

PRELOMNA TOČKA. REALNE REŠITVE.

PRIHODNOST PAMETNIH OMREŽIJ

dr. Uroš Kerin

Elektroinštitut Milan Vidmar

SLO-PV 2026

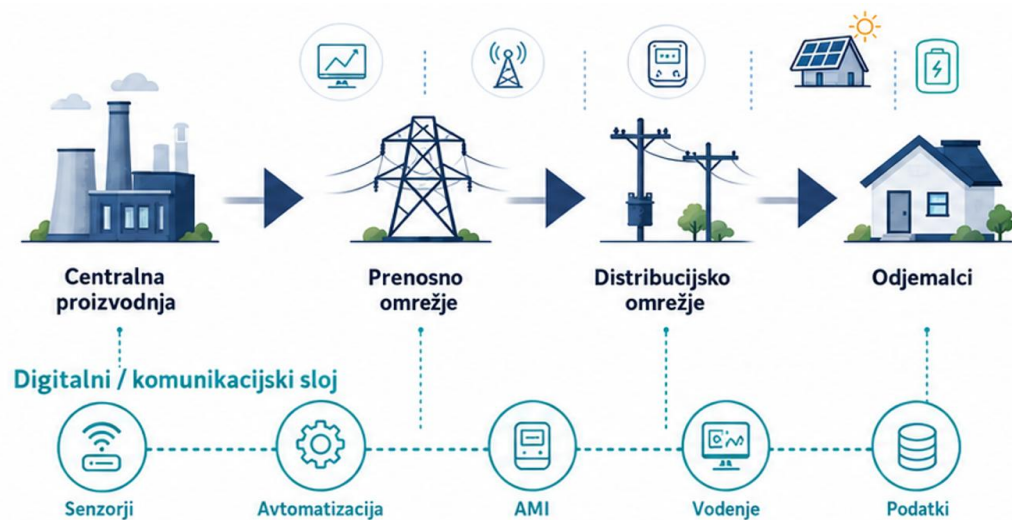


Koncept pametnega omrežja - 2010

Opazovanje – komunikacija – vodenje: pametno merjenje, nadzor omrežja in avtomatizacija, dodani klasičnemu elektroenergetskemu sistemu.

Elektroenergetski sistem

Pretoki moči ostajajo hrbtenica - »pametni« del je digitalni sloj, dodan okoli njega.



TEMELJI

komunikacije - interoperabilnost - kibernetska varnost - upravljanje podatkov - standardi - procesi elektroenergetskih podjetij

Digitalizacija obstoječega omrežja

Pametni števci

- Daljinsko odčitavanje,
- Signali ob izpadih,
- Intervalni podatki

SCADA / EMS / DMS

- Nadzorni centri
- Operativno prepoznavanje stanja

Aktivni odjemalci

- Tarife,
- Upravljanje bremena,
- Odziv uporabnikov

Interoperabilnost

- Standardi
- integracija naprav

Dvosmerna komunikacija

- PLC,
- Optika,
- Mobilna omrežja

Avtomatizacija distribucije

- Prilagodljivost omrežja,
- Avtomatizacija postaj
- Regulacija napetosti

Master Data Management Sistemi

- Podatki števecov,
- Sinhronizacija
- Zaledni sistemi

Kibernetska varnost

- Prepoznana kot kritična vrzel

PILOTI IN DEMONSTRACIJE

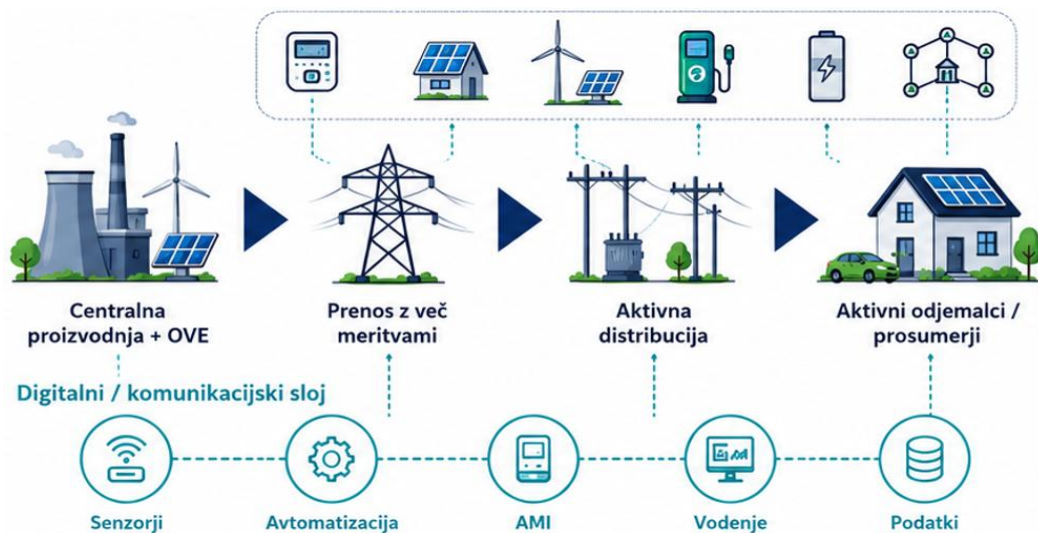
Sončne elektrarne na strehah - EV polnjenje - Električni hranilniki - Mikroomrežja - Vodik še ni v ospredju

Koncept pametnega omrežja - 2015

Pametno omrežje se iz merjenja in avtomatizacije razširi v aktivno vključevanje razpršenih virov, prvih e-polnilnic, mikroomrežij in prožnega odjema.

Elektroenergetski sistem

Pretoki moči ostajajo hrbtenica, vendar postajajo podatki, razpršeni viri in aktivni odjem vse pomembnejši del omrežja



TEMELJI

komunikacije - interoperabilnost - kibernetska varnost - upravljanje podatkov - standardi - integracija razpršenih virov

Od digitalizacije k vključevanju DER

Analitika podatkov

- Napredno merjenje
- Več podatkov
- Boljša razpoznavnost omrežja

SCADA / EMS / DMS

- Bolj povezan nadzor distribucijskega omrežja

Mikroomrežja

- Več lokalne avtonomije
- Več pilotnih rešitev

PMU in napredni nadzor

- Boljše dinamično opazovanje razmer
- Slika sistema v realnem času

Razpršena proizvodnja

- Rast razpršenih virov,
- Zlasti sončnih elektrarn na strehah

EV polnilnice

- Začetna širitev e-mobilnosti
- Začetna širitev polnilne infrastrukture

Prvi hranilniki električne energije

- Piloti BESS
- Lokalna podpora omrežju

Kibernetska varnost in standardi

- Naraščajoč pomen interoperabilnosti in zaščite

POUDARKI

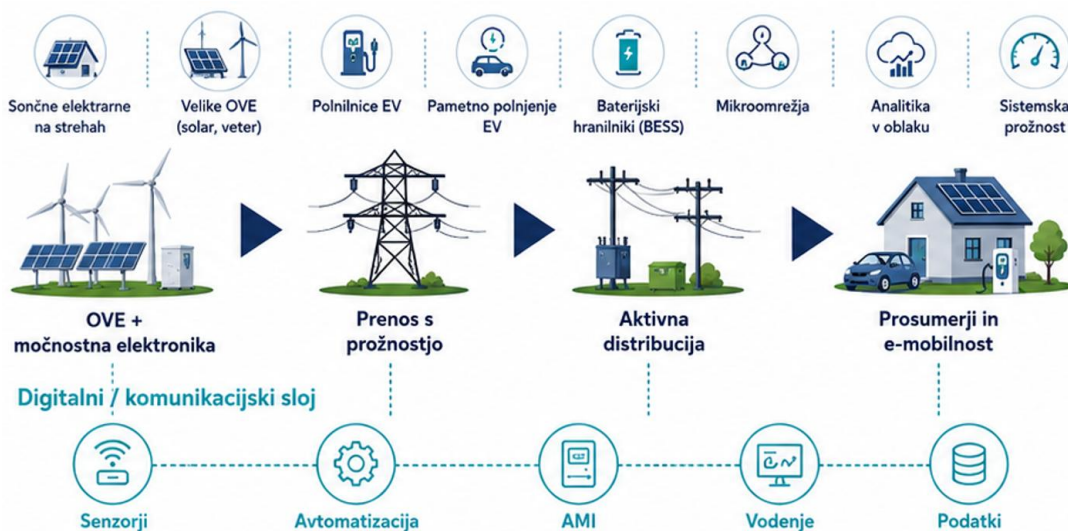
Prosumerji – observabilnost nizkonapetostnega omrežja - aktivni odjem - pilotni VPP

Koncept pametnega omrežja - 2020

Pametno omrežje postane platforma za množično vključevanje OVE, pametno polnjenje EV, baterijske hranilnike, aktivni odjem in prožnost.

Elektroenergetski sistem

Omrežje se razvija iz pasivne infrastrukture v aktivno platformo za razpršene vire, shranjevanje energije in fleksibilno obratovanje.



TEMELJI

podatkovna analitika - interoperabilnost - kibernetska varnost - trgi prožnosti - digitalne platforme - integracija OVE

Prožnost, razogljčenje in decentralizacija

DERMS / agregacija

- Upravljanje portfeljev razpršenih virov in prožnosti

Baterijski hranilniki (BESS)

- Podpora omrežju,
- Regulirana raba / proizvodnja električne energije
- Sistemske storitve

Pametno polnjenje EV

- Polnjenje kot prilagodljivo breme in omrežni vir

Sončne elektrarne na strehah

- Masovno vključevanje aktivnih odjemalcev in samooskrbe

Napredna analitika / IoT

- Več podatkov, algoritmov in digitalnih storitev

Mikroomrežja in odpornost

- Lokalna zanesljivost in obratovanje v izrednih razmerah

Aktivni odjemalec „2.0“

- Tržno podprta prožnost odjema

Širša uporaba močnostne elektronike

- Več močnostne elektronike in novih obratovalnih izzivov

POUDARKI

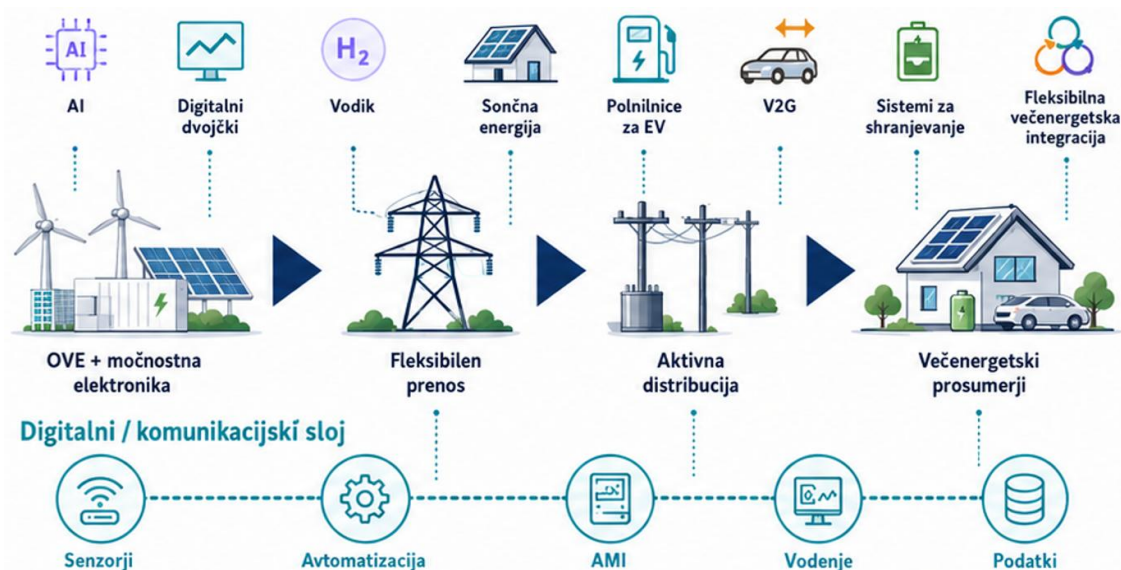
VPP - lokalna prožnost - odpornost - dinamično vodenje omrežja - prvi digitalni dvojčki

Koncept pametnega omrežja - 2025

Pametno omrežje postaja digitalna platforma za prožnost, sektorsko povezovanje in vključevanje razpršenih tehnologij.

Elektroenergetski sistem

Omrežje postaja koordinirana platforma za fleksibilnost, podatke in medsektorsko povezovanje.



TEMELJI

AI upravljanje - digitalni dvojčki - kibernetska varnost del zasnove - trgi prožnosti - interoperabilnost – povezovanje in koordinacija sektorjev

Integriran, fleksibilen in z AI podprt EES

AI podprto obratovanje

- Napovedovanje in optimizacija
- avtonomne funkcije

Digitalni dvojčki

- Načrtovanje
- Upravljanje s sredstvi
- Simulacije v realnem času

DERMS / VPP v merilu

- Portfelji DER kot agregirana prožnost

V2G / pametno polnjenje

- Električna vozila kot aktivno breme in / ali hranilnik

Grid-forming pretvorniki

- Nove storitve v omrežju z veliko OVE

Dinamično obratovanje omrežja

- DLR, optimizacija topologije in fleksibilnost

Energetske skupnosti

- Lokalni trgi, deljena proizvodnja in samooskrba

Medsektorsko povezovanje

- Električna, toplota, vodik, promet in industrija

Omrežje sedanjosti

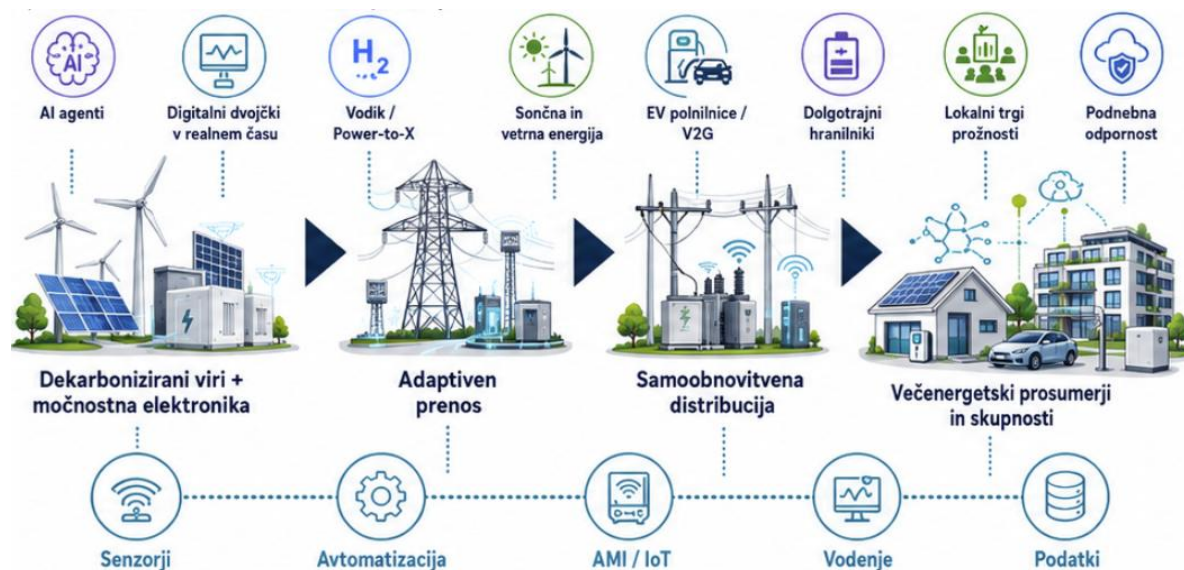
Decentralizirano vodenje - načrtovanje, usmerjeno v prožnost - kibernetska varnost del zasnove – povezovanje sektorjev

Koncept pametnega omrežja - 2030

Pametno omrežje v realnem času usklajuje OVE, prožnost, shranjevanje energije, e-mobilnost, vodik in trg energentov / energije.

Elektroenergetski sistem

Omrežje se razvije v koordiniran ekosistem z visoko avtomatizacijo, napredno močnostno elektroniko, hitrim odzivom in lokalno ter sistemsko prožnostjo.



TEMELJI

AI upravljanje - digitalni dvojčki - interoperabilnost - kibernetska varnost - odprte podatkovne platforme – podnebna in druga odpornost

Avtonomno, prožno in medsektorsko koordinirano omrežje

AI obratovanje

- Napovedovanje, optimizacija in avtonomne odločitve v realnem času

Digitalni dvojčki

- Stalne simulacije in izračuni v realnem času
- Aktivno upravljanje s sredstvi

DERMS / VPP / lokalni trgi

- Množica razpršenih virov orkestrirani kot tržna in sistemska prožnost

V2G / pametno polnjenje v merilu

- Električna vozila kot mobilni hranilniki in aktivni omrežni vir

„Samoobnovitvena“ omrežja

- avtonomna rekonfiguracija in hitra obnova po motnjah

Sezonski hranilniki energije

- BESS, toplotni hranilniki, vodik in drugi hibridni koncepti

Medsektorsko povezovanje

- Električna, toplota, vodik, promet in industrija povezani v skupni ekosistem

Energetske skupnosti in aktivni odjem

- Lokalna koordinacija, deljena samooskrba in fleksibilnost uporabnikov

Omrežje 2030

prožnost - kibernetska varnost - odprte podatkovne platforme - podnebna in druga odpornost - decentralizirano vodenje

Net-Zero Energy Factory: aRTE Möbel GmbH Demonstrator

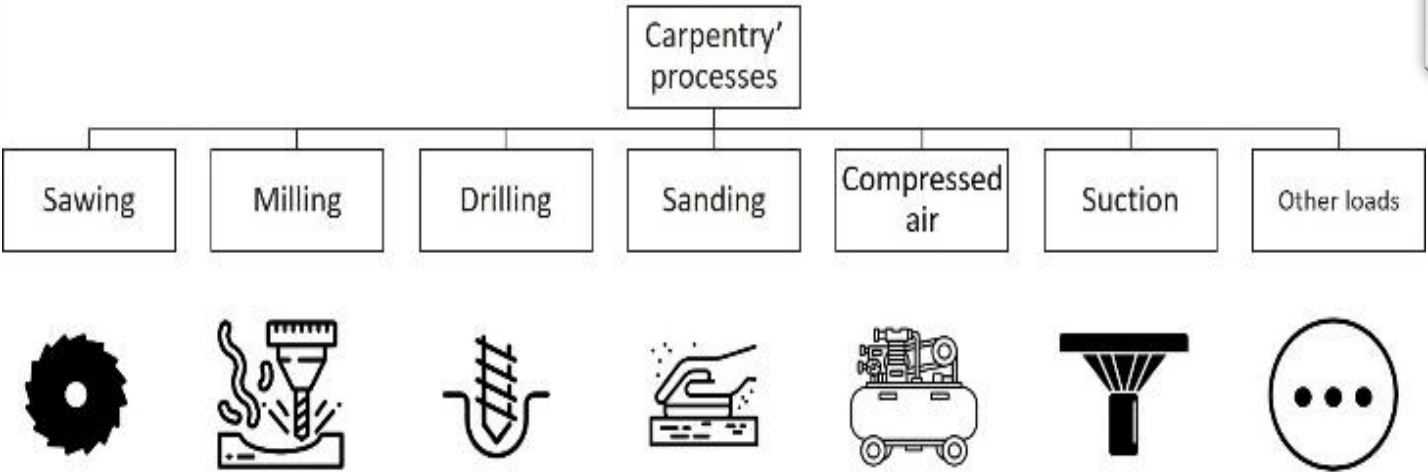
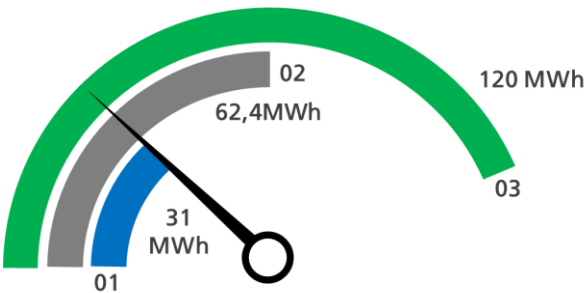
IEEE PES GM, Denver, Bartłomiej Arendarski, Pio Lombardi, Przemysław Komarnicki



01. System integration
(49,6 %) Self-consumption

02. Energy demand
(50,4 %) Power purchase from the grid

03. PV generation
(74,2 %) Feed-in

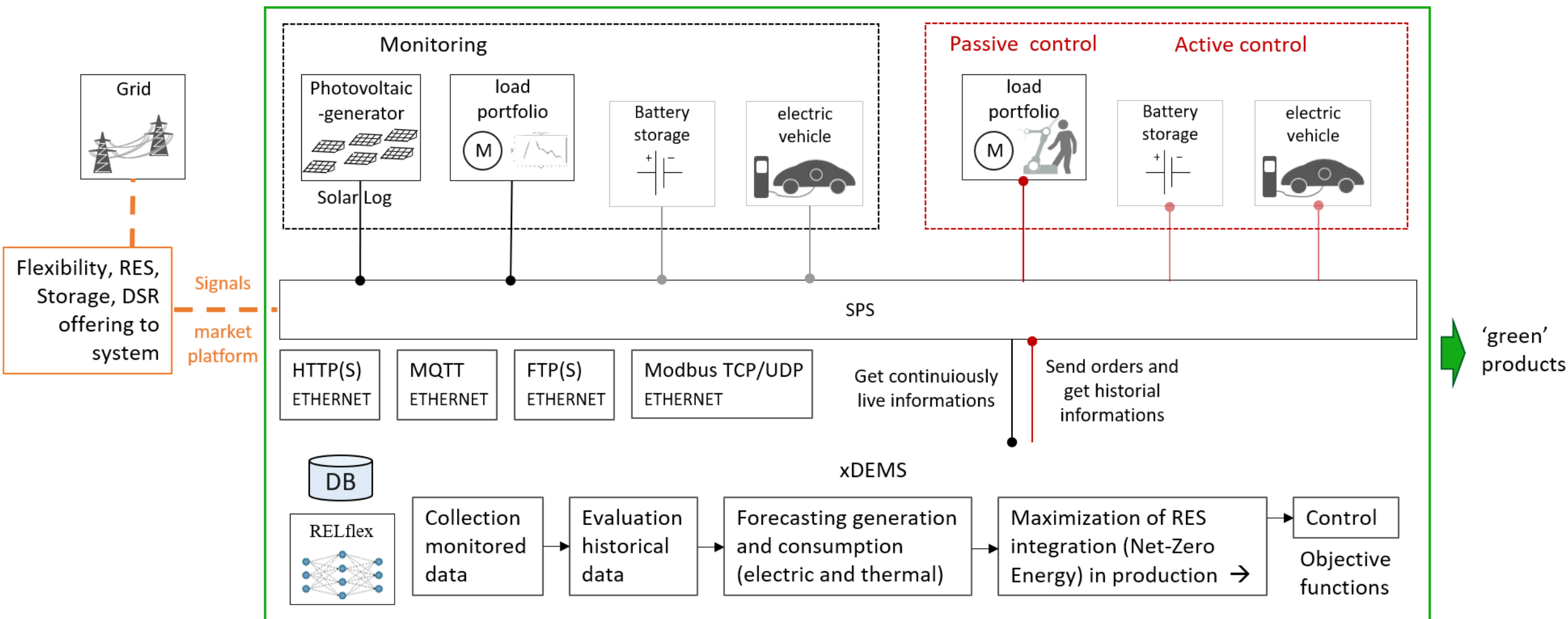


129 kWp installed PV power



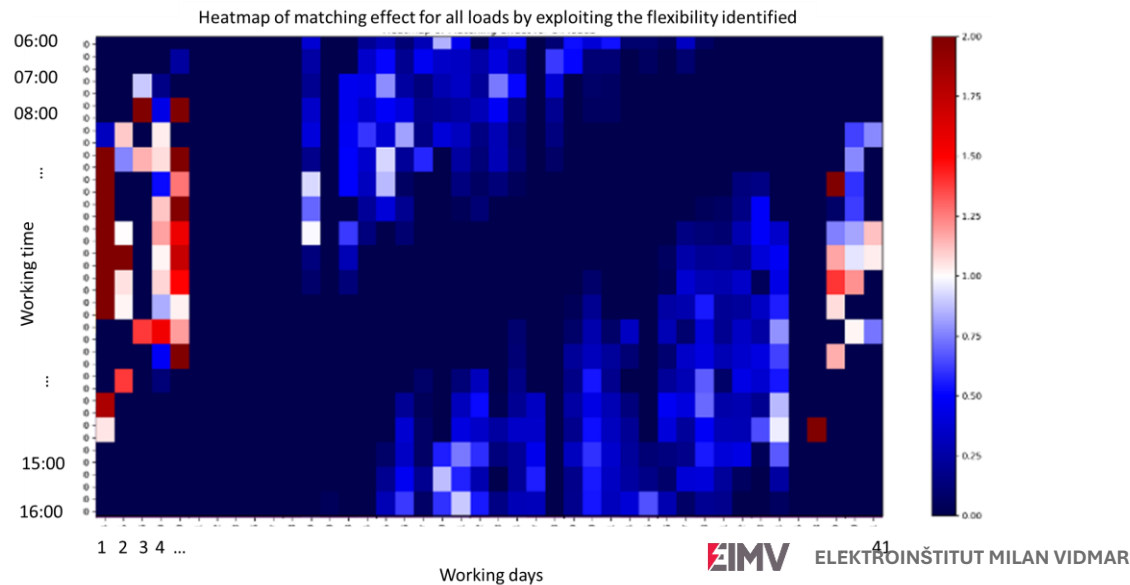
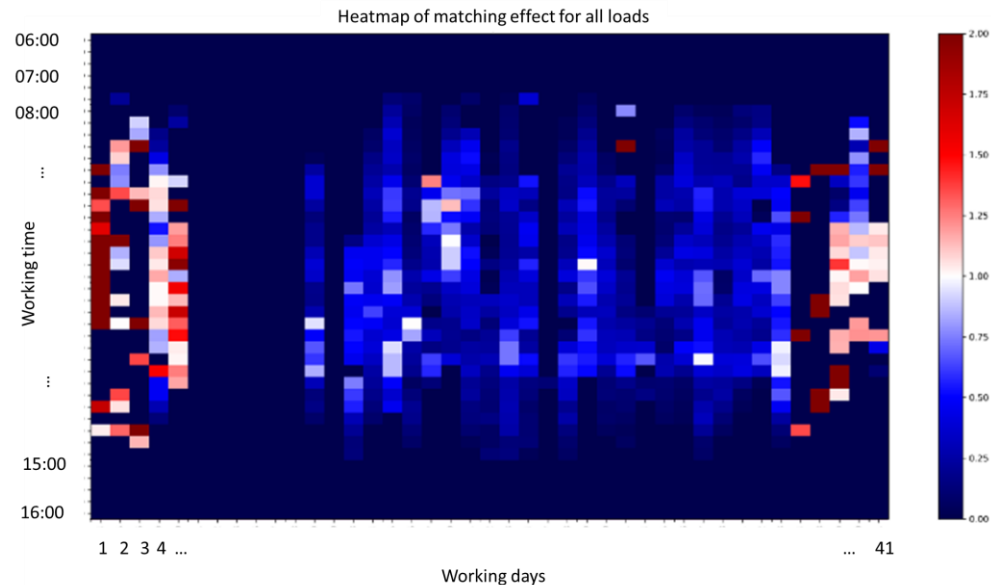
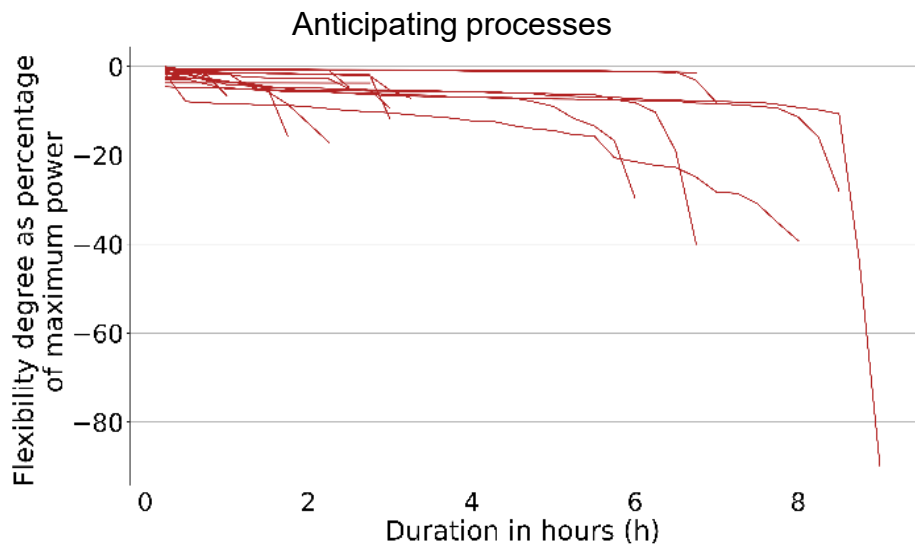
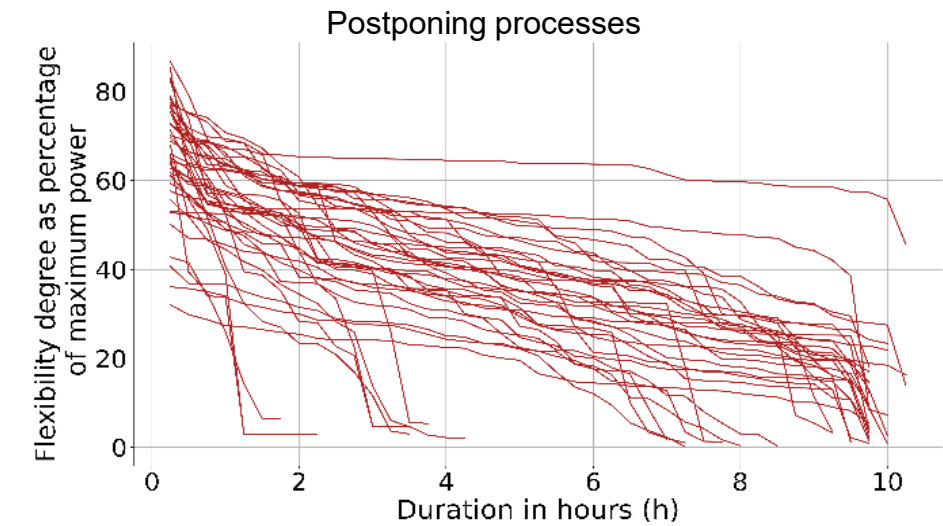
Net-Zero Energy Factory: IT Arhitektura

IEEE PES GM, Denver, Bartłomiej Arendarski, Pio Lombardi, Przemysław Komarnicki



Net-Zero Energy Factory: prožnost delovnih procesov

IEEE PES GM, Denver, Bartłomiej Arendarski, Pio Lombardi, Przemysław Komarnicki



SINCRO.GRID

MEDNARODNI PROJEKT PAMETNEGA PRENOSNEGA OMREŽJA



RTP Divača
1x VSR 150Mvar
1x MSCDN 100Mvar

RTP Beričevo
1x STATCOM +-150Mvar

RTP Cirkovce
1x VSR 150Mvar

RTP Okroglo
1x BHEE 5MW

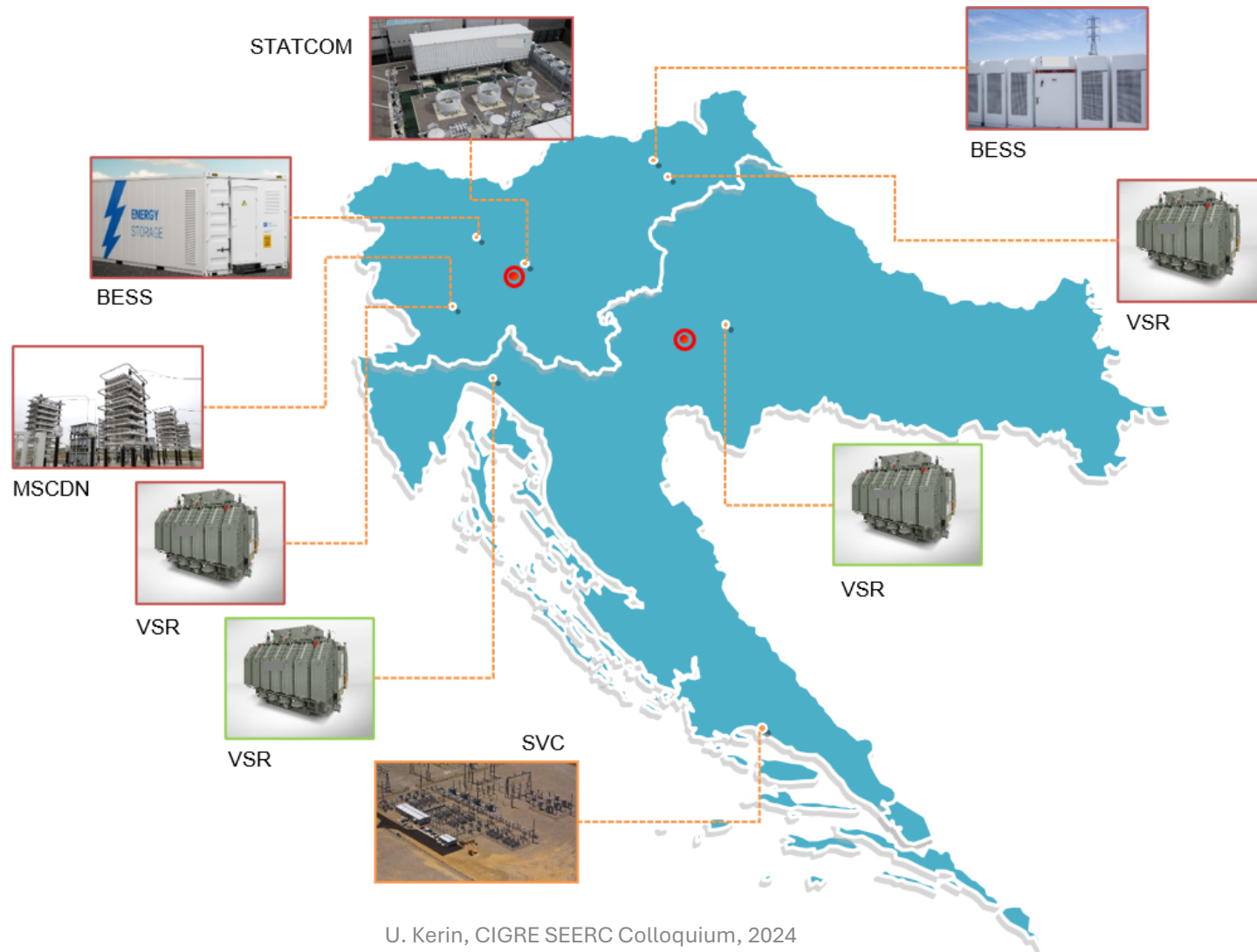
RTP Pekre
1x BHEE 5MW



RTP Melina
1x VSR 200Mvar

RTP Mraclin
1x VSR 100Mvar

RTP Konjsko
1x SVC +40 / -200Mvar



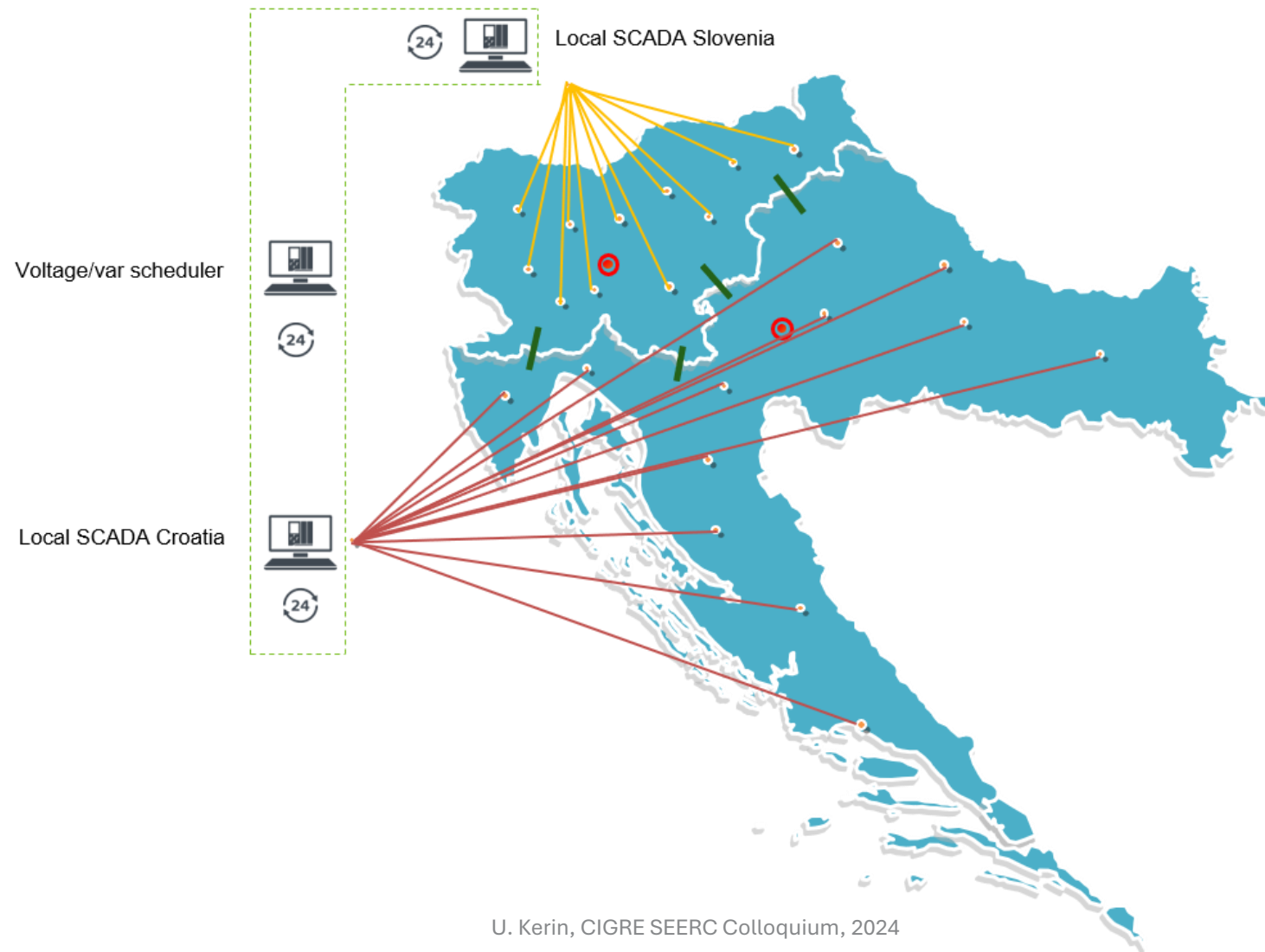
U. Kerin, CIGRE SEERC Colloquium, 2024

MEDNARODNI PROJEKT PAMETNEGA PRENOSNEGA OMREŽJA

Virtualni čezmejni center vodenja

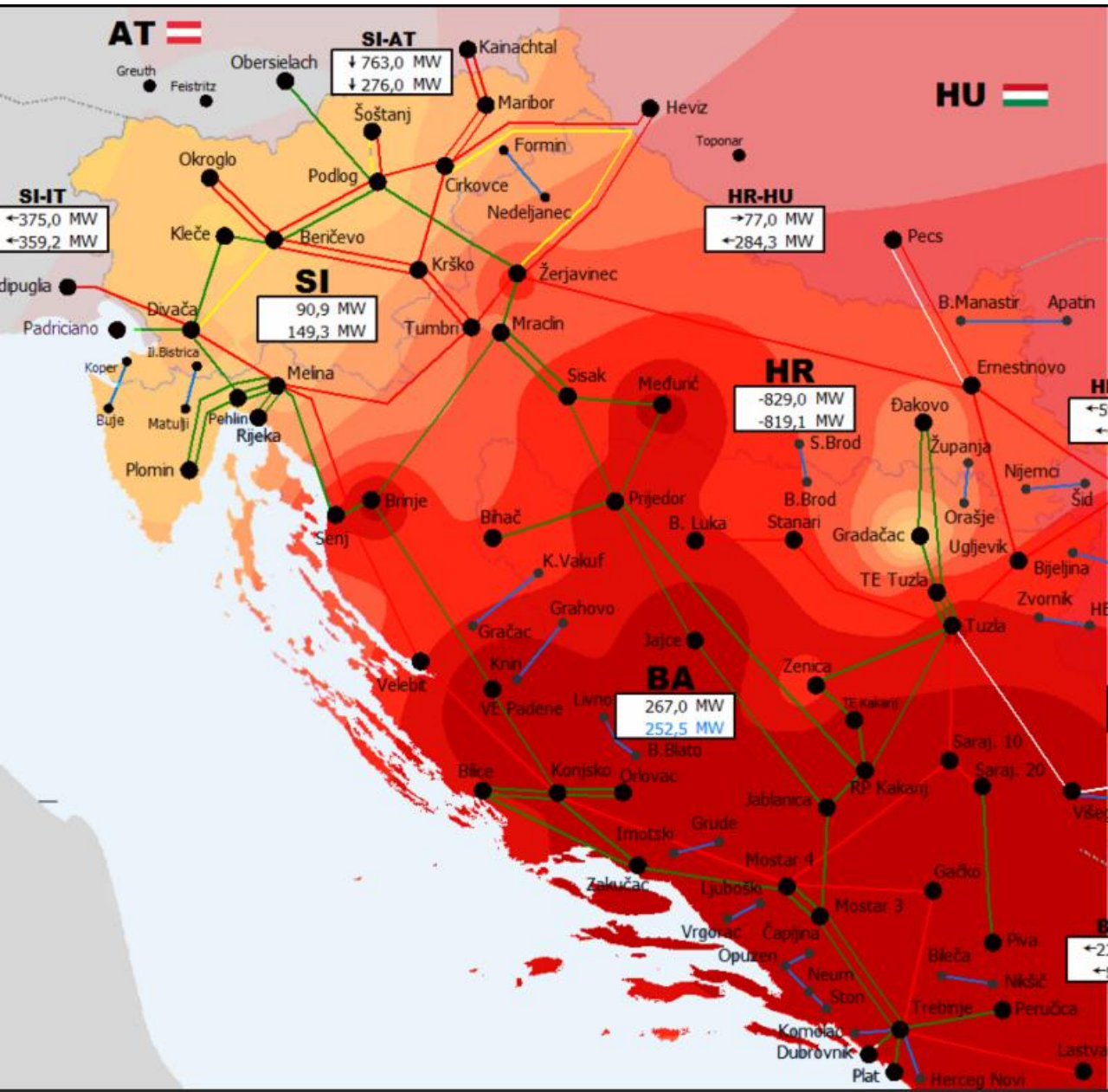
Multikriterijska optimizacija:

- Čezmejna optimizacija
 - Meritve napetosti referenčnih vozlišč
 - Meritev pretoka jalove moči
 - Minimalne izgube
 - Minimalno število preklopov
-
- Vozni red preračunan dnevno in dan vnaprej
 - Urni izračuni

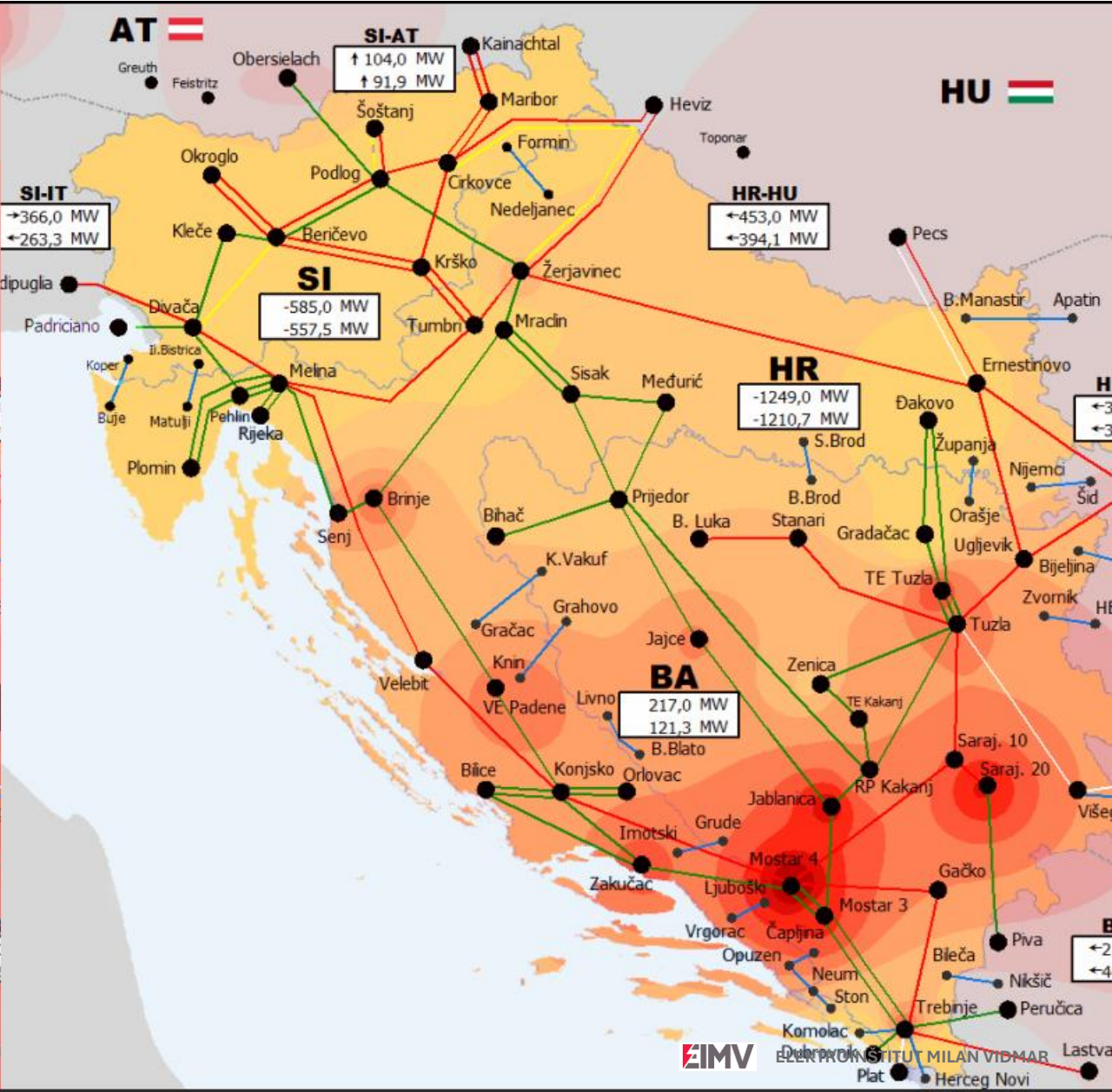
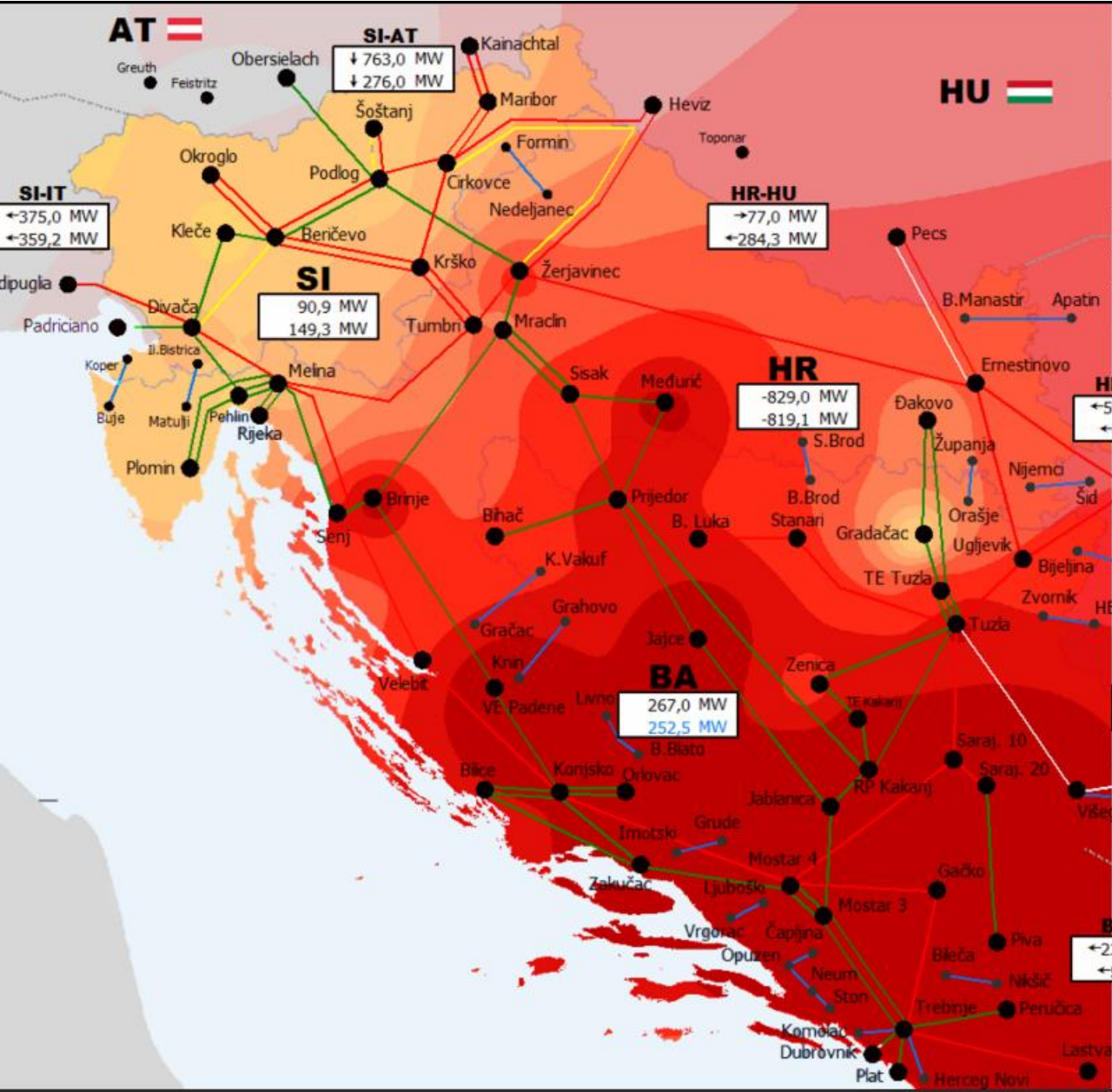


U. Kerin, CIGRE SEERC Colloquium, 2024

MEDNARODNI PROJEKT PAMETNEGA PRENOSNEGA OMREŽJA – REGULACIJA NAPETOSTI



MEDNARODNI PROJEKT PAMETNEGA PRENOSNEGA OMREŽJA – REGULACIJA NAPETOSTI





REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OBRAMBO

tj. taces

Pametna vojaška omrežja

Pametne energetske odporne premestljive baze



(SO)PROIZVODNJA IN
SHRANJEVANJE
ENERGIJE



DIGITALNI
DVOJČEK



PREDIKTIVNO
UPRAVLJANJE IN
VZDRŽEVANJE BAZE



VODIK IN VODIKOVE
TEHNOLOGIJE



BREZEMIJSKE STAVBE



NOTRANJE OKOLJE
STAVB IN UDOBJE
UPORABNIKOV



OBNOVLJIVI VIRI
ENERGIJE



INTEROPERABILNOST



SISTEMI
UPRAVLJANJA
Z ENERGIJO



SAMOOZDRAVLJIVA
MIKROOMREŽJA
(ODPORNOST)

NACIONALNI STRATEŠKI PROGRAM

Pametne energetske odporne premestljive baze



PamPIK

Modularno • Avtonomno • Premestljivo • Integrirano • Interoperabilno • Dual-use

Večenergetski sistemi
(OVE, vodik, hranilniki energije)

Pametno in avtonomno
upravljanje

Integrirana infrastruktura
(energija + voda + objekti)

Številne **posamezne** energetske odporne rešitve –
vendar še vedno **nepovezane** v celovit sistem.

PAMETNO
NAČRTOVANJE
IN DIGITALIZACIJA



SAMODIAGNOSTIKA



AVTONOMNOST
ENOT/MODULOV



SISTEMI ZA
UPRAVLJANJE Z
RAZPRŠENIMI
ENERGETSKIMI VIRI



MODULARNOST



KIBERNETSKA
VARNOST



RAVNANJE Z VODO
IN ODPADKI



ENERGETSKA
UČINKOVITOST



BREZPILOTNA VOZILA
(UXV)



OGREVANJE, HLAJENJE,
KLIMATIZACIJA
IN PREZRAČEVANJE
(HVACR)



MILAN VIDMAR ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



Power systems deliver energy. We deliver the decisions behind them.

dr. Uroš Kerin



Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani, Slovenija

2004 - 2010

Raziskovalec, Asistent, Inženir



Austrian Institute of Technology, Avstrija

2007

Gostujoči raziskovalec



Siemens PTI, Nemčija

2003, 2004, 2011 - 2017

Konzultant, Senior Key Expert



ELES, d. o. o., Slovenija

2017 - 2025

Vodja oddelka, Pomočnik direktorja področja, Svetovalec generalnega direktorja



Elektroinštitut Milan Vidmar

2025 - danes

Direktor

