz omrežja in za uporabo njegovih aktivnih elementov ter storitev aktivnih uporabnikov, je potreben inovativen pristop k vodenju omrežja.

Predlagani projekt dopolnjuje vrzel na področju vodenja omrežja, ki predstavlja ozko grlo za integracijo OVE in novih bremen (EV, TČ). Namreč, večji del OVE in praktično vsi EV-ji in TČ-ji so, oz. bodo, priključeni v NN omrežja, ki so pasivni in slabo spoznavni sistemi. Rezultati predlaganega projekta bodo prispevali k razvoju lokalnega trga prožnosti, ki bo omogočil večjo izkoriščenost obstoječe infrastrukture in zmanjšal potrebne investicije v omrežja. S pomočjo simulacij smo ocenili, da bo v Sloveniji v naslednjih desetih letih približno 50 % NN omrežij zahtevalo bodisi znatno ojačitev, ali pa vpeljavo storitev aktivnih odjemalcev v kombinaciji z minimalno ojačitvijo omrežja. Za ta omrežja je lahko predlagani algoritem vodenja omrežja izjemno pomemben.

## Utemeljitev izpolnjevanja zahtev<sup>1</sup>

*Kratka utemeljitev, da projekt izpolnjuje zahteve v nadaljevanju. Projekt mora izkazovati potencial za neposredni vpliv na omrežje ali sistemske storitve in mora vključevati raziskave in/ali demonstracijo najmanj ene od naslednjih štirih tematik: a) specifično novo opremo, ki še ni uveljavljena v Republiki Sloveniji (vključno z opremo za vodenje, komunikacijske sisteme in programsko opremo), ali kjer je določena metoda že bila preskušena zunaj Republike Slovenije, mora elektrooperater upravičiti ponovitev izvedbe v Republiki Sloveniji kot del projekta; b) specifično novo postavitve ali aplikacijo obstoječe opreme za prenos ali distribucijo električne energije (vključno z opremo za vodenje in/ali komunikacijskimi sistemi in/ali programsko opremo); c) specifično novo izvedbeno prakso, neposredno povezano z delovanjem prenosnega ali distribucijskega sistema ali d) specifično nov poslovni model v korist uporabnikov.*

*Dovoljenih je največ 1000 znakov vključno s presledki.*

*Podatka ni dovoljeno posodabljati med izvajanjem projekta.*

Predlagani projekt naslavlja novo programsko opremo, ki še ni uveljavljena v Republiki Sloveniji in neposredno vpliva na optimizacijo izrabe fleksibilnosti, za potrebe upravljanja napetosti v nizkonapetostnem distribucijskem omrežju in s tem izboljšanja napetostnih razmer.

Z optimizirano izrabo obstoječih virov fleksibilnosti (tako odjema kot tudi proizvodnje) preko trga s prožnostjo aktivnega odjema in lastnih aktivnih elementov v omrežju v neposrednem upravljanju elektrodistribucije (transformator z dinamično nastavitvijo odcepa) lahko bolje izkoristimo obstoječo infrastrukturo omrežja in s tem zmanjšamo oziroma zamaknemo potrebo po investicijah v primarno infrastrukturo. Na ta način bi lahko v distribucijsko omrežje integrirali še dodatne elemente (EV, TČ) brez, da bi presegli zmogljivost posameznih vozlišč v omrežju. V ta namen bodo tekom projekta razviti algoritmi, ki bodo v svojih izračunih upoštevali vse te prožnostne elemente, obremenitve, napetosti in karakteristike omrežja in poskušali najti najbolj optimalno upravljanje vseh teh aktivnih elementov s pomočjo algoritmov umetne inteligence (spodbujevano učenje).

Projekt DRIFT naslavlja specifično novo izvedbeno prakso neposredno povezano z delovanjem distribucijskega sistema, potencialno pa tudi prenosnega sistema, ter hkrati omogoča specifično nov poslovni model v korist uporabnikov, ki imajo lahko neposredno korist od aktivnega sodelovanja v trgih prožnosti. Specifična nova izvedbena praksa se odraža prek tehnološkega razvoja in demonstracije novih platform za koriščenje storitev fleksibilnosti na distribucijskem nivoju.

## Utemeljitev izpolnjevanja pogojev<sup>2</sup>

*Kratka utemeljitev, da projekt izpolnjuje tudi vse naslednje štiri pogoje: a) izkazuje potencial, da razvija znanje, ki ga lahko uporabi vsak elektrooperater, čeprav se projekt ukvarja zgolj s problematiko enega od delov omrežja; b) izkazuje potencial, da omogoča neto finančne koristi za aktivne odjemalce, kjer mora predlagana metoda dati rešitev z bistveno manj stroškov v primerjavi s trenutno najbolj učinkovito metodo, ki je v uporabi v prenosnem ali distribucijskem sistemu; c) je inovativen (tj. ni posel kot običajno) in izkazuje še nedokazan poslovni primer v Republiki Sloveniji, pri čemer tveganja upravičujejo izvedbo omejenega raziskovalnega ali demonstracijskega projekta za dokazovanje uporabnosti tega primera in d) ne vodi v nepotrebno podvajanje že izvedenih projektov in aktivnosti ali projektov in aktivnosti v izvajanju (bodisi kvalificiranih za koriščenje RI ali kakršnih koli drugih projektov).*

*Dovoljenih je največ 1000 znakov vključno s presledki.*

*Podatka ni dovoljeno posodabljati med izvajanjem projekta.*

<sup>1</sup> zahteve podane v 1.1. pododdelku priloge 3 iz [1]

<sup>2</sup> pogoji podani v 1.2. pododdelku priloge 3 iz [1]

Projekt DRIFT naslavlja problematiko iskanja optimalne izbire fleksibilnosti v nizkonapetostnem distribucijskem omrežju za upravljanje napetosti (porastov in padcev napetosti) in preobremenitev. Z razvojem algoritmov za optimalno izbrano fleksibilnosti bi optimizirali potrebna sredstva in obenem izboljšali kvaliteto električne energije v nizkonapetostnem omrežju. Pridobljeno znanje je možno uporabiti v vseh distribucijskih podjetjih in s tem optimizirati izbrano fleksibilnosti.

Projekt izkazuje potencial, da omogoča neto finančne koristi za aktivne odjemalce, saj spodbuja storitve fleksibilnosti in obenem upošteva enakopravnost vseh aktivnih uporabnikov (algoritmi so zasnovani v smislu, da vseh aktivnih uporabnikom nudijo enakovredne možnosti prispevanja in s tem finančnih koristi).

Tehnologija, ki bo uporabljena v projektu je inovativna celo na področju računalništva, strojnega učenja in umetne inteligence (in ne samo na področju energetike) zato smatramo, da je smiselno preučiti potencialno dodano vrednost te tehnologije in možnosti uporabe v energetiki za optimizacijo obratovanja v nizkonapetostnem omrežju.

Glede na izredno visoko stopnjo inovativnosti projekta in nizko opredeljene TRL nivoje tehnologije smatramo, da podobnih projektov ni bilo izvedenih niti v svetovnem merilu, kaj šele v ožjem prostoru.

### **Utemeljitev načina in pogojev za deljenje podatkov<sup>3</sup>**

*Kratka utemeljitev, na kakšen način in pod kakšnimi pogoji lahko zainteresirani akterji zahtevajo ustrezno obdelane podatke o omrežju in/ali podatke o proizvodnji/porabi (če gre za osebne podatke, je treba podatke anonimizirati), ki so bili zbrani med trajanjem projekta. Elektrooperaterji zagotavljajo razpoložljive podatke drugim deležnikom izključno pod pogojem, da posamezni deležnik dokaže, da imajo končni odjemalci lahko od tega koristi. Podatki so sicer lahko predhodno anonimizirani in/ali podvrženi redakciji zaradi občutljivosti samih podatkov ali iz poslovnih razlogov. Elektrooperater mora agregirane podatke, ki so lahko koristni za širšo skupino deležnikov, opredeliti kot odprte podatke in zainteresiranim omogočiti dostop do le-teh prek portala »Odprti podatki Slovenije« - OPSI. Projekt ne bo kvalificiran ali bo izločen iz upravičenja koriščenja RI, če elektrooperater ne želi deliti podatkov, ki so bili zbrani med trajanjem projekta, z drugimi deležniki.*

*Dovoljenih je največ 1000 znakov vključno s presledki.*

*Podatka ni dovoljeno posodabljanje med izvajanjem projekta.*

Vsi osebni podatki (poraba električne energije, profili napetosti in toka) pridobljeni od sodelujočih uporabnikov bodo prvo hranjeni interno znotraj podjetja Elektro Gorenjska, pred posredovanjem pa bodo primerno preurejeni, da ne bo moč določiti komu specifično pripadajo, saj to za samo nadaljnjo uporabo in izdelavo algoritmov na strani fakultete za elektriko ni pomembno in ne vpliva na točnost rezultatov.

Vsi podatki, ki so v lasti podjetja Elektro Gorenjska (vključno s podatki o omrežju in/ali podatki o proizvodnji/porabi) in bodo zbrani med trajanjem projekta so kateremukoli zainteresiranemu akterju dostopni na način, da se jih zahteva preko dopisa. Zainteresiranim akterjem se lahko posredujejo tudi časovne serije profilov porabe, kjer bodo seveda podatki predhodno ustrezno anonimizirani, tako da iz podatkov ne bo možno razbrati kateremu merilnemu mestu pripadajo,

<sup>3</sup> skladno s 1.3. pododdelkom priloge 3 iz [1]

niti ne bo možno razbrati katerih koli drugih osebnih informacij. Glede na obseg in velikost podatkov bo za vsak tak primer definiran najbolj ustrezen način posredovanja teh podatkov zainteresiranim akterjem.

Ob koncu projekta je za objavo rezultatov predvidenih nekaj konferenčnih člankov in znanstvenih objav v znanstvenih revijah. Organizirana pa bo tudi delavnica kjer bodo rezultati projekta predstavljeni vsem zainteresiranim deležnikom. Predvideni so trije konferenčni članki in dva članka v znanstvenih revijah. Pripravljena bo študija razširljivosti in ponovljivosti, ter izdelana regulatorna priporočila.

Za potrebe izmenjave podatkov med Elektro Gorenjska in partnerji na projektu so bila od vseh odjemalcev, ki so oskrbovani iz transformatorske postaje Srakovlje pridobljena soglasja za obdelavo njihovih podatkov o porabi in proizvodnji električne energije zabeležene na pametnih števcih, kakor tudi za podatke vezana na samo merilno mesto (lokacija, lastnik merilnega mesta, ipd.). Podpisana soglasja hranimo v EG in ne bodo posredovana osebam, ki niso bila izrecno navedena na soglasjih.

#### **Utemeljitev ureditve pravic intelektualne lastnine<sup>4</sup>**

*Kratka utemeljitev ureditve pravic intelektualne lastnine (IL). Ker bodo v okviru kvalificiranih projektov za koriščenje RI lahko ustvarjene določene pravice IL za elektrooperaterja oziroma projektne partnerje, je elektrooperater odgovoren za to, da vstopi v pogodbeno razmerja s projektnimi partnerji s ciljem urediti pravice IL. Pogodbeno razmerja morajo zagotavljati: a) prenos in razširjanje znanja (temeljno načelo koriščenja RI), ki je generirano z RI podprtim projektom in b) zaščito končnih odjemalcev, da ne plačujejo preveč za izdelke ali pristope, katerih raziskave so že predhodno podprli s sredstvi za RI.*

*Če elektrooperater tega ne zagotavlja, potem mora: i) demonstrirati, kako se bo znanje iz projekta, ki je kvalificiran za koriščenje RI, uspešno prenašalo na druge elektrooperaterje in druge zainteresirane akterje; ii) upoštevati morebitne omejitve ali stroške, ki so nastali ali so posledica uvedenih ureditev pravic IL; iii) upravičiti, da je predvidena ureditev pravic IL z vidika aktivnega odjemalca stroškovno učinkovita.*

*Dovoljenih je največ 1000 znakov vključno s presledki.*

*Podatka ni dovoljeno posodabljanje med izvajanjem projekta.*

Splošna strategija intelektualnih pravic na projektu je zasnovana tako, da partnerji v čim večji meri prispevajo svoje znanje k izvedbi projekta in hkrati ohranijo svoje intelektualne pravice.

Partnerji v osnovi sami razpolagajo z individualnim znanjem, ki ni predmet skupnega rezultata. Ko gre za skupne rezultate, imajo partnerji dolžnost, da v primeru kasnejše eksploatacije o tem obvestijo druge partnerje, ki so udeleženi na tem skupnem rezultatu in se z njimi dogovorijo o trženju.

Projekt sledi vzpostavljenim smernicam, ki jih podaja Agencija za energijo, kot tudi smernicam in praksam, ki jih podajajo drugi programi za raziskave in inovacije, kot je na primer Obzorje 2020, oziroma Obzorje Evropa. S tem je v projektu sprejeto načelo odprtega dostopa do rezultatov.

<sup>4</sup> skladno s 1.4. pododdelkom priloge 3 iz [1]

## Opis problema

*Opis problema ali problemov, s katerimi se bodo spoprijeli elektrooperaterji in partnerji v predlaganem projektu. Dovoljenih je največ 2000 znakov vključno s presledki.*

*Podatka ni dovoljeno posodabljati med izvajanjem projekta.*

Velika spremenljivost obratovalnih pogojev distribucijskega omrežja zaradi stohastične proizvodnje iz OVE že danes vzbuja skrb. Razmere se bodo še poslabšale z naraščajočim deležem novih bremen, predvsem toplotnih črpalk (TČ) in električnih vozil (EV), saj gre za bremena povezana z navadami uporabnikov in njihovim udobjem, kar je še vedno slabo analizirano. Vse večja proizvodnja in naraščajoča poraba, ne nujno hkrati, vodita v preobremenitev elementov omrežja (običajno transformatorjev) in odstopanja napetostnih profilov od zahtevanih nivojev (visoke napetosti zaradi proizvodnje in nizke napetosti zaradi porabe).

Pozitivna stran učinkov zelene transformacije na omrežje je, da obnovljivi viri energije, nova bremena (EV, TČ) in baterijski hranilniki predstavljajo tudi vir prožnosti, ki lahko predstavlja dodano vrednost elektroenergetskemu sistemu tako z upravljanjem proizvodnih virov kot s prožnostjo odjema. OVE običajno lahko generirajo jalovo moč ali omejujejo delovno moč, bremena lahko zagotovijo določeno stopnjo prilagajanja porabe, ne da bi to bistveno vplivalo na udobje uporabnika, baterijski hranilniki pa so najbolj vsestranska naprava v smislu prožnosti. Povečana prožnost, ki jo lahko nudijo aktivni uporabniki, je ključna lastnost elektroenergetskega sistema prihodnosti. Storitve prožnosti zagotavljajo jasne koristi za operaterje distribucijskih omrežij (DSO) v smislu regulacije napetosti in upravljanja zamašitev, kar povečuje zmožnost za integracijo OVE, EV in TČ. Razpoložljivo prožnost lahko, na primer, uporabijo bilančne skupine (BRP) za izravnavo portfelja ali operater prenosnega omrežja za systemske storitve. Aktivna vloga uporabnikov omrežja je jasno izražena tudi v paketu politik »Čista energija za vse Evropejce« (predlagala ga je EK 30. novembra 2016), v katerem je navedeno, da proces transformacije elektroenergetskega sistema prinaša odjemalcem električne energije povsem novo vlogo: od perifernih uporabnikov do ključnih akterjev elektroenergetskega sistema.

**Da bi se spopadli z izzivi sodobnih distribucijskih omrežij in se s tem izognili obsežni ojačitvi omrežja, je potreben napreden in učinkovit sistem vodenja omrežja.** Za tak sistem je treba rešiti vsaj naslednje izzive:

- Sodobni algoritmi za vodenje distribucijskega omrežja običajno temeljijo na algoritmih brez poznavanja stanja omrežja (ponudba in povpraševanje) ali v najboljšem primeru na optimizacijskih algoritmih, ki temeljijo na algoritmih za optimizacijo trenutnega stanja omrežja. Glavna pomanjkljivost teh algoritmov je njihova nizka prilagodljivost spremenljivim obratovalnim razmeram, optimizacijskim algoritmom pa predstavlja izziv vedno večja kompleksnost omrežja, kar ima za posledico računsko intenziven proces izračuna optimalnega stanja omrežja. Izračun optimalne konfiguracije stanja vseh aktivnih naprav in uporabnikov vključuje reševanje NP-težkega problema, ki je izvedljiv le v zelo omejenih omrežjih.



- Danes ima vodenje distribucijskega omrežja še vedno nizko stopnjo kompleksnosti, in se osredotoča predvsem na regulacijo napetosti s pomočjo VN/SN regulacijskega transformatorja, nekoordinirano regulacijo napetosti s pomočjo proizvodnje jalove moči iz OVE in ustrezno ojačenje omrežja za zagotavljanje normalnih obratovalnih pogojev. Poleg tega se uporaba prožnosti uporabnikov kot tržne rešitve sooča s problemom „kokoš ali jajce“: ker trg prožnosti še ni zrel, je dejanski potencial prožnosti uporabnikov omrežja neznan in ga je težko predvideti, zato operaterji distribucijskih omrežij ne vključijo prožnost kot del obratovanja ali načrtovanja omrežja. Za premagovanje teh ovir je potrebno temeljito terensko testiranje razvitih algoritmov, skupaj z razlago njihovega delovanja operaterjem distribucijskega omrežja.
- Za učinkovito rešitev v smislu vodenja nizkonapetostnih (NN) distribucijskih omrežij bi morala biti takšna rešitev ponovljiva in razširljiva. Zato je študija **razširljivosti in ponovljivosti ključna** za sprejemanje novih algoritmov.

## Opis metode

Opis metode ali metod, ki so predvidene za razrešitev ali raziskavo problema. Vrsta metode naj bo identificirana kot npr. tehnična ali komercialna. Zaradi zahtev<sup>2</sup> morajo elektrooperaterji predstaviti: a) Oceno prihrankov ob rešitvi problema, ki se obravnava v projektu; b) Izračun finančnih koristi projekta; c) Oceno prenosljivosti metode npr.: po celotnem elektroenergetskem sistemu, po njegovem odstotku ali po določenih delih, kjer bi se metodo lahko uporabilo in implementiralo; d) Oceno stroškov za implementacijo metode v celotni elektroenergetski sistem.

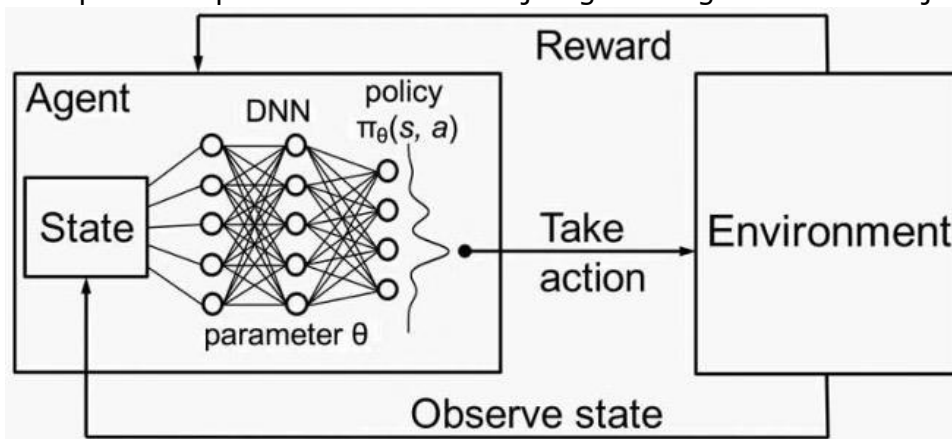
Dovoljenih je največ 2000 znakov vključno s presledki.

Podatka ni dovoljeno posodabljati med izvajanjem projekta.

Metodologija projekta sledi ciljem in je sestavljena iz treh stebrov:

### 1. Razvoj algoritma globokega spodbujevanega učenja (DRL) za vodenje nizkonapetostnega distribucijskega omrežja.

Spodbujevano učenje (RL) je veja strojnega učenja, ki se ukvarja z učenjem strategij vodenja v kompleksnih okoljih. Učenje temelji na izkušnji agenta pri njegovi interakciji z okoljem. Agent opazuje svoje okolje in se uči akcij, ki optimizirajo prihodnje nagrade. Končni cilj je naučiti se učinkovite strategije vodenja. Učni proces temelji na poskusih in napakah in po možnosti na učenju agentovega modela okolja.



Slika 1: Struktura globokega spodbujevanega učenja.

V prvi fazi projekta bomo raziskali področje DRL z enim agentom, brez modela (single agent, model-free), kjer bo agent predstavljal krmilnik omrežja EG. Možna pomanjkljivost tega pristopa je njegova sposobnost posploševanja: za uvajanje novih elementov (vozlišč) v distribucijsko omrežje bo morda treba ponovno naučiti strategijo vodenja. Ker se bo učenje izvajalo v simulatorju, pričakujemo le manjše spremembe in malo dodatnega časa za ponovno učenje. Druga možnost, ki jo bomo proučili je večagentni DRL, kjer bo vsak element v omrežju deloval kot agent, ki je sposoben nadzorovati samega sebe, hkrati pa si še vedno prizadeva za ohranjanje optimalnega skupnega cilja. Dodajanje majhnega števila novih elementov (agentov) hkrati v obstoječe omrežje ne bi smelo zahtevati ponovnega učenja, kot v primeru enega agenta.

## **2. Demonstracija razvitih algoritmov s testiranjem v simulatorju in v realnem omrežju.**

Razvite strategije vodenja omrežja bomo najprej preizkusili s simulacijami z nadgrajenim orodjem za simulacijo distribucijskega omrežja. Nato bodo izvedeni testi z digitalnim simulatorjem v realnem času (RTDS), ki posnema dejanske pogoje delovanja omrežja. RTDS testi so namenjeni predvsem odpravljanju napak razvite programske kode v ustreznem okolju. Na koncu bodo algoritmi testirani na terenu, in sicer v omrežju EG TP Srakovlje. Omrežje vključuje gospodinjske odjemalce s TČ, sončne elektrarne in baterijskimi hranilniki, ki že sodelujejo v demo aktivnostih na področju razvoja trga prožnosti. Omrežje bo opremljeno z dodatnimi števci za zagotavljanje zanesljivih podatkov v realnem času. Za filtriranje merilnih podatkov bodo uporabljeni postopki, razviti v okviru projekta EG "MLIN podatkov".

Posebna pozornost bo namenjena razumljivosti in preglednosti razvitih strategij s strani domenskih strokovnjakov ter sprejemanja s strani končnih odjemalcev.

## **3. Steber razširljivosti in ponovljivosti, ki nudi vpogled v stroške in koristi implementacije razvite rešitve.**

Na podlagi rezultatov demonstracijskih testov in z uporabo orodja za simulacijo distribucijskega omrežja bo izvedena študija razširljivosti in ponovljivosti. Rezultati bodo omogočili vpogled v naučeno strategijo vodenja, ki temelji na DRL, v distribucijskih omrežjih na nacionalni ravni. Študija ponovljivosti bo temeljila na različnih vrstah dejanskih omrežij (podeželska, urbana...), medtem ko bo študija razširljivosti temeljila na referenčnih modelih distribucijskega omrežja, ki jih je razvil UL FE in uporabljal v okviru Nacionalnega programa za pametna omrežja.

Na podlagi preliminarnih analiz je bilo ugotovljeno, da se finančne koristi projekta kažejo predvsem v boljši izrabi virov fleksibilnosti (t.j. manjšemu številu kW in kWh in bolj enakopravno porazdeljeni uporabi med različnimi aktivnimi uporabniki) za doseg enakega cilja v primerjavi z obstoječimi metodami za upravljanje napetostnih razmer v nizkonapetostnem omrežju. Ocena je, da se v povprečju skupna cena aktivacij zmanjša za 10-15%.

Ker bodo v projektu najprej uporabljeni minutni podatki iz pilotnega območja, nato pa bo enakovredna metodologija preizkušena na 15min merilnih podatkih je razširljivost pred to analizo nemogoče predvideti. V primeru da se metodologija izkaže za uspešno tudi na 15min merilnih podatkih potem je prenosljivost metodologije visoka in jo je možno implementirati brez bistvenih investicij v dodatno opremo. V nasprotnem primeru, se bodo tekom trajanja projekta podalo predlog o razvoju estimacijskih algoritmov za razpoznavanje stanja napetosti v nizkonapetostnem omrežju, za kar pa bi bilo v omrežju potrebno povečati delež t.i. point-to-point pametnih števecov. Ocena stroškov implementacije na celotno distribucijsko območje je tako odvisna od skalabilnosti metodologije na slabšo ločljivost zajema podatkov. V primeru dobre skalabilnosti so ocenjeni stroški nizki, saj gre predvsem za implementacijo programske opreme pri preostalih elektrooperaterjih.

## Namen in cilji

*Jasna definicija namena in ciljev projekta, vključno s koristmi (npr. finančne, okoljske ...), ki so neposredno povezane s prenosnim ali distribucijskim sistemom.*

*Dovoljenih je največ 2000 znakov vključno s presledki.*

*Podatka ni dovoljeno posodabljati med izvajanjem projekta.*

Cilj projekta je reševanje zgoraj opisanih izzivov s pomočjo **razvoja algoritma za vodenje nizkonapetostnega (NN) omrežja, ki temelji na globokem spodbujanem učenju (DRL) in lahko optimalno izkoristi razpoložljivo prožnost aktivnih uporabnikov omrežja**. Optimalnost se nanaša na minimalno uporabo prožnosti uporabnikov za doseganje ustreznih obratovalnih razmer v omrežju.

**Algoritem bo najprej razvit in preizkušen v simulacijskem okolju.** Za proces učenja bodo uporabljeni podatki preteklih meritev na pilotnem območju, za zagotovitev zadostne količine podatkov za učenje pa bodo s pomočjo obstoječega orodja **za simulacijo obratovanja distribucijskega omrežja** generirani dodatni podatki, kjer bodo za modeliranje okolja uporabljene dejanske meritve s terena. Simulacijsko orodje je orodje za verjetnostni izračun pretokov moči, ki se bo uporabilo kot digitalni dvojček modeliranega omrežja.

**Razvit in preizkušen algoritem vodenja NN omrežja bo implementiran v dejansko distribucijsko omrežje.** Cilj predlaganega sistema je izboljšati napetostne razmere in preprečiti preobremenitve transformatorja ter s tem povečati priključno zmogljivost takega omrežja (v smislu zmožnosti vključevanja novih obnovljivih virov energije in novih bremen) brez ojačitev omrežja. Aktivne komponente v NN omrežju so predvsem toplotne črpalke, sončne elektrarne in baterijski hranilniki.

Zadnja faza projekta je študija **ponovljivosti** predlagane metodologije v drugih distribucijskih omrežjih in njena **razširljivost** v smislu zahtevanih podatkov, merilne infrastrukture, potrebne računske moči in pripadajočih stroškov v primeru širše implementacije.

**Glavni cilj**

- Glavni cilj projekta je reševanje izzivov krmiljenja elementov v NN omrežju s pomočjo pristopa, ki temelji na algoritmih globokega spodbujevanega učenja (angl. Deep Reinforcement Learning, DRL).

**Cilj 1: Razvoj DRL algoritma za optimalno vodenje NN distribucijskega omrežja v realnem času**

- Proces razvoja algoritma globokega spodbujevanega učenja za vodenje NN omrežja bo potekal v treh fazah:
  - o Faza 1: Opredelitev področja problema: akcije, stanja, funkcija nagrade
  - o Faza 2: Učenje v simulacijskem okolju: uporaba DRL v simuliranem okolju, ocena parametrov
  - o Faza 3: Validacija v simuliranem in realnem NN distribucijskem omrežju, ocena razširljivosti.

V prvi fazi bodo glede na specifične lastnosti področja vodenja NN omrežja definirani parametri spodbujevanega učenja: stanja, akcije in funkcija nagrajevanja. Za učenje preslikav med prostorom stanj in akcijami bo, v skladu s trenutnimi trendi na tem področju, zasnovana učinkovita arhitektura globoke nevronske mreže. Pregledani bodo ustrezni kandidati za izbiro algoritma na področju globokega spodbujevanega učenja (npr. DQN, DDQN, DDPG), obenem pa bo predlagana nova struktura celotnega procesa učenja. Poleg tega bo paradigma strojnega učenja na podlagi argumentacije (ABML) razširjena na spodbujevano učenje (angl. Argumentation Base Reinforcement Learning, ABRL). V klasični obliki ABML argumenti omogočajo strokovnjaku, da za izbrane primere razloži odnose med atributi in razredom. V ABRL bodo imeli argumenti vlogo, da pojasnijo, zakaj so nekatere akcije v določenem stanju boljše. Uvedba domenskega znanja strokovnjakov v algoritem spodbujevanega učenja bo omogočila bolj razumljive strategije vodenja, saj bodo podani argumenti postali del končnega modela; v ABRL bodo argumenti težili k temu, da postanejo del naučene strategije vodenja. Metrike evaluacije bodo opredeljene z vidika delovanja distribucijskega omrežja in bodo uporabljene v drugi in tretji fazi za validacijo razvitih rešitev.

**Cilj 2: Pilotno izvajanje predlaganega algoritma za vodenje NN omrežja**

Razvit DRL algoritem bo testiran na terenu, v dejanskem distribucijskem omrežju. Algoritem bo v realnem času zagotavljal izračune akcij in nastavitve naprav v omrežju za učinkovito obratovanje omrežja. Analizirani bodo rezultati simulacijskih testov razvitega algoritma in primerjani z rezultati klasičnih pristopov k vodenju NN omrežja. Rezultati klasičnega pristopa bodo pridobljeni z uporabo orodja za simulacije distribucijskega omrežja.

### Cilj 3: Študija razširljivosti in ponovljivosti

Študija razširljivosti in ponovljivosti bo izvedena z uporabo orodja za simulacijo distribucijskega omrežja. Rezultata študije bosta ocena povečanja priključne zmogljivosti NN omrežij in odloga ojačitev omrežja. Razširljivost bo predvidevala implementacijo metodologije v distribucijskih omrežjih na nacionalni ravni. Poleg tega bo raziskano tudi delovanje algoritma za primer opravljanja storitev za operaterja prenosnega omrežja. Ocenjena bo tudi ekonomska izvedljivost predlaganega pristopa.

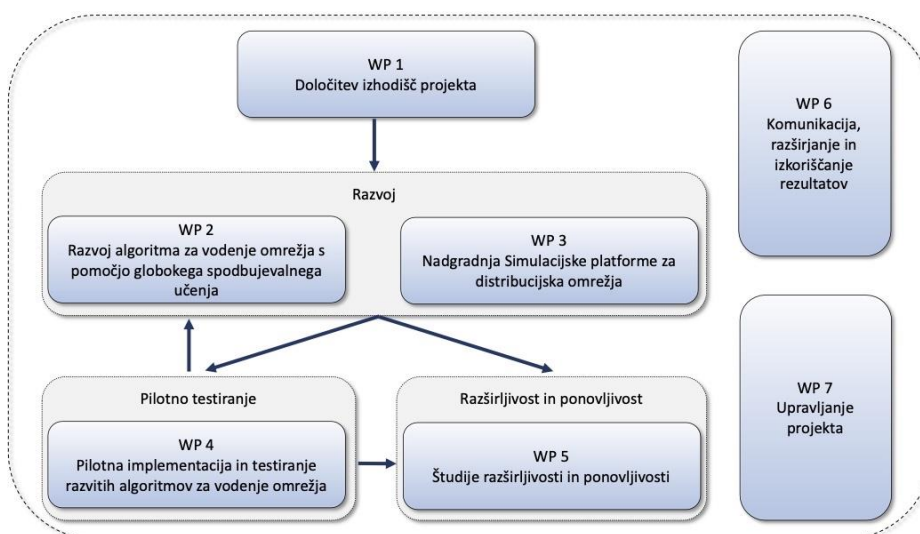
### Kriterij uspešnosti

Opis načina, kako bo prijavitelj ocenjeval uspešnost projekta.

Dovoljenih je največ 2000 znakov vključno s presledki.

Podatka ni dovoljeno posodabljati med izvajanjem projekta.

Raziskovalni projekt je razdeljen na tri glavne dele ter v sedem delovnih sklopov (WP), ki sledijo zastavljeni metodologiji. Relacije med posameznimi delovnimi sklopi so prikazane na sliki 2.



Slika 2: Struktura raziskovalnega projekta.

V vsakem od delovnih paketov so predvideni delni rezultati (izsledki) projekta, kjer bodo opisani raziskani/razviti/implementirani deli celotnega raziskovalnega projekta. Na podlagi izsledkov so grajeni tudi KPI-ji projekta:

- KPI1: Uspešno razvito simulacijsko okolje za potrebe razvoja algoritmov z možnostjo modularnega simuliranja različnih porabnikov/proizvodnih naprav ipd., uspešen razvoj metodologije za optimalno izrabo potreb po fleksibilnosti,
- KPI2: Optimizacija izrabe fleksibilnosti za 15% v primerjavi s trenutnimi metodami upravljanja.
- KPI3: Izboljšana kakovost napetosti na pilotni lokaciji z uporabo razvite metodologije
- KPI4: Povečana priključna zmogljivost omrežja za 5%.

## Potencial za učenje in prenos znanja

*Opis pričakovanega novega znanja za elektrooperaterje in druge partnerje ter opis načina razširjanja tega znanja.*

*Dovoljenih je največ 2000 znakov vključno s presledki.*

*Podatka ni dovoljeno posodablјati med izvajanjem projekta.*

Od projekta se pričakuje analiza možnosti izrabe teoretičnih konceptov globokega spodbujevanega učenja na realnih primerih uporabe in realnih izzivih v elektrodistribucijskih omrežjih. Raziskovani in demonstrirani koncepti in povezano znanje lahko bistveno pripomorejo k izboljšanju obratovanja nizkonapetostnega omrežja v elektrodistribucijskih omrežjih, izboljšanju napetostnih razmer in zmanjšano število preobremenjenih transformatorjev.

Rezultati projekta bodo uporabni za vse deležnike v elektroenergetskem sistemu, še zlasti pa za preostala elektrodistribucijska podjetja. Rezultati projekta bodo na voljo vsem zainteresiranim deležnikom, prav tako se bo diseminacija rezultatov izvajala na številnih nacionalnih in mednarodnih konferencah in dogodkih, kot so npr. CIGRE-CIRED, PIES in drugi.

## Obseg projekta

*Opredelitev obsega projekta – vključno z investicijami v primerjavi s potencialnimi koristmi. Treba je opredeliti razloge, zakaj bi bilo manj potenciala za učenje in prenos znanja, če bi bil projekt izveden v manjšem obsegu.*

*Dovoljenih je največ 2000 znakov vključno s presledki.*

*Podatka ni dovoljeno posodablјati med izvajanjem projekta.*

V osnovi se večina projekta izvaja v laboratorijskem okolju na podlagi že zbranih podatkov, s katerimi je moč priti do rešitev in izračunov. Potrebni pa so konkretni podatki v realnem času, ki jih pridobimo iz terena in uporabimo za izboljšave algoritmov in simulacij. V ta namen se bo v začetnih fazah projekta izbralo primerno geografsko področje, ki pokriva dovoljšno število zainteresiranih uporabnikov. V nadaljevanju je predvidena demonstracija na območje ene transformatorske postaje (TP Srakovlje), kar predstavlja najmanjši možni obseg, ki še omogoča pridobivanje končnih informacij, s katerimi lahko opredelimo ali dejanski cilji in rešitve projekta privedejo do zelenih sprememb ali ne. Po razvoju metodologije bo narejena tudi analiza razširljivosti metodologije na preostala distribucijska omrežja.

Manjšanje obsega projekta bi bilo tu nesmiselno, saj brez ažurnih podatkov, s katerimi lahko spremljamo dogajanje v omrežju ne moremo ugotoviti kako uvedba prožnosti na vpliva na spremembe v omrežju. Brez tega pa ne moremo določiti uspešnosti samega projekta.

## Opredelitev TRL ob pričetku<sup>5</sup>

*Okvirna vsebinska opredelitev in utemeljitev stopnje zrelosti tehnologije (TRL) ob pričetku projekta v skladu s tabelo v prilogi.*

*Dovoljenih je največ 1000 znakov vključno s presledki.*

Tehnologije, katere se bodo uporabile v projektu DRIFT so trenutno uporabljene na drugih področjih, le redko kje pa so produkcijsko implementirane. Večinoma so rešitve v razvojni fazi. V energetiki takšen koncept še ni bil implementiran,

<sup>5</sup> skladno z II. poglavjem priloge 3 iz [1]

so pa primeri teoretičnih analiz, kjer s podobnimi tehnologijami upravljanja določenih elementov na višjih nivojih energetskega omrežja optimiziramo obratovanje. Ker smatramo, da tehnologije še niso bile uporabljene na predlagan način, ocenjujemo obstoječo tehnologijo na potrditev koncepta, kar umešča trenutni nivo na stopno TRL 3.

### **Opredelitev TRL ob zaključku<sup>5</sup>**

*Okvirna vsebinska opredelitev in utemeljitev stopnje zrelosti tehnologije (TRL) ob zaključku projekta v skladu s tabelo v prilogi.*

*Dovoljenih je največ 1000 znakov vključno s presledki.*

Ob zaključku projekta se bodo tehnologije, ki bodo razvite uporabljene na realnem primeru nizkonapetostnega omrežja. Istočasno bodo raziskane možnosti razširitve tehnologije na celotno omrežje distribucijskega omrežja. S tem bo TRL nivo na koncu projekta prišel do stopnje TRL 5. Saj bo tehnologija demonstrirana v delovnem (semi)realnem okolju.

### **Geografsko področje**

*Podrobnosti o lokaciji izvedbe projekta. Če gre za partnerski projekt, je treba opredeliti izvedbena področja elektrooperaterja.*

*Dovoljenih je največ 2000 znakov vključno s presledki.*

*Podatka ni dovoljeno posodabljeni med izvajanjem projekta.*

Simulacijskih del projekta bo izveden na Fakultetah za elektrotehniko in Fakulteti za računalništvo in informatiko v Ljubljani, s pomočjo obstoječih simulatorjev. Demonstracijski del tega projekta bo izveden v sklopu transformatorske postaje TP Srakovlje, ki se nahaja v bližini Kranja. Ta TP obsega 26 aktivnih odjemalcev in pokriva odjemalce, ki predstavljajo zadosten delež tistih s toplotnimi črpalkami ali električnimi avtomobili.

Na TP Srakovlje je sicer prisotnih 27 merilnih mest, od katerih je 1 merilno mesto neaktivno.

### **Ocenjena vrednost projekta**

*Ocena vseh stroškov, ki bodo nastali z izvedbo projekta in so predmet upravičenja RI.*

*Dovoljenih je največ 500 znakov vključno s presledki.*

*Podatka ni dovoljeno posodabljeni med izvajanjem projekta.*

Celotna vrednost projekta znaša 400.000€. Od tega Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) financira 300.000€, 100.000€ pa krijejo sofinancerji projekta, kjer so poleg podjetja Elektro Gorenjska sofinancerji še podjetja ELES in SODO. Elektro Gorenjska sofinancira 40.000€, ostala partnerja vsak po 30.000€ tekom celotnega trajanja projekta.

### **Reference:**

- [1] Akt o metodologiji za določitev regulativnega okvira in metodologiji za obračunavanje omrežnine za elektrooperaterje, Uradni list RS, 46/18, 47/18 - popr., 86/18, 76/19, 78/19 - popr.

## PRILOGA:

Tabela: Stopnje zrelosti tehnologije skladno z RI

TRL	Status tehnologije	Opis
1*	Opazovanje osnovnih principov	Pričetek znanstvenega raziskovanja kot osnova za prehod na aplikativne raziskave.
2*	Formuliran tehnološki koncept oziroma aplikacija	Praktične aplikacije temeljnih principov se lahko identificirajo. Konkretna aplikacija še ni jasna, saj ni eksperimentalne potrditve ali podrobne analize, ki bi to podprla.
3	Analitična in eksperimentalna potrditev koncepta za kritične funkcije in/ali karakteristike	Raziskovanje z izvajanjem analitičnih študij, ki postavljajo tehnologijo v primeren kontekst in izvajanjem laboratorijskega dela za fizično potrditev, da so analitične napovedi pravilne. Navedeno predstavlja potrditev koncepta (angl. Proof of concept).
4	Validacija tehnologije oz. njenega dela v laboratorijskem okolju	Po zaključku dela na potrditvi koncepta na stopnji TRL 3 se osnovni elementi tehnologije integrirajo zato, da se ugotovi, ali posamezni deli delujejo skupaj z namenom doseganja ustreznih rezultatov/dosežkov, ki omogočajo predviden koncept. Validacija tehnologije se izvaja v precej manjšem obsegu/velikosti v primerjavi s predvidenim in se sestoji iz priložnostno dosegljivih ločenih komponent v laboratoriju.
5	Validacija tehnologije oz. njenega dela v delovnem okolju	Na tej stopnji se mora zanesljivost in obseg/velikost testiranih komponent bistveno povečati. Osnovni tehnološki elementi se morajo integrirati z dokaj realističnimi podpornimi elementi, zato da se lahko skupaj testirajo v »simuliranem« ali dokaj realnem okolju (kar je praviloma delovno okolje za energetske tehnologije).
6	Demonstracija tehnološkega modela ali prototipa v delovnem okolju	Večji preskok v zanesljivosti in obsegu/velikosti demonstracije tehnologije sledi ob zaključku TRL 5. Na nivoju TRL 6 se testira prototip v delovnem okolju, ki je sestavljen iz komponent, ki gredo bistveno preko priložnostno dosegljivih ločenih komponent.
7	Demonstracija tehnologije v polnem obsegu/velikosti v delovnem oziroma operativnem okolju	TRL 7 predstavlja bistven preskok preko TRL 6, saj zahteva demonstracijo dejanskega prototipa sistema v delovnem oziroma operativnem okolju. Prototip mora biti blizu ali v obsegu/velikosti predvidenega ciljnega sistema in demonstracija se mora izvajati v delovnem oziroma operativnem okolju.
8	Tehnologija je zaključena in pripravljena za uvajanje skozi testiranje in demonstracijo	V večini primerov predstavlja TRL 8 končno stopnjo eksperimentalnega razvoja sistema za tehnološke elemente. To lahko vključuje integracijo nove tehnologije v obstoječi sistem. Predstavlja stopnjo, na kateri se primer tehnologije testira.
9*	Tehnologija je uvedena	V večini primerov predstavlja TRL 9 zaključek zadnjih vidikov »razhroščevanja« in predstavlja točko, na kateri se tehnologija dokaže, vendar morebiti še ni komercialno vzdržna na prostem ali podprtem trgu. To lahko vključuje integracijo nove tehnologije v obstoječi sistem. Ta TRL ne vključuje načrtovanih izboljšav izdelkov v stalnih ali ponovno uporabljivih sistemih.

Legenda: \* - stroški niso upravičeni v okviru RI