

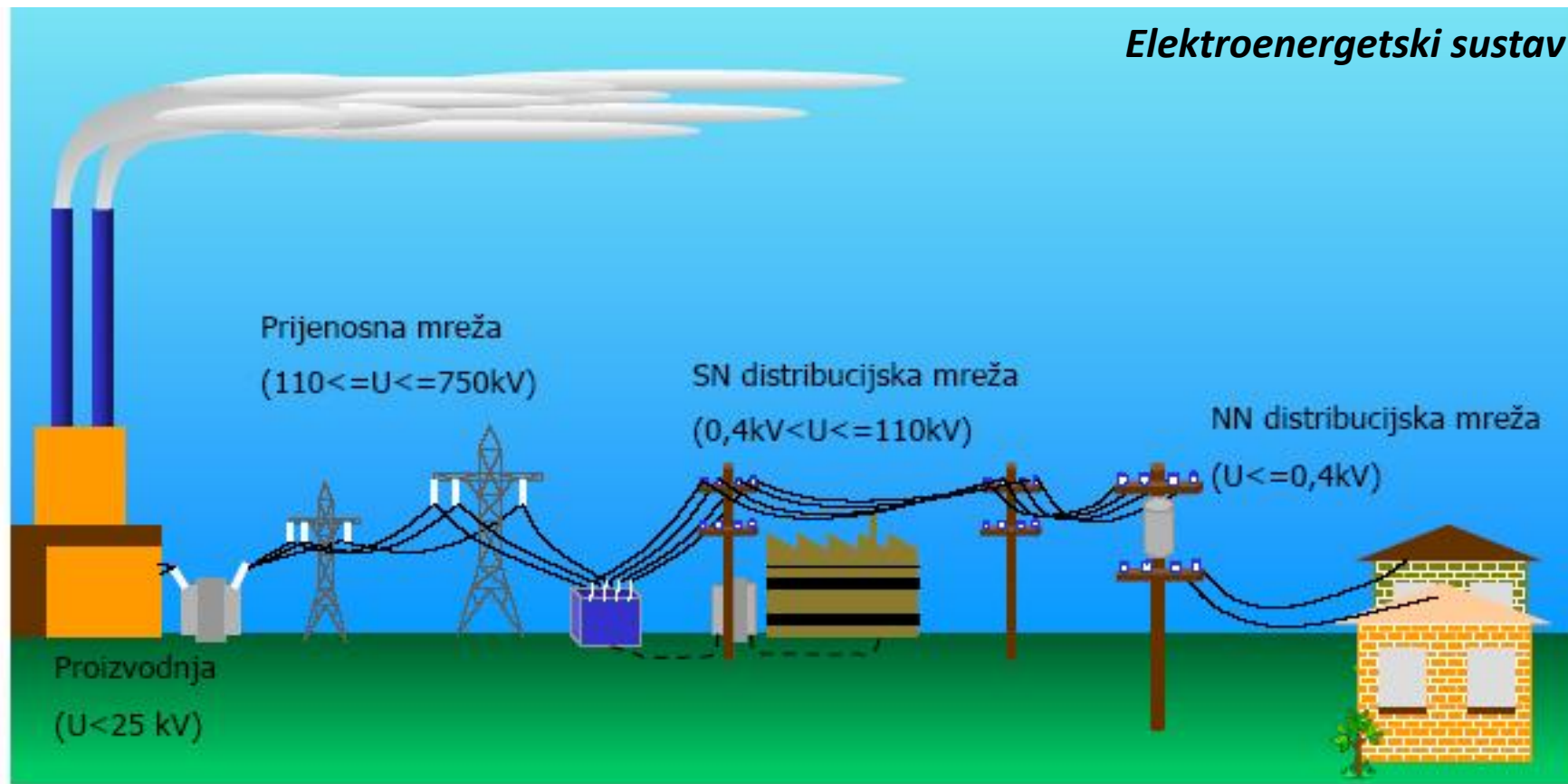
# Izborni blok 1: Elektroenergetika

*Prof.dr.sc. Damir Šljivac  
Zavod za elektroenergetiku*



- **Elektroenergetski sustav (EES)** je konekcija velikih razmjera koji se poopćeno gledajući sastoji od četiri podsustava:
  1. **Proizvodni** (pod)sustav
  2. **Prijenosni** (pod)sustav
  3. **Distribucijski** (pod)sustav
  4. **Potrošački** (pod)sustav
- **Proizvodni sustav** se sastoji od elektrana na čijem pragu (veza s prijenosnim/distribucijskim sustavom) su (u pravilu):
  - **trofazni sinkroni generatori** (konvencionalne HE i TE) napona i do 30kV u kombinaciji s  
-  
("uzlaznim", "blok") **transformatorima** neophodnim za povećane naponske razine u svrhu smanjenja gubitaka prijenosa.
- **Prijenosni sustav** (dalekovodi, transformatori, postrojenja) služi za transport električne energije na veće udaljenosti koji se odvija s naponima (u HR) od 110kV, 220 kV, 400 kV i više. Vrijednosti napona preko 230kV spadaju u područje iznimno visokog napona.

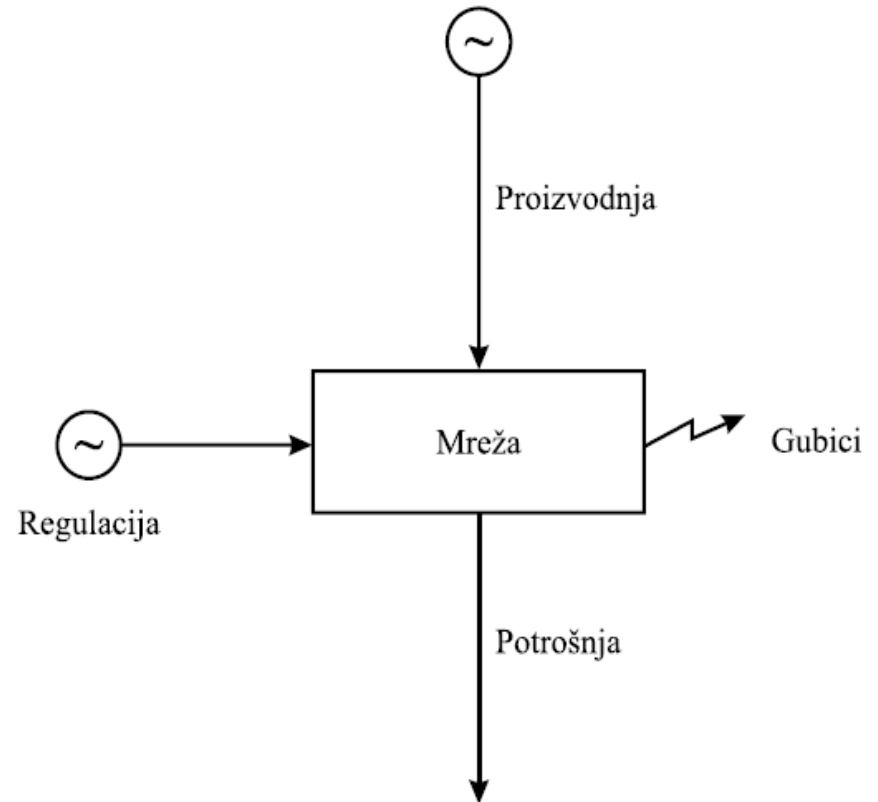
- *Distribucija se odvija na nižim naponskim razinama (u HR: 10 kV, 20 kV i 35 kV) i to oko 70% kabelskim putem - gradska mreža (kabelski vodovi i TS), a nadzemna mreža (nadzemni vodovi i TS) koristi se uglavnom u ruralnim područjima.*



## Osnovna zakonitost EES-a

*Proizvodnja u svakom trenutku mora odgovarati zahtjevu potrošača. Potrošač je zapravo ključana karika koja regulira razvoj EES-a.*

- *Preciznije: Proizvodnja el. en. u svakom trenutku mora biti izjednačena s potrošnjom uvećanom za neizbježne gubitke u mreži, što pred EES postavlja složenu regulacijsku zadaću, koju taj sustav mora osigurati (inače bi se urušio).*
- *Regulacija (tj. upravljanje i vođenje) vrlo složena, jer je potražnja električne energije u svakom trenutku drukčija, većim dijelom podložna statističkoj zakonitosti (predvidiva), ali djelomice stohastička (ovisi o ponašanju potrošača).*



$$\text{Proizvodnja} (\pm \text{Regulacija}) = \text{Potrošnja} + \text{Gubici}$$

## Osnovna zakonitost EES-a

- *Iz istodobnosti proizvodnje i potrošnje električne energije može se povući paralela između čovjeka i elektroenergetskog sustava i to ovako:*

### *Čovjek*

*Čovjekova aktivnost*

*Krvotok*

*Srce*

*Arterije i vene*

*Žile i kapilare*

*Mozak*



### *Elektroenergetski sustav*

*potrošnja električne energije*

*električna energija*

*elektrane*

*prijenos električne energije*

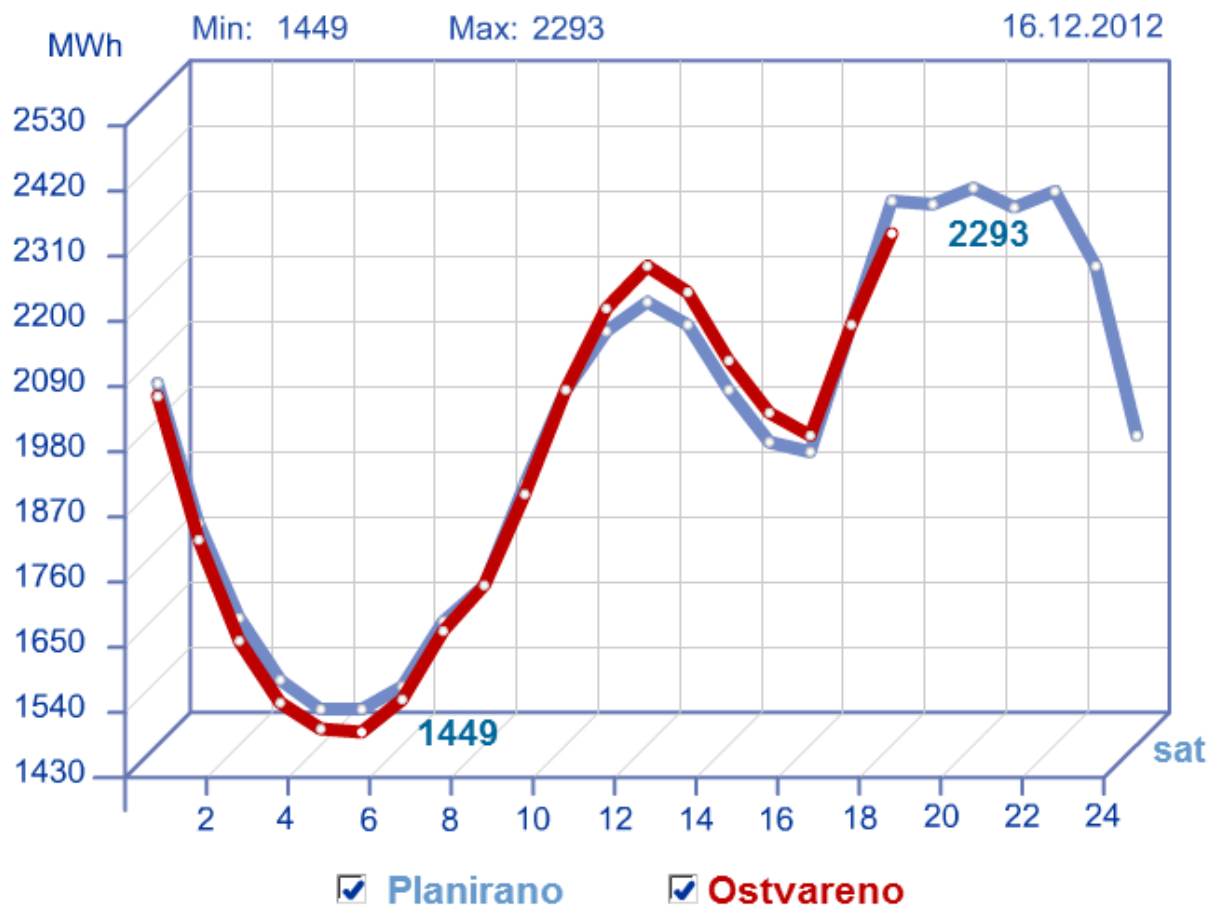
*distribucija električne energije*

*koordinacija, regulacija*

## Potrošnja (dijagram opterećenja)

- *U EES postoji velik broj potrošača različitih karakteristika, zbog kojih se i potražnja tijekom dana mijenja. Tim promjenama mora biti prilagođen EES s elektranama koje su u njega uključene.*
- *Osnovu za upoznavanje zahtjeva potrošača, a prema tome i polaznu točku za projektiranje, izgradnju i pogon elektrana, predstavlja dnevni dijagram potražnje odnosno opterećenja.*
- *Dnevni dijagram potražnje (opterećenja) pokazuje kako se potražnja (opterećenje) mijenja tijekom dana.*
- *O dnevnom dijagramu za potražnju govori se kad se promatra promjena sa strane potrošača, a o dnevnom dijagramu opterećenja kad se gleda sa strane elektrana, rasklopnih postrojenja ili vodova.*
- *Dnevni dijagrami u svakom EES imaju svoj karakterističan oblik koji ovisi o danima u tjednu, o godišnjem dobu, o vrsti potrošača, o razvijenosti zemlje itd.*

## Dnevni dijagrami opterećenja Hrvatske, 16.12.2012. u 19,00 sati

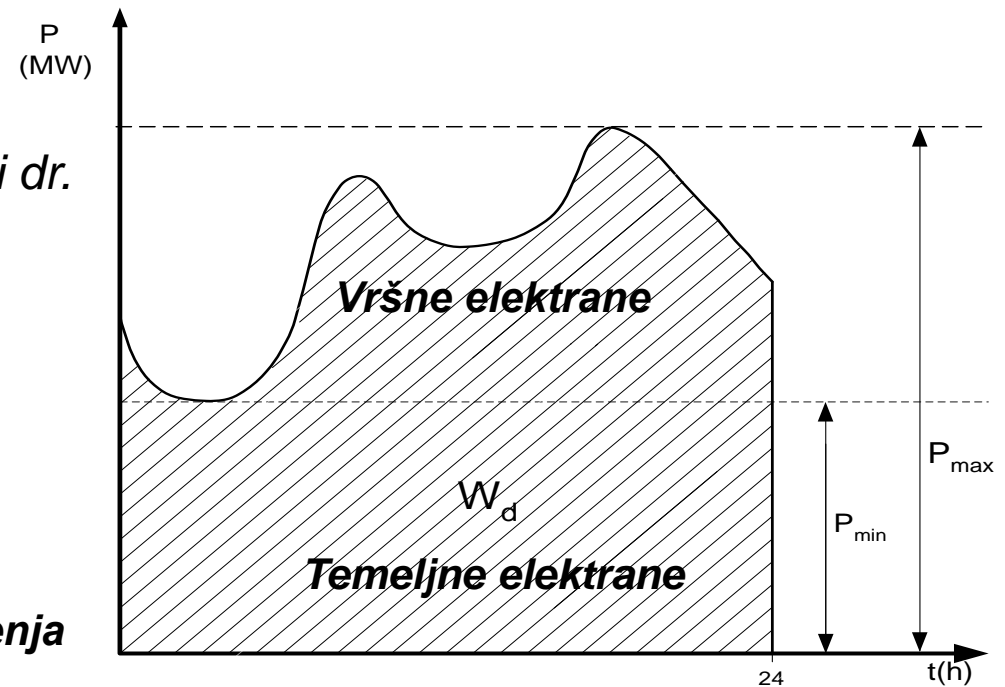


Sat	Plan [MWh]	Ostvarenje [MWh]
1	1.803	1.772
2	1.640	1.601
3	1.537	1.497
4	1.490	1.454
5	1.489	1.449
6	1.527	1.503
7	1.636	1.621
8	1.698	1.696
9	1.870	1.850
10	2.026	2.026
11	2.124	2.166
12	2.176	2.235
13	2.137	2.194
14	2.025	2.079
15	1.938	1.987
16	1.921	1.951
17	2.136	2.137
18	2.346	2.293
19	2.340	0
20	2.369	0
21	2.335	0
22	2.360	0
23	2.234	0
24	1.948	0
<b>Ukupno:</b>	<b>47.105</b>	<b>33.511</b>

## Temeljne i vršne elektrane

- Elektrane koje imaju zadatak da rade za potrošnju u donjem (temeljnem, konstantnom) dijelu dijagrama, *temeljnim elektranama* (stalni iznos i/ili spora promjena snagom te niža cijena: protočne HE, nuklearne TE, jeftinije TE) .
- Elektrane koje pokrivaju potrošnju prikazanu gornjim (vršnim, promjenjivim) dijelom *dnevnog dijagrama opterećenja* nazivaju se *vršnim elektranama* (brža promjena snage, skuplje, obično plinske TE, dizelske TE, moguće dijelom i VE).
- Uloga elektrana se mijenja u EES s vremenom, izgradnjom, promjenom sastava elektrana, cijene energenata i dr.

Dnevni dijagram opterećenja





## Primjer: TE-TO Osijek

**Plinske TE 2x25 MW<sub>e</sub> +  
kotao na otpadnu toplinu  
56 t/h**

**Parna TE  
45 MW<sub>e</sub> /100 MW<sub>t</sub>  
(kogen. - toplifikacijski blok)**

**Sustav za pripremu  
vode**

**Rasladni toranj**

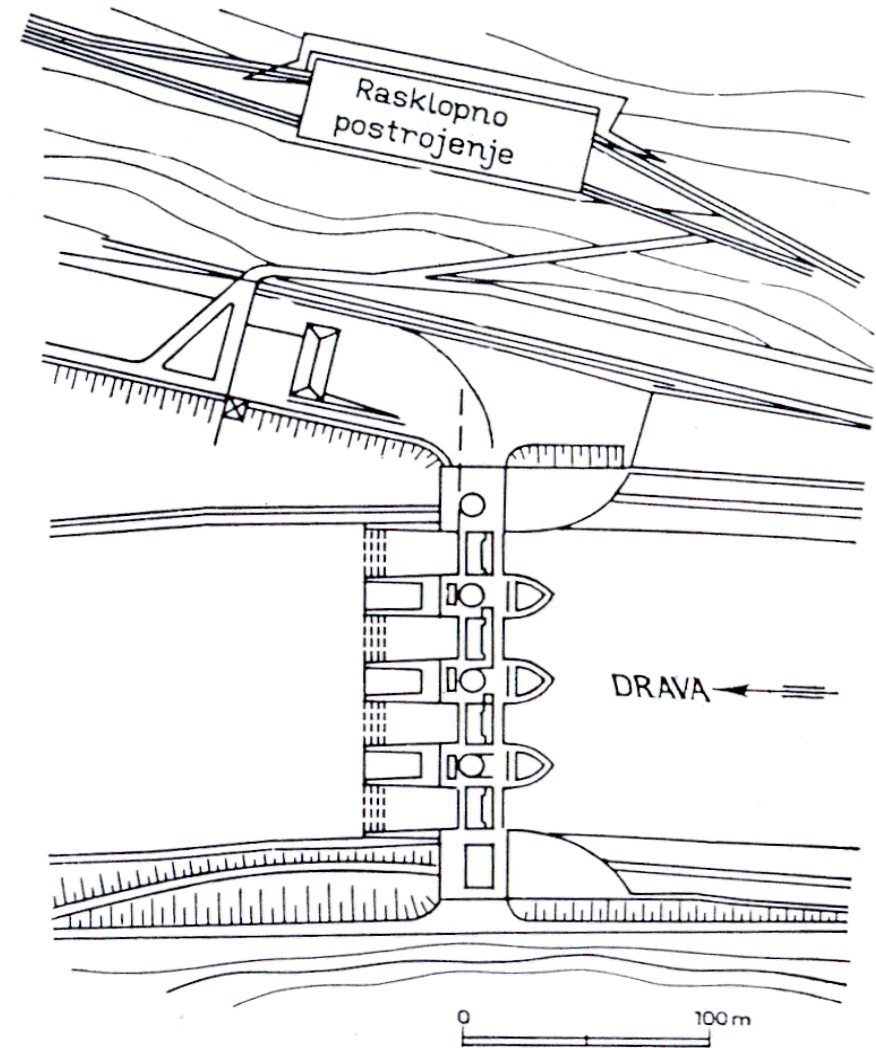


**TS 110/35/10 kV Osijek 2**

**Parni kotlovi za grijanje i  
tehnološku paru 3x18 t/h**



## Primjer: protočna HE Vuzenica na Dravi

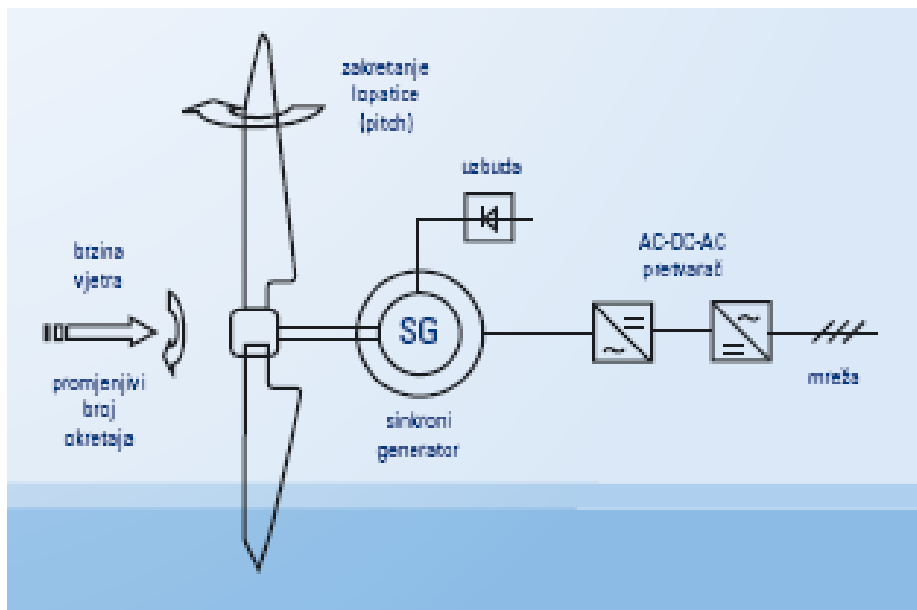


**Smještaj agregata u stupovima brane**



# Vjetroelektrana Končar KO-VA 57/1

Nominalna snaga	1000 kW
Visina glavčine	60 m
Regulacija snage	zakretanjem lopatica (pitch)
Brzina uključivanja	2,5 m/s
Nazivna brzina	11 m/s
Brzina isključivanja	25-30 m/s
Brzina preživljavanja	59,5 m/s



## VJETROAGREGAT KO - VA 57 / 1

1. Osnovna glava  
 2. Glavčinski generator  
 3. Glavčinski torzijski  
 4. Glavčinski  
 5. Glavčinski  
 6. Glavčinski  
 7. Glavčinski  
 8. Glavčinski  
 9. Glavčinski  
 10. Glavčinski  
 11. Glavčinski  
 12. Glavčinski  
 13. Glavčinski

KONČAR  
 Končar - Inženjerska agencija i proizvodnja

## Prijenos i distribucija

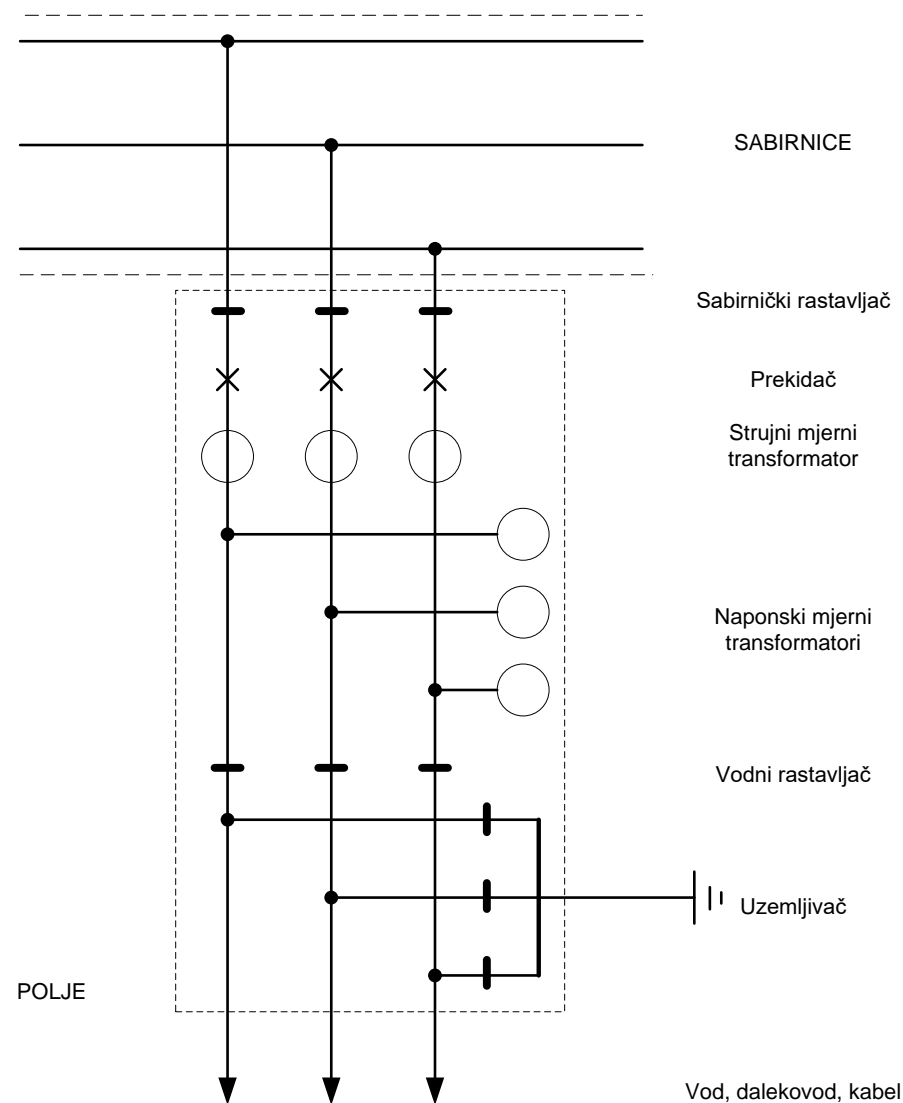
- *Osnovna uloga prijenosne i distributivne mreže je da u svakom trenutku osiguraju dobavu energije od izvora (elektrana) do potrošača kako sa količinom tako i kvalitetom električne energije.*
- *Dopremanje proizvedene energije od izvora do potrošača može se izvesti na više načina:*
  1. *Svaki potrošač priključuje se izravno na na izvor, međutim to je iako tehnički izvedivo ekonomski neprihvatljivo.*
  2. *Između potrošača i izvora izgradi električna mreža na koju se može izvršiti priključak izvora i potrošača na bilo kojem mjestu.*
- *Ovaj drugi način je ekonomski i tehnički prihvatljiviji, jer omogućava priključivanje izvora električne energije koji najčešće nisu locirani u blizini potrošačkih centara, dok se sigurnost opskrbe mnogostruko povećava.*
- *Ako dođe do ispada nekog izvora njegovu ulogu može preuzeti drugi tako da potrošač to niti ne osjeti.*

## Rasklopna postrojenja (čvorovi)

Budući da se radi o velikim snagama, odnosno velikim strujama i visokim naponima čvorne točke potrebno je posebno izvesti: *svaka čvorna točka ima rasklopno postrojenje (sa ili bez transformacije napona).*

### Elementi postrojenja (čvorova)

- Sabirnički i spojni vodiči, izolatori
- Kabeli u postrojenjima
- Rastavljači, prekidači, sklopke, osigurači
- Odvodnici prenapona
- Mjerni transformatori (strujni i naponski)
- Energetski transformatori
- Prigušnice, kondenzatori, otpornici



## Rasklopna postrojenja (čvorovi)

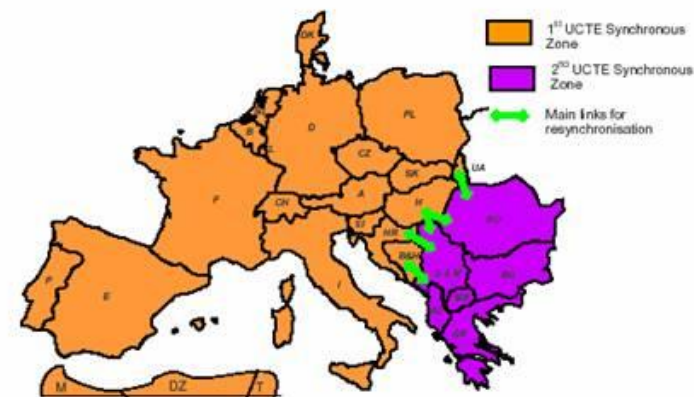
- Osnovna uloga ovih postrojenja je ta da osigura spajanje postojećih vodova s mogućnošću priključka novih, te po potrebi da povezuje mreže različitih naponskih razina preko transformatora.



**Primjer postrojenja (trafo-polje)**



## Primjer: TS 400/110 kV Ernestinovo



## Energetski transformatori

- *Distribucija (srednjenaponske TS)*

*TS 10/0.4 kV: U manjim mjestima (ruralnim sredinama), snaga transformatora na stupnim trafostanicama 10/0,4 kV je veličine 50, 125 ili 250 kVA. **Kabelske trafostanice** u gradovima (obično montažno-betonske) imaju transformatore od 400, 630 i 1000 kVA.*

*TS 35/10 kV: U pravilu od 4 i 8 MVA, snaga uobičajenih za distribucijske mreže. Trend je pri gradnji novih i rekonstrukciji postojećih objekata prelazak na SN 20 kV, čime se postepeno planira dokinuti 35 i 10 kV razina.*



**STS10/0,4 kV**



**MBTS 10/0,4 kV**



**TS 35/10 kV**



## Dalekovodi

- Prijenos električne energije na visokonaponskim razinama zbog ekonomičnosti izvodi se gotovo isključivo pomoću *nadzemnih vodova (dalekovoda)*.

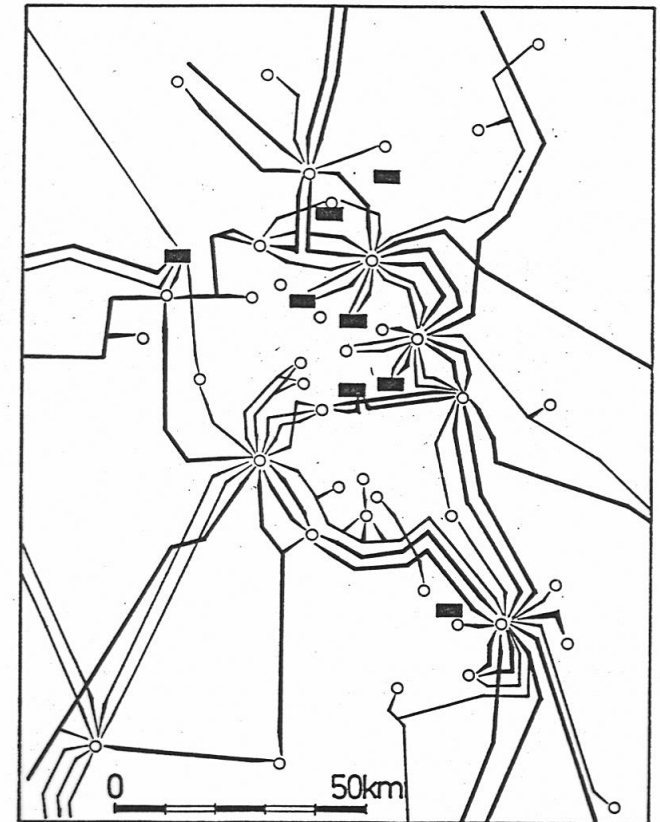
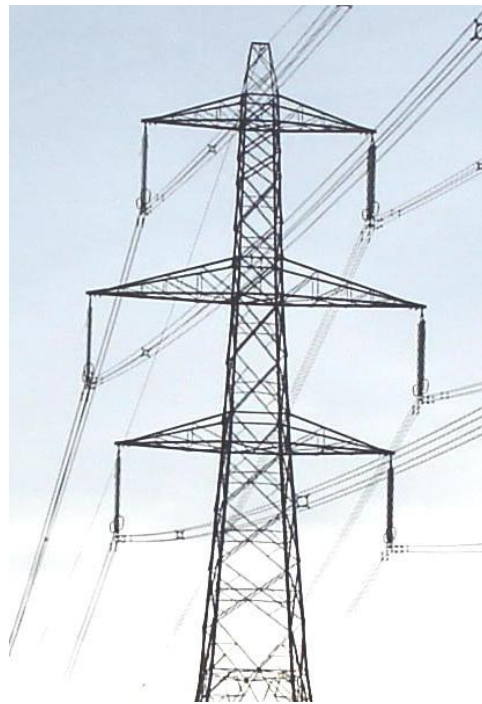
Portal



Jela

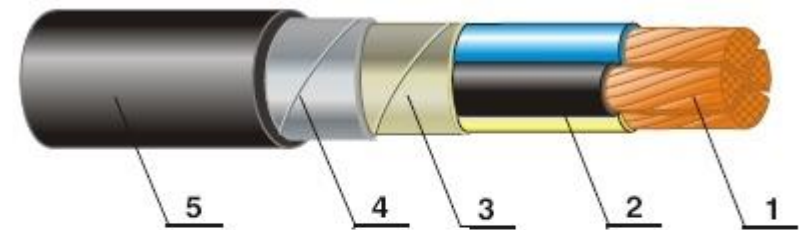


Bačva



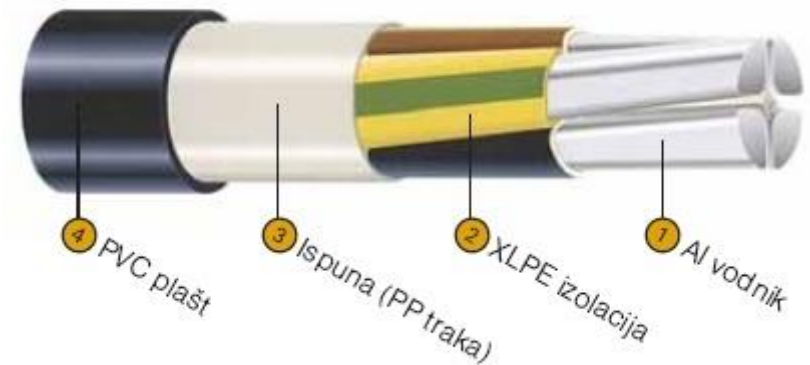
- **Razdjelne (distributivne) mreže** imaju zadatak da dopreme energiju od prijenosne mreže do potrošača. Ove mreže prenose relativno manje snage, pa su zato nižeg napona (35, 20 i 10 kV u RH).
- U urbanim sredinama (gradovima) razdjelne se mreže izvode uglavnom pomoću polaganjem **kabela** pod zemlju.
- Povećanjem potrošnje i razvojem elektroenergetskog sustava **razdjelne mreže se izvode sa sve višim naponima**. Tako danas razdjelne mreže imaju naponske razine koje su prije nekoliko godina bile isključivo rezervirane za prijenosne mreže.

### NYBY (PP41)

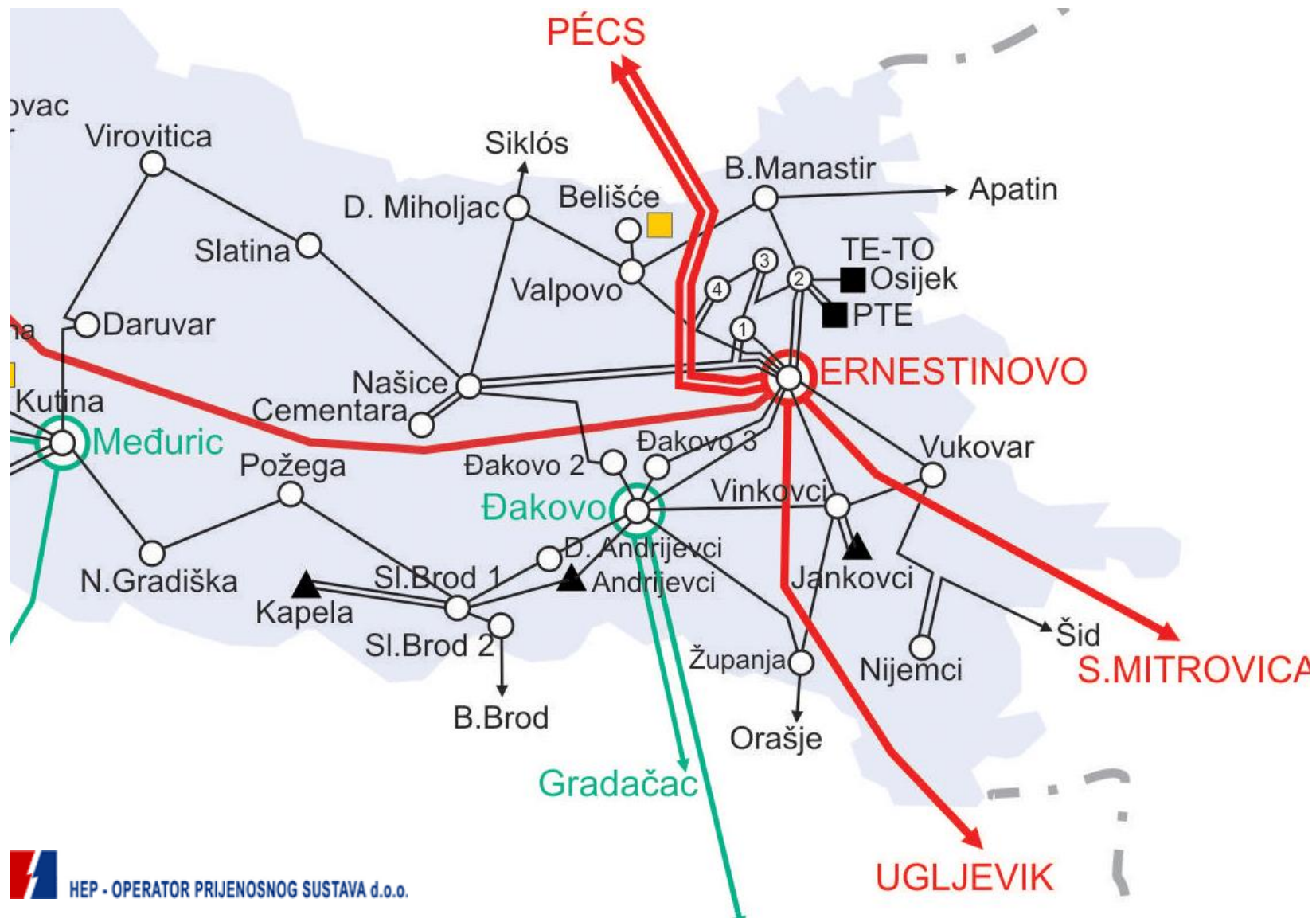


1. Vodič: žica ili uža od bakra
2. Izolacija: PVC masa
3. Ispuna: brizgana elastomerna ili plastomerna mješavina ili omotane termoplastične vrpce
4. Armatura: dvije čelične trake
5. Plašt: PVC masa

### NA2XY (XP00-A)



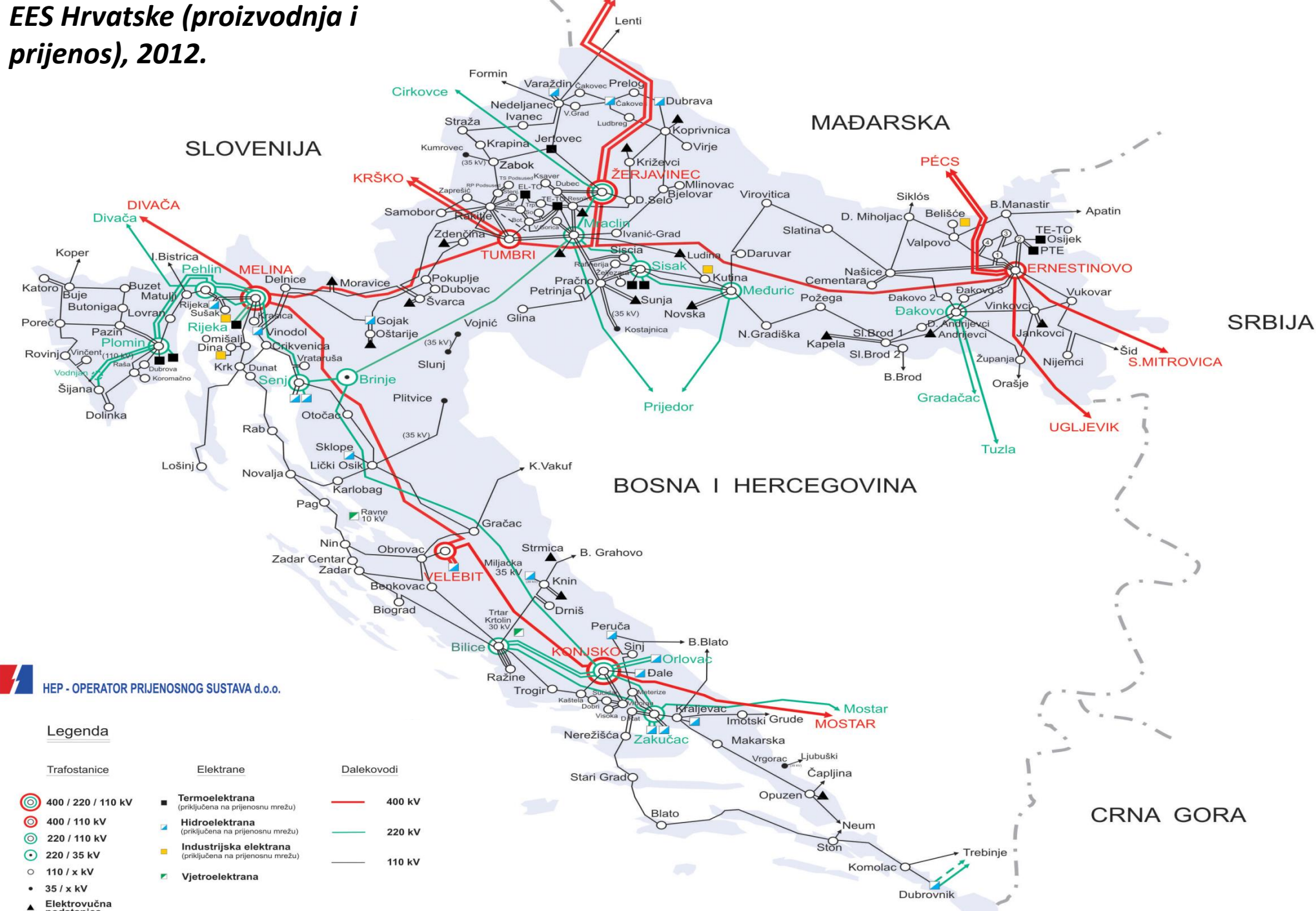
## Prijenosno područje Osijek, 2012.



 HEP - OPERATOR PRIJENOSNOG SUSTAVA d.o.o.



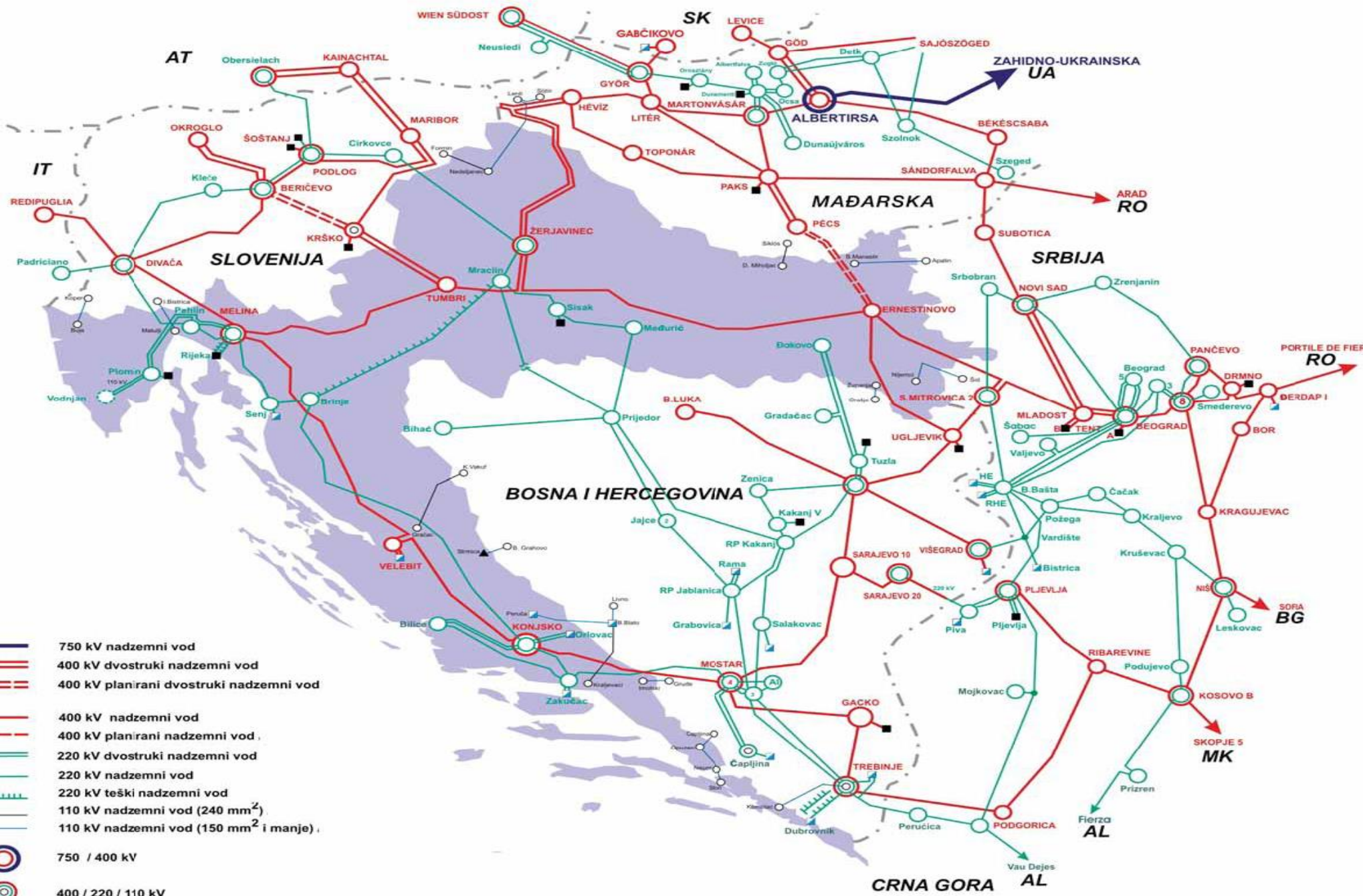
# EES Hrvatske (proizvodnja i prijenos), 2012.



**HEP - OPERATOR PRIJENOSNOG SUSTAVA d.o.o.**

### Legenda

Trafostanice	Elektrane	Dalekovodi
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊙ 400 / 220 / 110 kV</li> <li>⊖ 400 / 110 kV</li> <li>⊕ 220 / 110 kV</li> <li>⊙ 220 / 35 kV</li> <li>○ 110 / x kV</li> <li>• 35 / x kV</li> <li>▲ Elektrovučna podstanica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Termoelektrana (prikjučena na prijenosnu mrežu)</li> <li>▣ Hidroelektrana (priključena na prijenosnu mrežu)</li> <li>■ Industrijska elektrana (priključena na prijenosnu mrežu)</li> <li>▣ Vjetroelektrana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 400 kV</li> <li>— 220 kV</li> <li>— 110 kV</li> </ul>



- 750 kV nadzemni vod
- 400 kV dvostruki nadzemni vod
- 400 kV planirani dvostruki nadzemni vod
- 400 kV nadzemni vod
- 400 kV planirani nadzemni vod
- 220 kV dvostruki nadzemni vod
- 220 kV nadzemni vod
- 220 kV teški nadzemni vod
- 110 kV nadzemni vod (240 mm<sup>2</sup>)
- 110 kV nadzemni vod (150 mm<sup>2</sup> i manje)
- 750 / 400 kV
- 400 / 220 / 110 kV
- 400 / 220 kV

**EES Hrvatske, s okruženjem 2006. (mreža 400 i 220 kV)**



---

*Napredne mreže s povećanim udjelom OIE i električnih vozila*

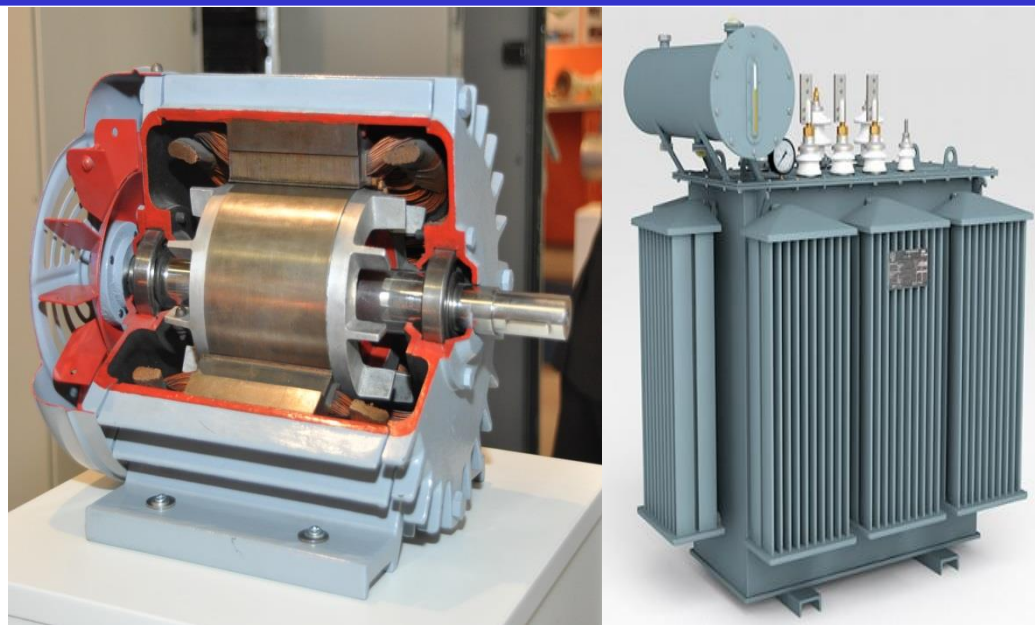




**5 tipova FN modula:**

1. Visokoučinkoviti polikristalni **BISOL BMU-250 245  $W_p$**  (20+2 modula)
2. Visokoučinkoviti monokristalni **BISOL BMO-250 250  $W_p$**  (20+2 modula)
3. Tankoslojni CIS (bakar-indij-selenij) **SOLAR FRONTIER SF-150 150  $W_p$**  (2 modula)
4. Tankoslojni amorfni silicij **MASDAR MPV-100S 100  $W_p$**  (2 modula)
5. Visokoučinkoviti monokristalni s crnim okvirom **PANASONIC VBHN240SE10 240  $W_p$**  (2 modula)

## Električni strojevi i pogoni



**Proizvodnja:**



**Prijenos, distribu.:**

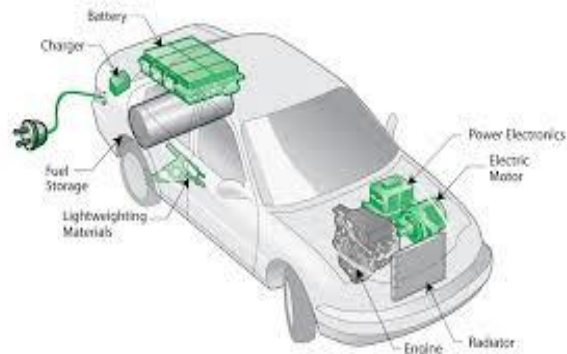
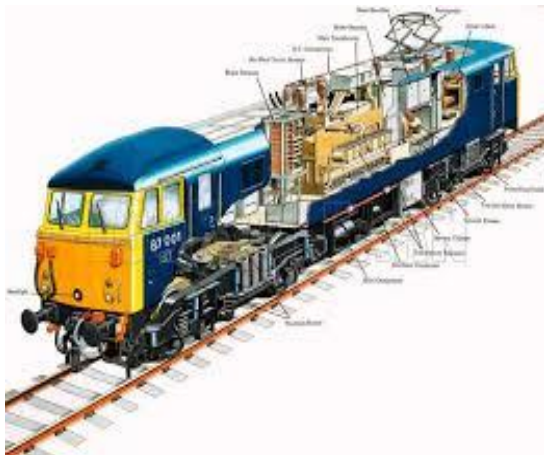


**Pretvorba:**

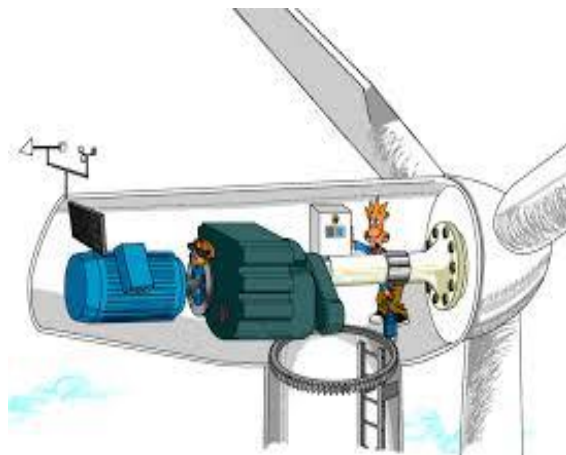




## Elektromobilnost:



## Obnovljivi izvori:



*Linearni motori:*



*Agregati:*

