

HRZZ projects:

FENISG

WINDLIPS



Prof. Igor Kuzle, PhD
University of Zagreb
Faculty of electrical engineering and computing
Zagreb, Croatia



**Visit of the Korean Delegation to the Croatian Science Foundation and the
Ministry of Science and Education of the Republic of Croatia, 7 September 2018**

Linije financiranja

- Istraživački projekt (100% financiranje HRZZ)
 - FENISG
- Partnerstvo u istraživanjima (u financiranju 50% sudjeluju partneri iz industrije)
 - WINDLIPS
- Oba projekta iz područja energetike
 - Smanjiti emisije stakleničkih plinova
 - Povećati udio obnovljivih izvora
 - Učinkovitije koristiti postojeće energetske resurse
 - Tehnologije postoje ili su u razvoju
 - Obnovljivi izvori energije, baterijski spremnici, električna vozila, gorivni članci...
 - Promjene moraju početi danas! Ali ne stihijski, već planirano kako bi se osigurala fleksibilnost elektroenergetskog sustava.

Fleksibilna energetska čvorišta u nisko ugljičnim naprednim elektroenergetskim mrežama

Flexible Energy Nodes In low carbon Smart Grid

FENISG <http://fenisg.org/>

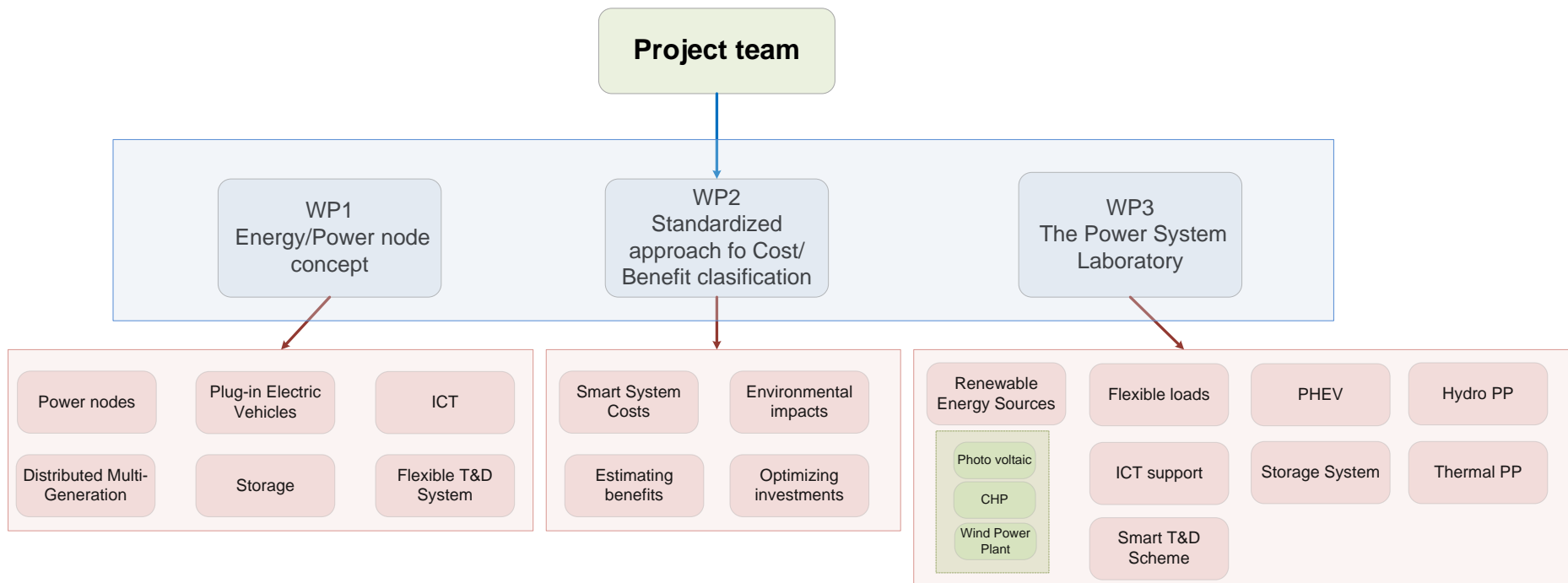
01.10.2014.-30.09.2018.

Idejni koncepti

- Mikromreže: “sustavi u malom”
 - Proizvodnja se nalazi kod potrošača, lokalni OIE, mogućnost rada odvojeno od sustava, fleksibilni potrošači.
- Virtualne elektrane
 - Skup međusobno udaljenih proizvodnih jedinica koje sustav “vidi” kao jedan energetski subjekt. Koordiniranom proizvodnjom maksimalno se koristi energija obnovljivih izvora.
- Spremnici energije
 - Ekonomski aspekti, smještaj, veličina i uloga takvih jedinica u budućem EES-a
 - Električni automobili
- Fleksibilni prijenosni sustav
 - Uparivanjem jedinica postiže se fleksibilnost i veća učinkovitost.
 - Koliko to košta?

FENISG - Radni paketi

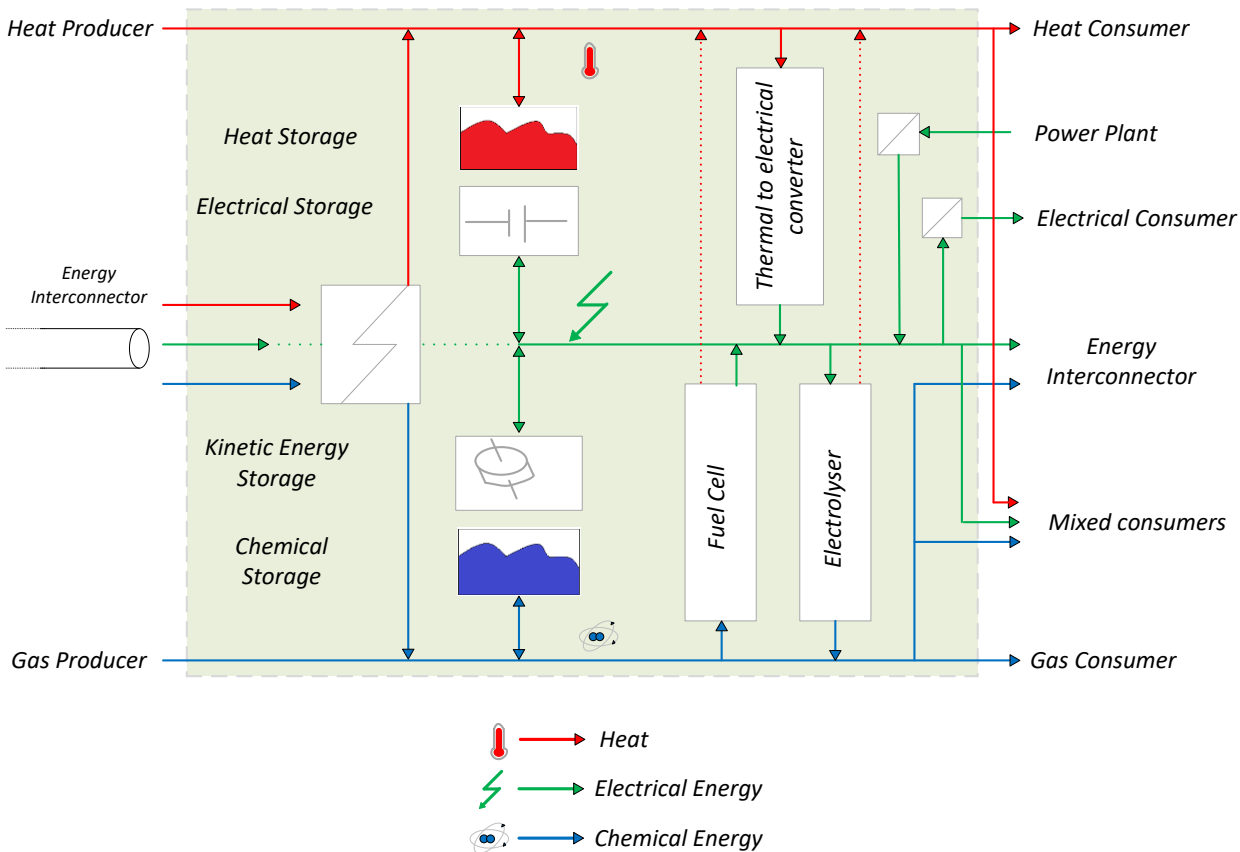
- 3 radna paketa



1 poslijedoktorand

1. Koncept fleksibilnih čvorišta

Energy (power) node concept



Uključuje:

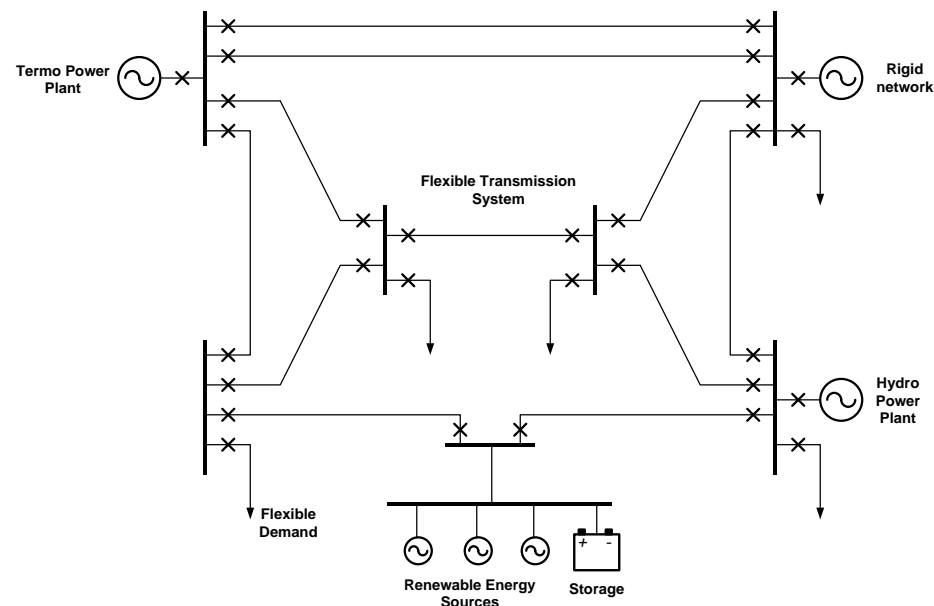
- Distribuirana multigeneracija
- Plug-in električni automobili
- Spremnici energije
- Fleksibilni prijenos i distribucija
- ...

2. Evaluacija troškova i koristi

- Metodologija za stvaranje okvira za procjenu troškova projekata naprednih mreža
- Procjena vrijednosti pouzdanosti mreža
- Troškovi na strani potrošnje, prijenosa i proizvodnje
- Upravljanje imovinom i investicijama u sve segmente
- **Ugrađivanje ekonomskih modela u testnu platformu**

3. Laboratorijska testna mreža

- Integracija u postojeću (*tradicionalnu*) mrežu svih bitnih komponentata:
 - Vjetroagregat
 - Baterijski spremnici
 - FN paneli
 - Fleksibilni potrošači
- **Velika sličnost testne mreže s predloženim konceptom fleksibilnih čvorova**



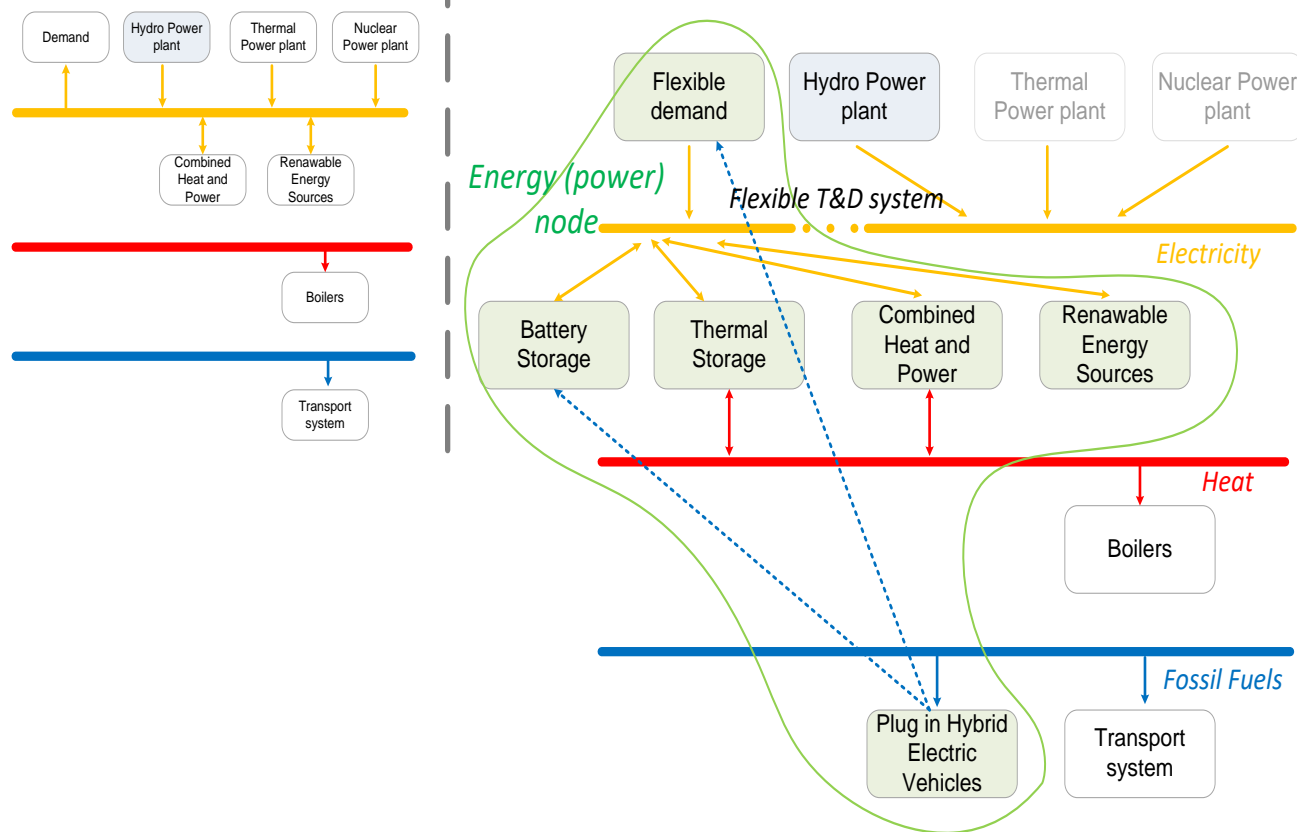
https://www.fer.unizg.hr/zvne/research/research_labs/sglab

Rezultati projekta

**Tranzicija prema
ujedinjenim tokovima
snaga kroz mrežu
fleksibilnih čvorišta!**

Present state

Future low carbon Smart Grid with interconnected Energy Nodes



Rezultati projekta

1. Pavić, Ivan; Capuder, Tomislav; Kuzle, Igor. [Value of Flexible Electric Vehicles in Providing Spinning Reserve Services](#), *Applied energy*, vol. 157, November 2015, pp. 60-74, JCR impact factor 5,746 (**Q1**), DOI: [10.1016/j.apenergy.2015.07.070](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.07.070)
2. Holjevac, Ninoslav; Capuder, Tomislav; Kuzle, Igor. [Adaptive Control for Evaluation of Flexibility Benefits in Microgrid Systems](#), *Energy*, vol. 92, Part 3, December 2015, pp. 487-504, JCR impact factor 4,844 (**Q1**), DOI: [10.1016/j.energy.2015.04.031](https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.04.031)
3. Zidar, Matija; Georgilakis, Pavlos S.; Hatziargyriou, Nikos D.; Capuder, Tomislav; Škrlec, Davor. [Review of energy storage allocation in power distribution networks: applications, methods and future research](#), *IET Generation, Transmission & Distribution*, vol. 10, no. 3, February 2016, pp. 645-652, JCR impact factor 2.213 (**Q2**), DOI: [10.1049/iet-gtd.2015.0447](https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2015.0447)
4. Ivanković, Igor; Kuzle, Igor; Holjevac, Ninoslav. [Multifunctional WAMPAC System Concept for Out-of-step Protection Based on Synchrophasor Measurements](#), *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 87, May 2017, pp. 77-88, JCR impact factor 3.610 (**Q1**), DOI: [10.1016/j.ijepes.2016.11.005](https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2016.11.005)
5. Ivanković, Igor; Kuzle, Igor; Holjevac, Ninoslav. [Wide Area Information-Based Transmission System Centralized Out-of-Step Protection Scheme](#), *Energies*, Vol. 10, No. 5, May 2017, article number: 633, JCR impact factor 2.676 (**Q2**), DOI: [10.3390/en10050633](https://doi.org/10.3390/en10050633)
6. Holjevac, Ninoslav; Capuder, Tomislav; Zhang, Ning; Kuzle, Igor; Kang, Chongqing. [Corrective receding horizon scheduling of flexible distributed multi-energy microgrids](#), *Applied Energy*, vol. 207, December 2017, pp. 176-194, JCR impact factor 7.900 (**Q1**), DOI: [10.1016/j.apenergy.2017.06.045](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.06.045)
7. Ivanković, Igor; Kuzle, Igor; Holjevac, Ninoslav. [Algorithm for Fast and Efficient Detection and Reaction to Angle Instability Conditions Using Phasor Measurement Unit Data](#), *Energies*, Vol. 11, No. 3, March 2018, article number: 681, JCR impact factor 2.676 (**Q2**), DOI: [10.3390/en11030681](https://doi.org/10.3390/en11030681)
8. Pandzic, Kristina; Pandzic, Hrvoje; Kuzle, Igor. [Coordination of Regulated and Merchant Storage Investments](#), *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 9, no. 3, July 2018, pp. 1244-1254, JCR impact factor 6.235 (**Q1**), DOI: [10.1109/TSTE.2017.2779404](https://doi.org/10.1109/TSTE.2017.2779404)

Integracija vjetroelektrana u elektroenergetski sustav sa smanjenom konstantom tromosti

WIND energy integration in **Low Inertia Power System**

WINDLIPS <http://windlips.com/>

01.01.2018.-31.12.2020.

Izvori financiranja

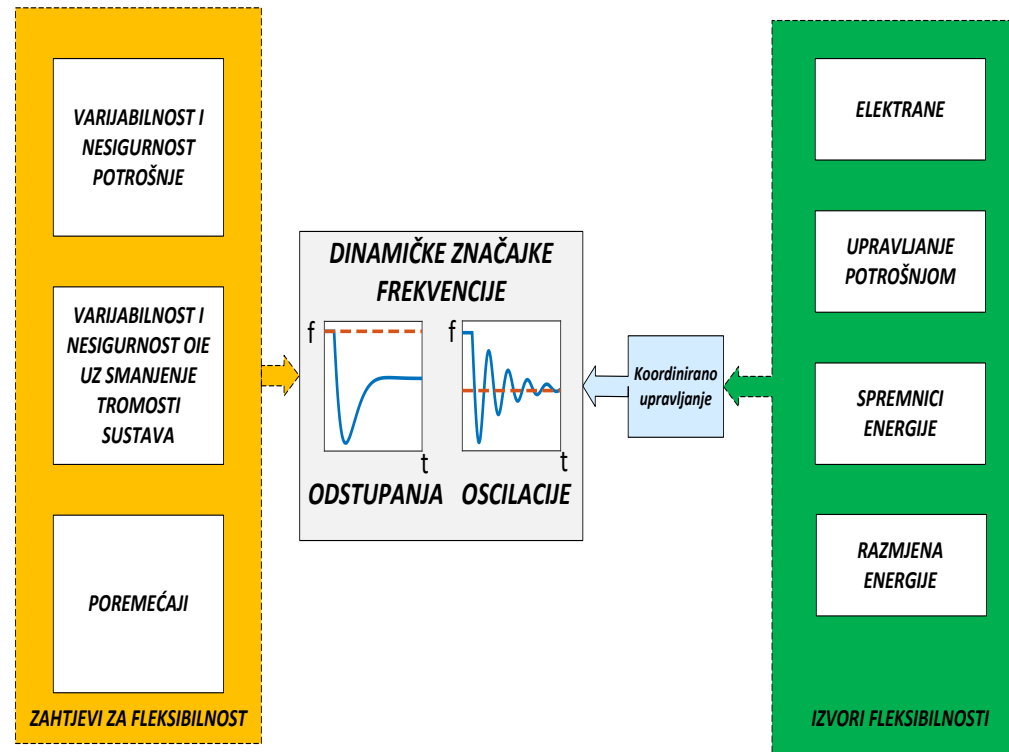
- Hrvatska zaklada za znanost
 - Potpora projektu (50%)
- Hrvatski operator prijenosnog sustava d.o.o.
 - Potpora i partner projektu (37,5%)
- HEP-Proizvodnja d.o.o.
 - Potpora i partner projektu (12,5%)



Problem

Povećanom integracijom
vjetroelektrana u EES:

- Smanjuje se konstanta tromosti EES-a,
- Smanjuje se stabilnost sustava na neravnotežu djelatne snage – veća odstupanja frekvencije
- Povećava se udio teško predvidljive proizvodnje koja ne sudjeluje u pomoćnim uslugama – potreba za fleksibilnošću sustava

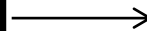


**Identificiranje
statičkih i dinamičkih
parametara
hrvatskog EES-a**



**Razvoj matematičkog
modela za
istraživanje
frekvencijske
stabilnosti EES-a**

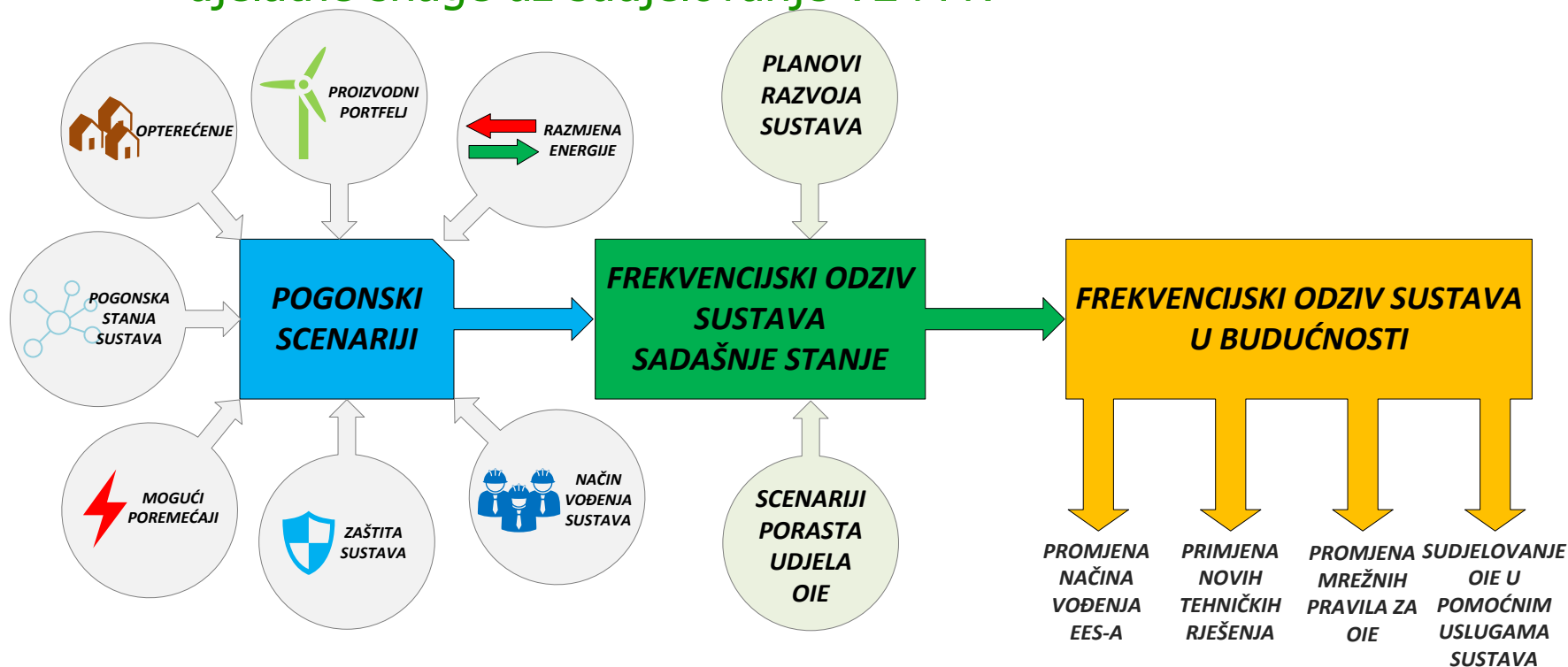
**Razvoj nove
strategije upravljanja
i zakonodavnog
okvira za sustav s
visokim udjelom OIE**



**Ekonomski
kvantificirati
pružanje pomoćnih
usluga OIE**

Metodologija

- Izrada matematičkog modela:
 - Inercijski odziv agregata i primarna regulacija frekvencije i djelatne snage uz sudjelovanje VE i FN



Radni plan

- Ukupno 6 radnih grupa (paketa)
 - Zaposleno dvoje novih doktoranada

Sazivanje sastanaka
Prikupljanje izvještaja od radnih skupina
Odluke o značajnijim izmjenama na projektu

Prof. dr. sc. Igor Kuzle, FER
dr. sc. Igor Ivanković, HOPS
mr. sc. Nenad Švarc, HEP

Znanstveni koordinatori:
Prof. dr. sc. Davor Grgić, FER
dr. sc. Renata Rubeša, HOPS
mr. sc. Nenad Švarc, HEP

Odgovorni za evaluaciju
znanstvenih rezultata, izvještaje i
publiciranje rezultata.

**Upravljački
odbor**

**Projektni
menadžment**

WP1

Definicija koncepta
radnog okvira

Igor Ivanković, MSC

WP2

Potencijal
fleksibilnosti OIE

Prof. Igor Kuzle

WP3

Optimizacijsko i
simulacijsko
modeliranje pogona
EES-a male tromosti

Perica Ilak, PhD

WP4

Validacija modela na
stvarnim sustavima

Renata Rubeša, Phd

WP5

Prošireni model EES-
a budućnosti s
malom tromošću i
visokim udjelom OIE

Prof. Davor Grgić

WP6

Regulatorni i tržišni
aspekti konstante
tromosti u EES-ima
budućnosti s visokim
udjelom OIE

Nenad Švarc, MSC

Rezultati projekta

1. Krpan, Matej; Kuzle, Igor. **Introducing low-order system frequency response modelling of a future power system with high penetration of wind power plants with frequency support capabilities**, *IET Renewable Power Generation*, vol. xxx, no. xxx, xxx 2018, pp. xxx-xxx, JCR impact factor 3.488 (**Q1**), DOI: [10.1049/iet-rpg.2018.0015](https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2018.0015) - early access
2. Ivanković, Igor; Kuzle, Igor; Holjevac, Ninoslav. **Algorithm for Fast and Efficient Detection and Reaction to Angle Instability Conditions Using Phasor Measurement Unit Data**, *Energies*, Vol. 11, No. 3, March 2018, article number: 681, JCR impact factor 2.676 (**Q2**), DOI: [10.3390/en11030681](https://doi.org/10.3390/en11030681)

Smart Grid Laboratory



Smart Grid Laboratory

