



**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE,
STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
SPLIT**

Stručni skup:
Energija vjetra – energija budućnosti

***Vjetroelektrane u Hrvatskoj:
stanje i perspektive***

Doc.dr.sc. Ranko Goić

Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Split

Katedra za električne mreže i postrojenja

rgoic@fesb.hr, www.fesb.hr/~rgoic

Marko Lovrić, dipl. ing.

HEP Prijenos d.o.o., Prijenosno područje Split

marko.lovric@hep.hr

Mostar, 6. travnja 2005.

Sadržaj predavanja

- Uvod - osnove vjetroenergetike
- Trenutna situacija i perspektive vjetroenergetike u Hrvatskoj

Malo povijesti

Afganistan, prije ??? godina



Danska, prije nekoliko stoljeća



Hrvatska, Pag, 2004.

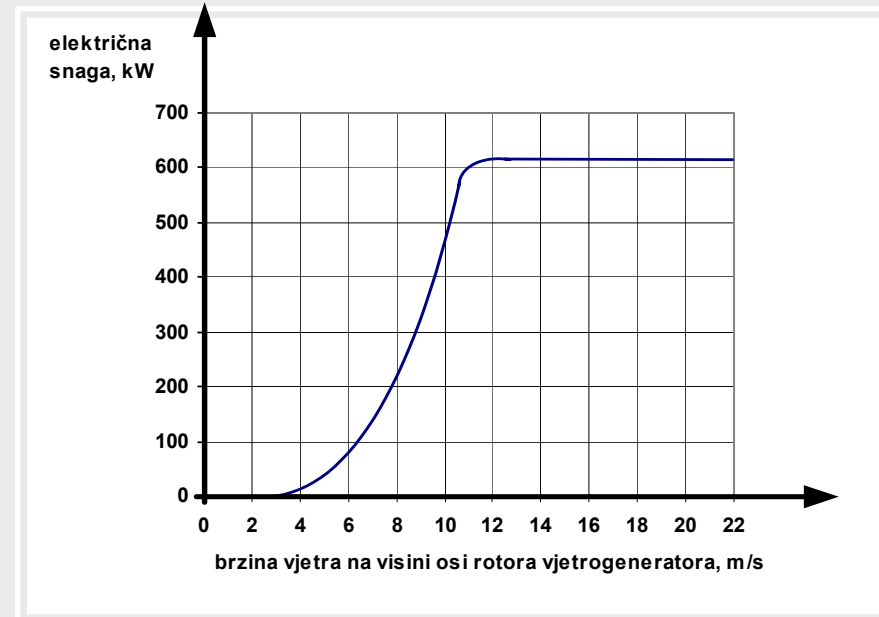


Prva vjetroelektrana: Danska, 1891.

Energija vjetra i snaga vjetroelektrane

- Energija vjetra → kinetička energija, ovisi o kvadratu brzine.
- Snaga vjetroelektrane → proporcionalna površini lopatica i trećoj potenciji brzine vjetra: ($P \sim S \cdot v^3$)
- Prethodno vrijedi za brzine vjetra veće minimalne radne brzine (npr. 4 m/s), a manje od brzine vjetra pri kojoj se dostiže nazivna snaga turbine/generatora (npr. 12 m/s)
- Za veće brzine vjetra, snaga se održava približno konstantna (postoje različiti načini regulacije), sve do maksimalne brzine vjetra (npr. 25 m/s) pri kojoj se vjetroelektrana isključuje

Primjer: Ovisnost snage vjetroelektrane o brzini vjetra



Vrste vjetroelektrana

Velike VE priključene na elektroenergetsku mrežu (pojedinačna snaga do 3500kW)

Male VE za “kućnu” upotrebu (obično snage do nekoliko desetaka kW)

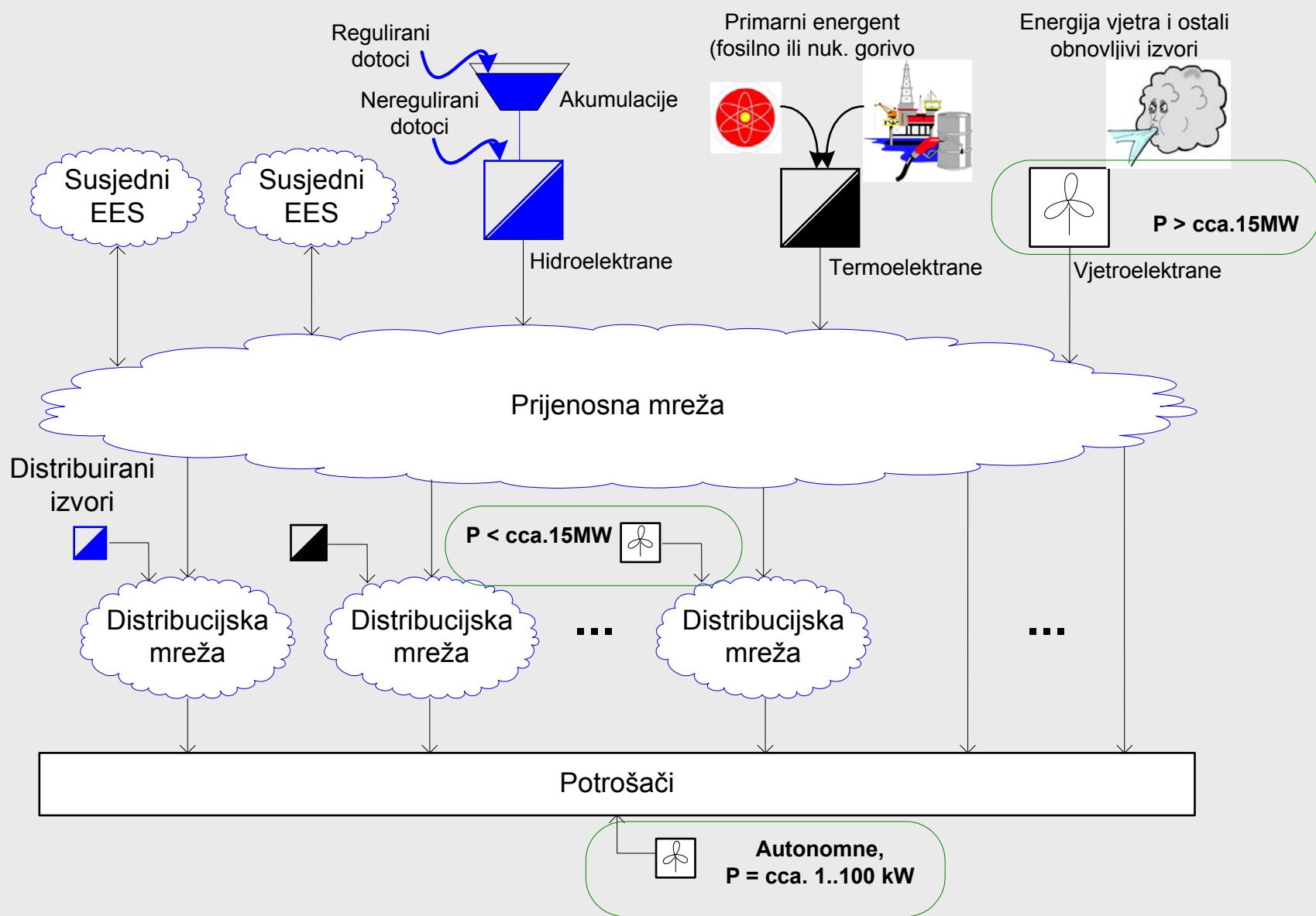
Na moru (off-shore)

Na kopnu (on-shore)

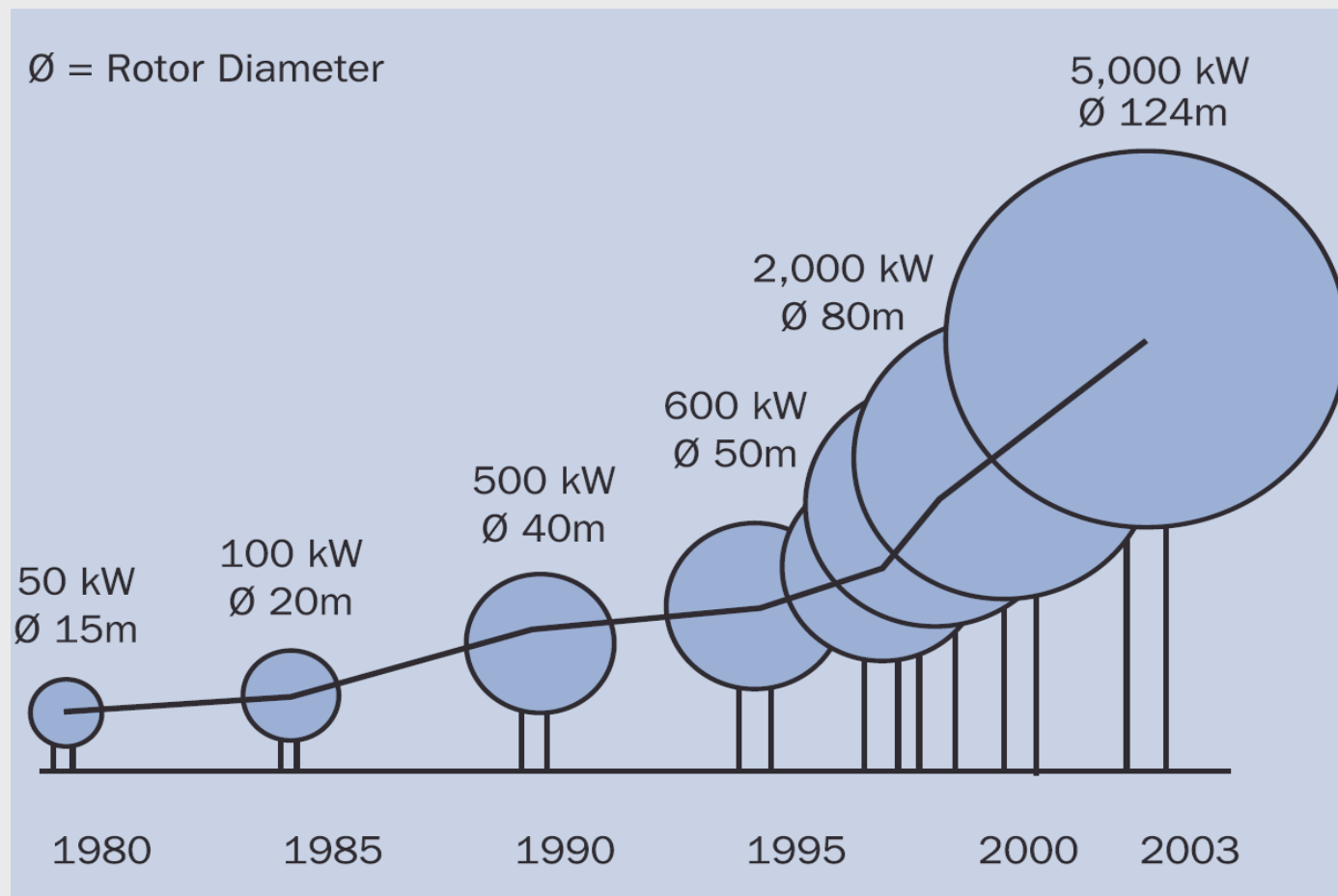
Priključene na električnu mrežu

Autonomne (nisu priključene na el. mrežu)

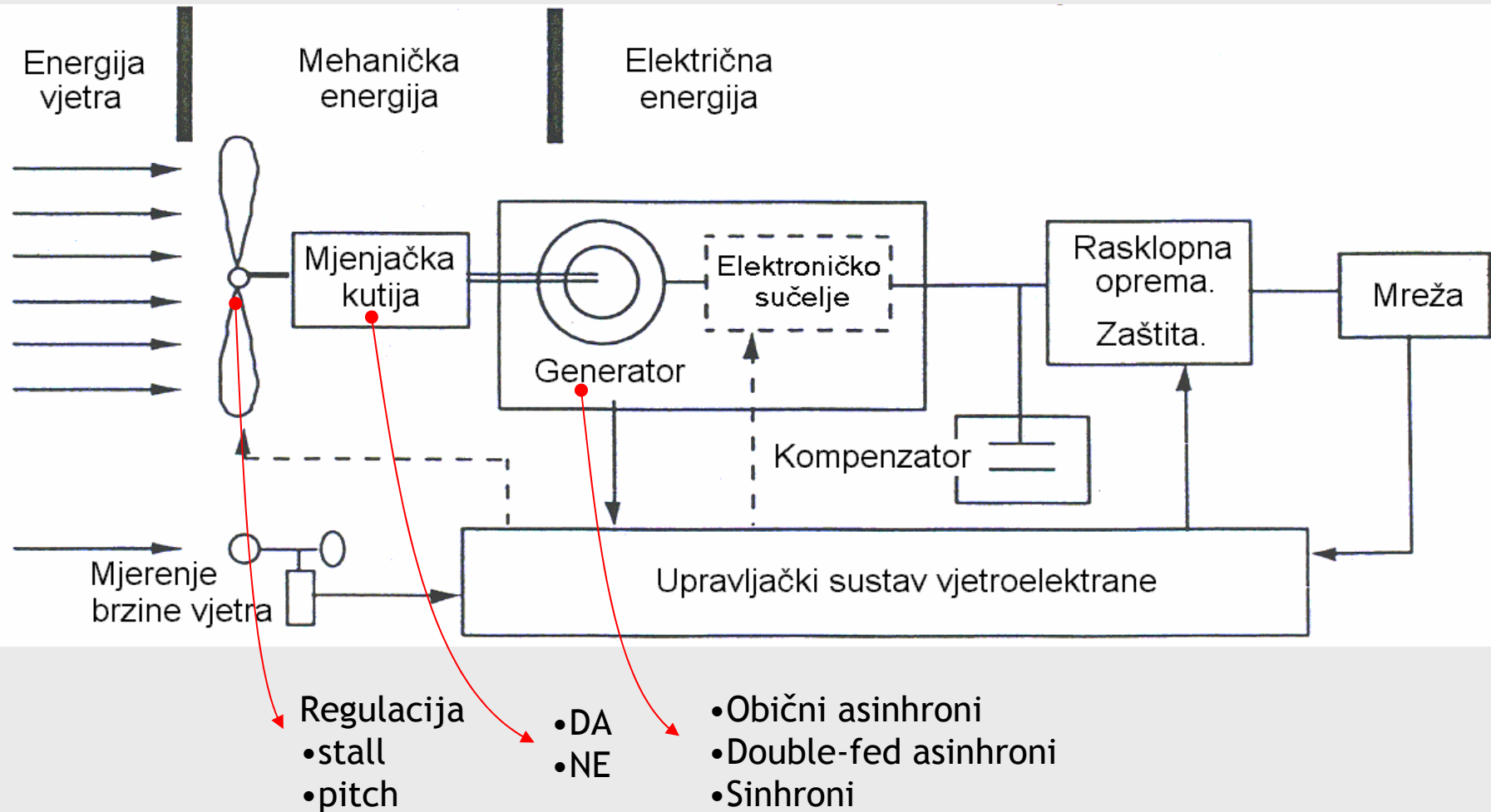
Priključak vjetroelektrane na EES



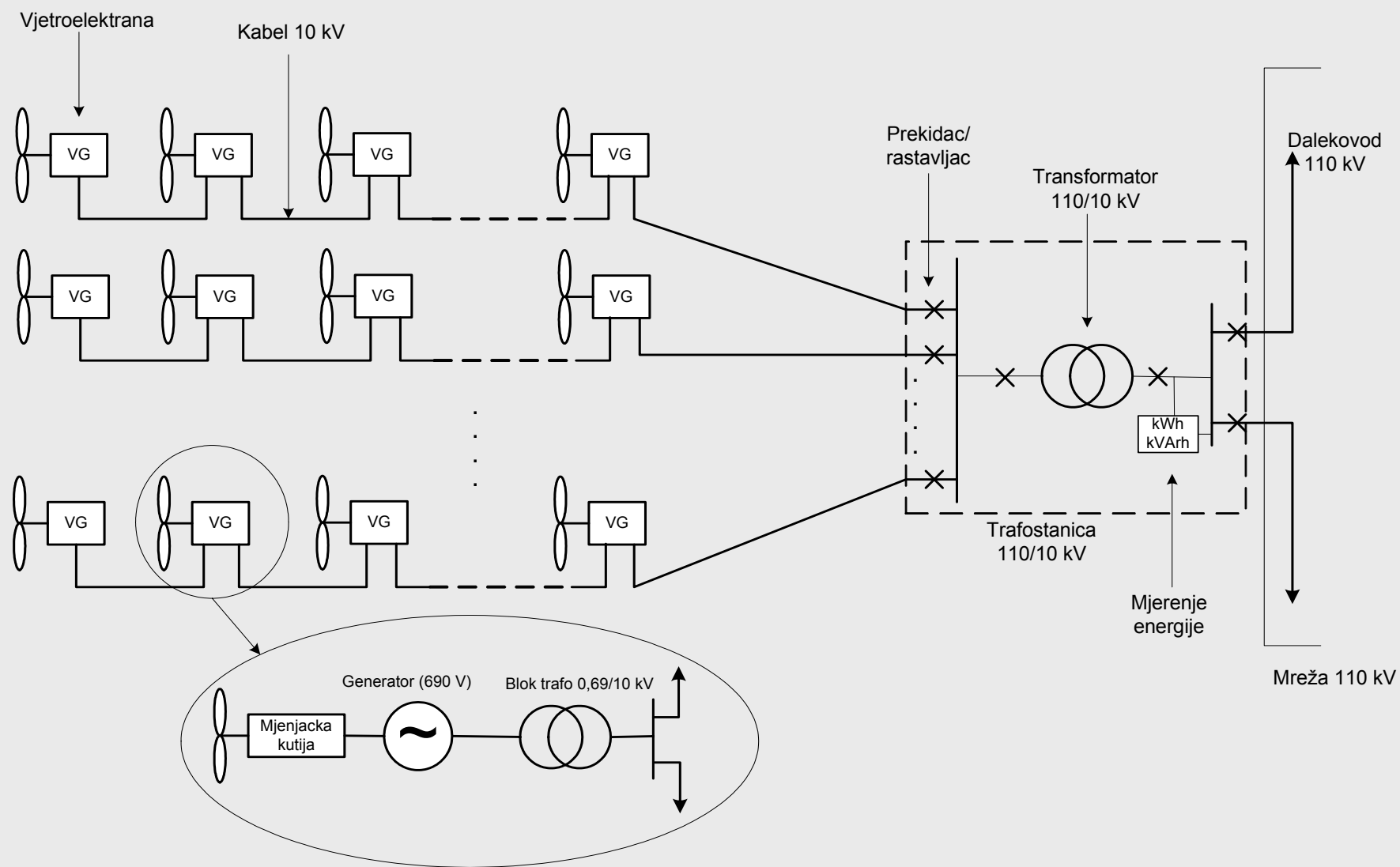
Razvoj tehnologije



Načelna shema vjetroelektrane



Priključak vjetroparka na prijenosnu mrežu

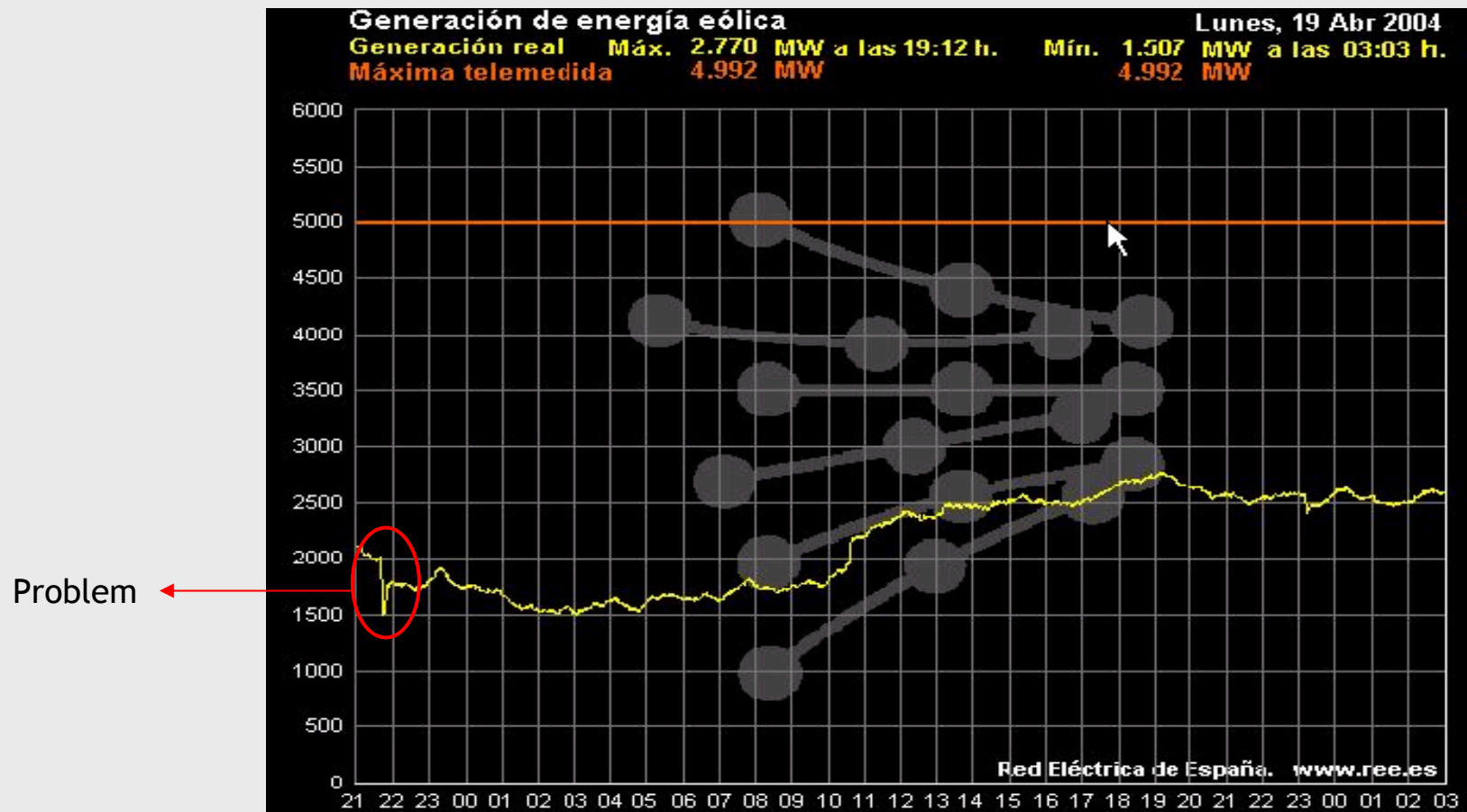


Utjecaj rada vjetroelektrana na EES

- Lokalno (mreža)
 - strujno opterećenje okolne mreže
 - povećanje statičkih varijacija napona (specifično za slabije distribucijske mreže)
 - dinamičke promjene napona, flikeri, harmonici
 - traži složeniji sustav zaštite u mreži
- Sistemski (mreža)
 - naponska stabilnost
 - dinamička stabilnost
 - održavanje frekvencije
- Sistemski (planiranje i vođenje EES-a)
 - nije moguće planirati proizvodnju na duži rok
 - na kraći rok je moguće približno predvidjeti proizvodnju
 - troškovi balansne energije za pokrivanje odstupanja planirane i realizirane potrošnje/proizvodnje
 - regulacija radne snage/frekvencije
 - nema garancije snage

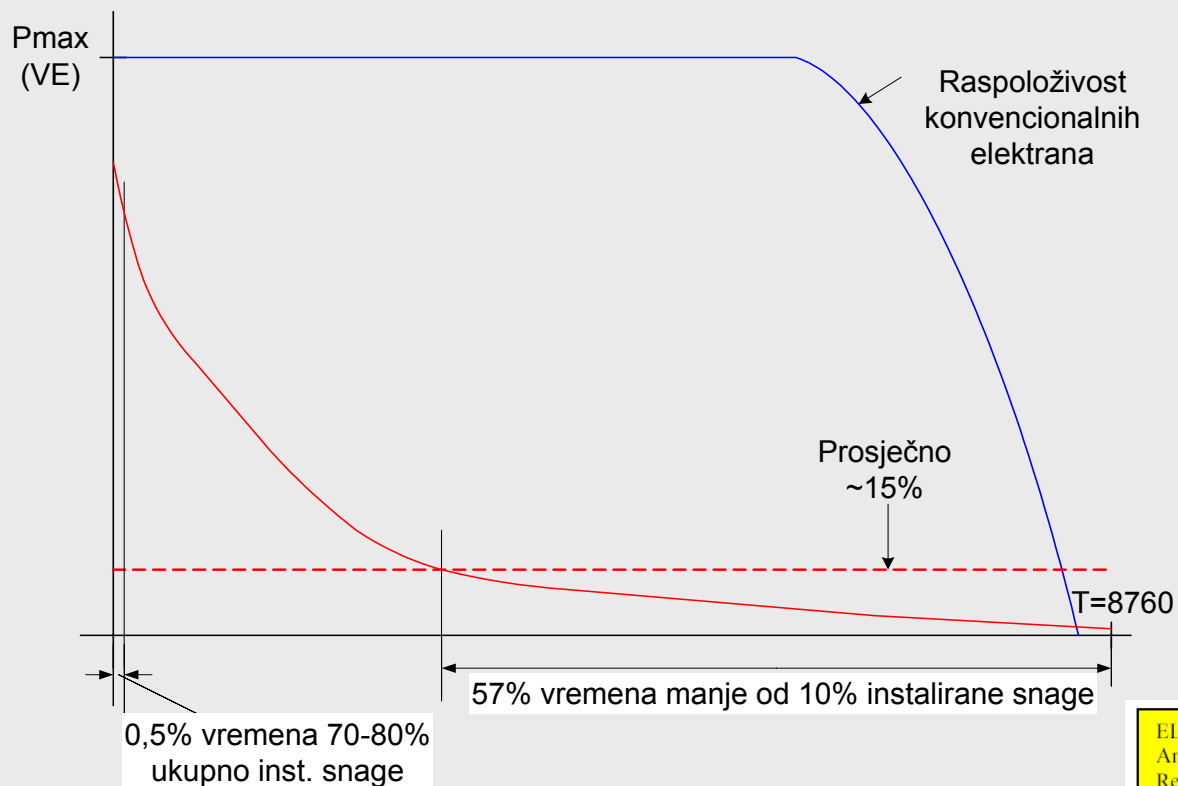
Primjer - Španjolska

- Dnevni dijagram proizvodnje VE
- Dobra prostorna disperzija + relativno konstantni vjetrovi → relativno dobro dnevno izravnanje proizvodnje

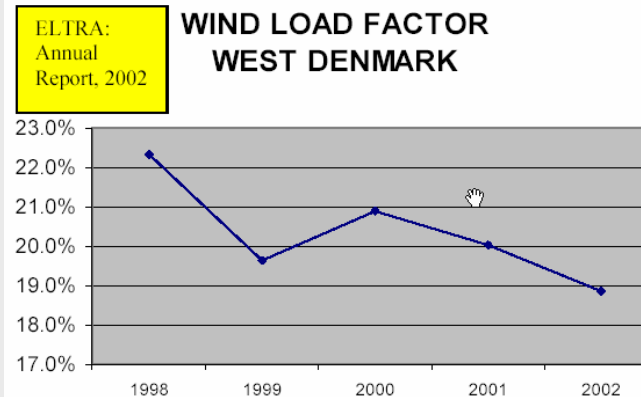


Godišnja iskoristivost instalirane snage VE - primjeri

Vattenfall (Njemačka), 2003.g.



Danska 1998-2002.g.



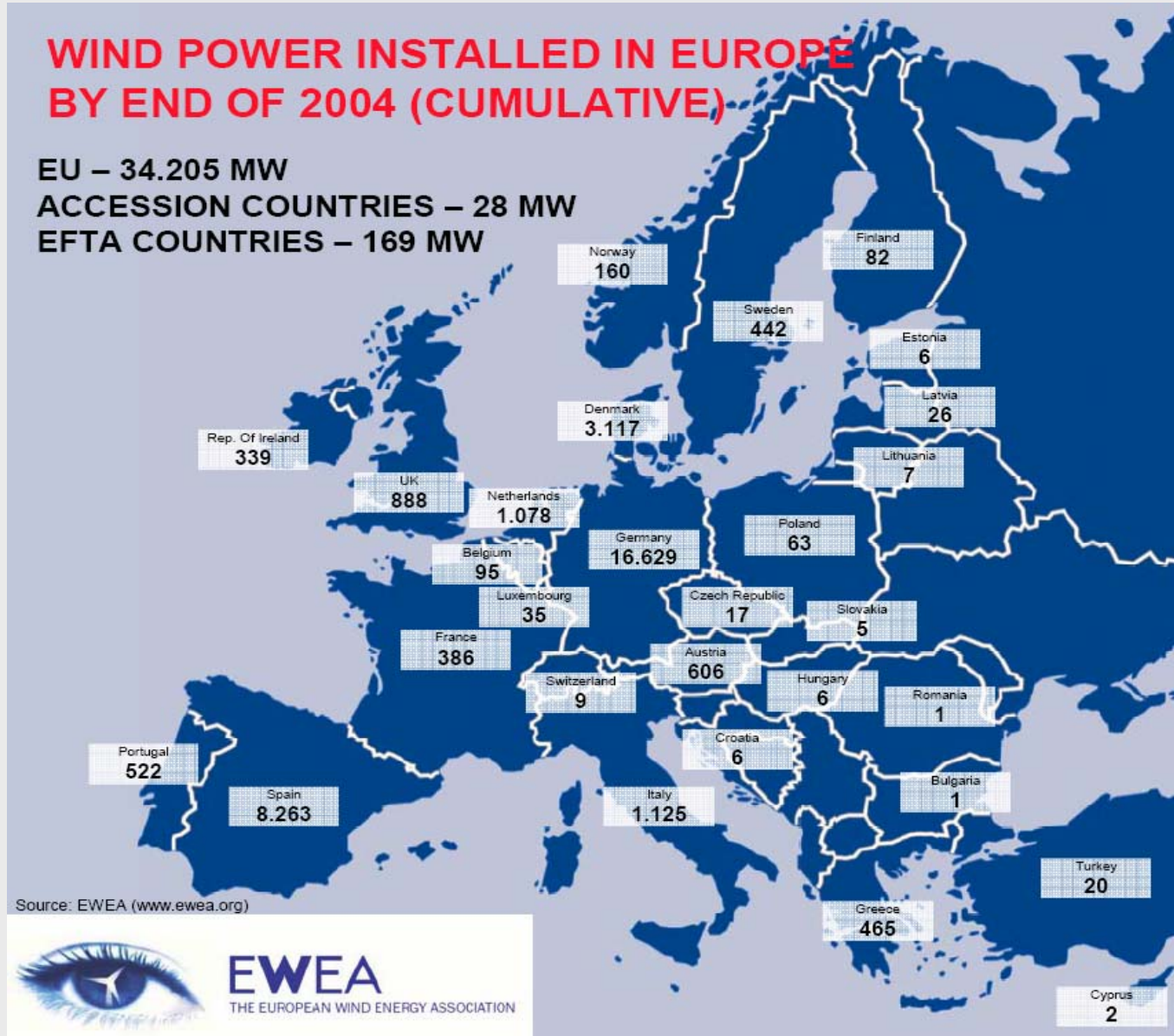
Trenutna situacija u svijetu i predviđanja

- Prosječna stopa rasta instalirane snage (1993-2003):
 - 31% u svijetu
 - 32% EU
- Godišnja vrijednost industrije vjetroenergetike: cca. 7×10^9 EUR
- Broj zaposlenih: cca. 100.000
- Dominantnu poziciju u proizvodnji vjetroelektrana imaju Njemačka, Danska i Španjolska (više od 85%)
- Krajem 2004. godine instalirana snaga vjetroelektrana:
 - 47 GW u svijetu
 - 34 GW u EU (podmiruje oko 2% ukupnih potreba za el.en.)
(usporedba: ukupno Hrvatska 3.5 GW)
- Procjene do 2020.g. (izvor GWEC):
 - ukupna inst.snaga 1240 GW,
 - 3000TWh godišnje proizvodnje (12% ukupne proizvodnje el.en. u svijetu) u vrijednosti od 80×10^9 EUR,
 - ukupno 2.300.000 zaposlenih, uz
 - dvostruko manja cijenu opreme/izgradnje
- Procjenjuje se da će 30-35% investicija u nove elektrane u slijedećih 10-15 godina odlaziti u vjetroelektrane

Instalirana snaga vjetroelektrana u Evropi

WIND POWER INSTALLED IN EUROPE BY END OF 2004 (CUMULATIVE)

EU – 34.205 MW
ACCESSION COUNTRIES – 28 MW
EFTA COUNTRIES – 169 MW

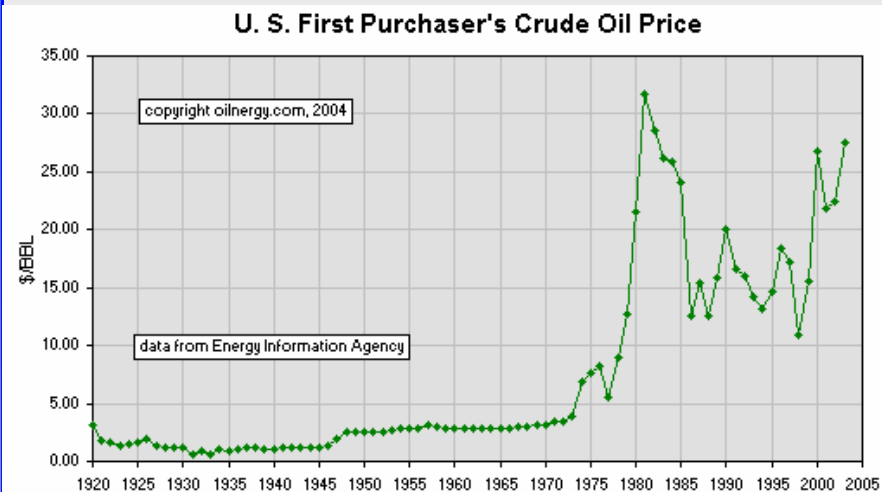


Povoljni uvjeti/trendovi za razvoj vjetroenergetike

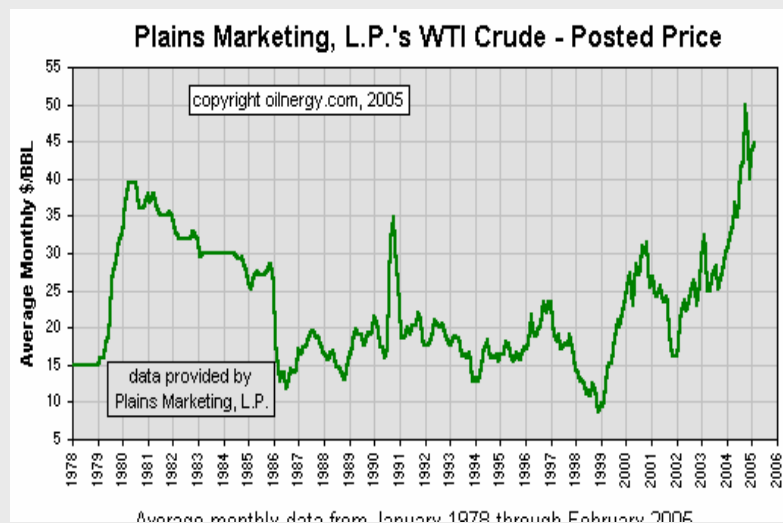
- Ekološki aspekt/Kyoto protokol
- Pribavljivost od strane lokalne zajednice
- Kratko vrijeme izgradnje
- Smanjivanje troškova izgradnje
- Zakonski definirani poticaji (obveza otkupa, fiksne tarife, porezne olakšice, niže kamatne stope...)
- Povećanja cijena klasičnih izvora energije (nafta, plin, ugljen)
- Ostali problemi s klasičnim izvorima električne energije:
 - Plin: sigurnost opskrbe (plinovodi), stabilnost cijena
 - Ugljen: ekološki problemi, protivljenje javnosti
 - Nuklearna en.: protivljenje javnosti, nuklearni otpad
 - Hidroelektrane: iskorišten ekonomski hidropotencijal u razvijenim zemljama
 - Ostali obnovljivi izvori: skuplji od vjetroelektrana
 - Novi izvori energije: nisu na vidiku

Primjer: cijene nafte

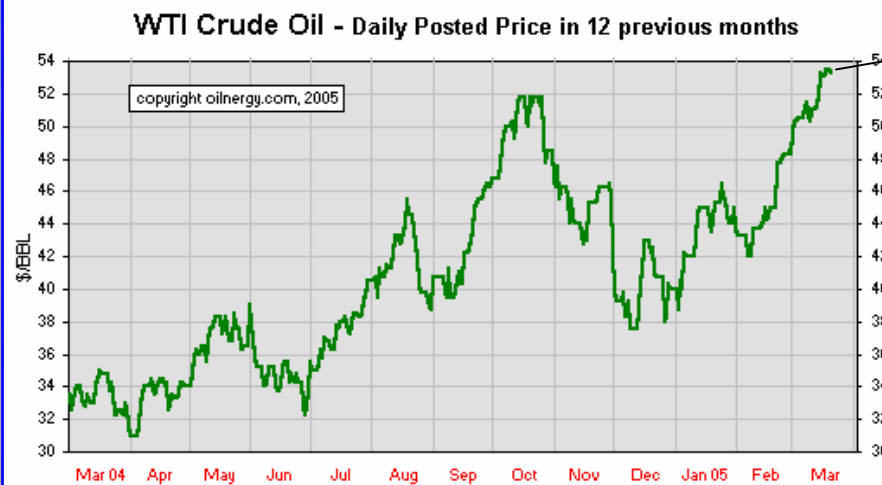
1920-2003



1978-2005



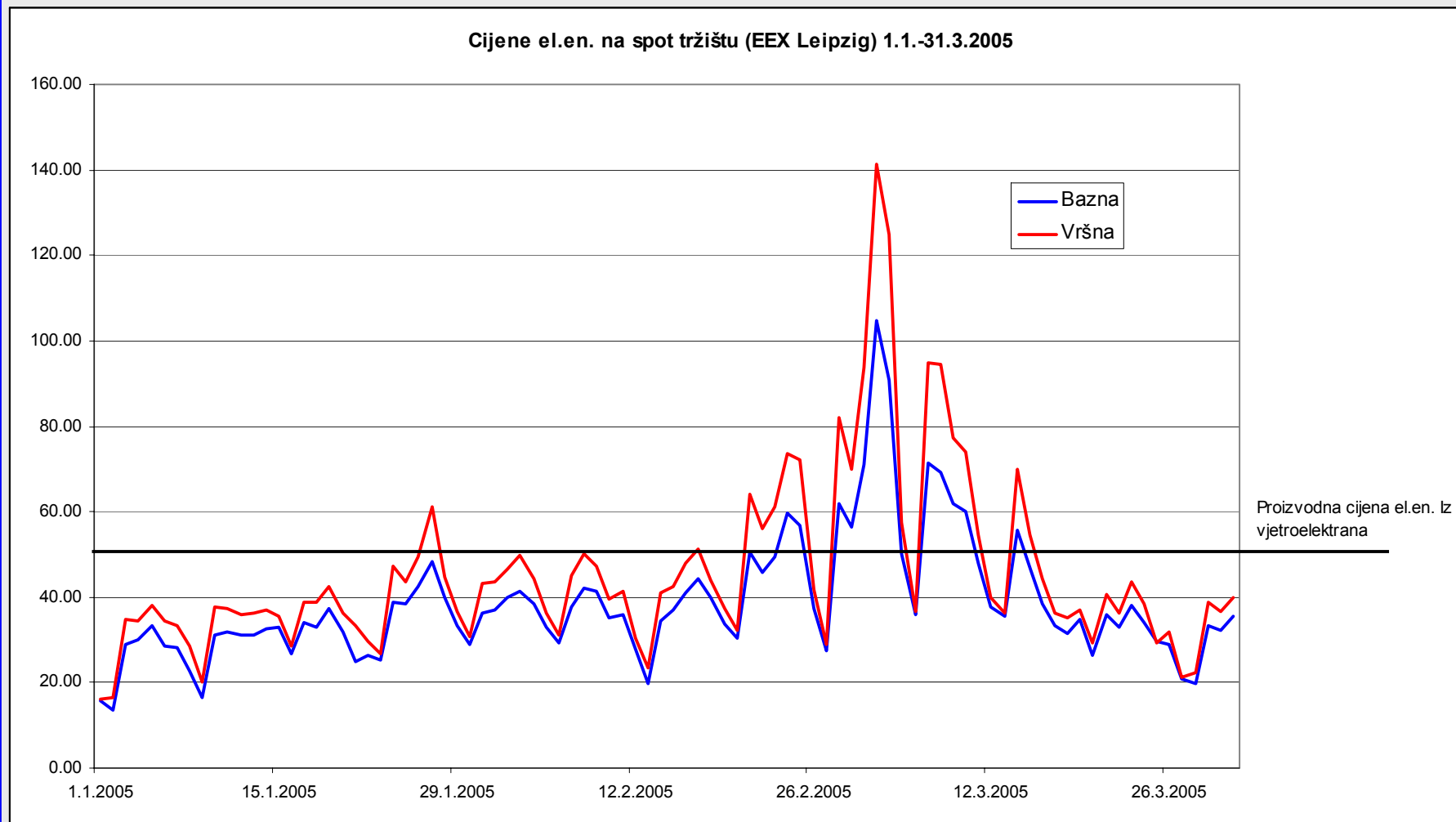
3/2004-3/2005



53\$/barel → cijena el.en. iz termoelektrane na mazut je 60EUR/MWh

Prosječna proizvodna cijena el.en. iz vjetroelektrana je 50EUR/MWh

Primjer: tržišne cijene el.en.



Situacija u RH: kratka kronologija (1)

- Kraj 80-tih, početak 90-tih: Uključivanje znanstveno-istraživačkih institucija u područje vjetroenergetike (primjer: FESB Split, znanstveni projekt “Ekspertni sustav za korištenje energije vjetra”)
- Sredina 90-tih: početak poduzetničkih aktivnosti na istraživanju vjetropotencijala (prvi ozbiljniji pokušaj: otok Vis)
- Krajem 90-tih: Hrvatska elektroprivreda izrađuje dokument “Projekti vjetroelektrana u Hrvatskoj”
- Krajem 90-tih: Energetski institut “Hrvoje Požar” radi na nacionalnom energetsom ENWIND, te izdaje dvije publikacije (1998. i 2001.)

Situacija u RH: kratka kronologija (2)

- 2001. godina: Stupanje na snagu temeljne zakonske regulative u energetsom sektoru
 - Obnovljivi izvori energije se načelno stavljaju u prioritetan položaj
 - Potrebna podzakonska regulativa (još uvijek!) nije donesena
- Proteklih nekoliko godina:
 - Uključivanje makrolokacija za izgradnju vjetroelektrana u prostorne planove nekih županija
 - Priprema zakonske regulative
 - Širenje poduzetničkih aktivnosti na istraživanju vjetropotencijala i pripremi lokacija za izgradnju vjetroelektrana
- 2004. god: Vladina uredba o zabrani izgradnje vjetroelektrana na otocima i 1000 m od obale
- Krajem 2004: izgrađena prva vjetroelektrana u Hrvatskoj (otok Pag, 5.95 MW)

Situacija u RH: poduzetničke aktivnosti (1)

- Veliki broj developera i potencijalnih investitora, prvenstveno na području Dalmacije
- Istražuje se više od 50 lokacija (točan broj nije poznat)
- Istraživanja provode uglavnom male privatne tvrtke
- Potencijalni kapital je uglavnom inozemni
- Pripremne aktivnosti:
 - mjerenje vjetro potencijala,
 - dogovori s vlasnicima zemljišta i lokalnom samoupravom,
 - priprema dokumentacije za lokacijske i građevne dozvole
- Pri Hrvatskoj gospodarskoj komori formirana Grupacija obnovljivih izvora energije u okviru Udruženja energetike; aktivno sudjeluje na pripremi zakonske regulative i ostalim aktivnostima na promicanju vjetroenergetike

Situacija u RH: poduzetničke aktivnosti (2)

- Prva vjetroelektrana u Hrvatskoj, VE Ravne 1, otok Pag:
 - 7x850 kW = 5950 kW instalirane snage
 - Priključena na lokalnu distribucijsku mrežu 10kV
 - Visina stupa 49 m (manje od uobičajenog zbog procjene velikih dinamičkih naprezanja - bura)
 - Promjer rotora: 53m
 - Radno područje: 4-25 m/s
 - Procjena godišnje proizvodnje: cca. 14.000 MWh
- Investitor: hrvatska tvrtka Adria wind power
- Trajanje priprema (mjerjenje, dokumentacija, ishodenje...): više od 5 godina
- Trajanje izgradnje: nekoliko meseci
- Troškovi izgradnje: cca. 6.500.000 EU (dio vlastitog kapitala tvrtke, dio kredit)
- Izgrađena na osnovu stare zakonske regulative (jer nove još nema)
- Druga faza izgradnje na istoj lokaciji za sada stopirana zbog uredbe Vlade

Situacija u RH: poduzetničke aktivnosti (3)



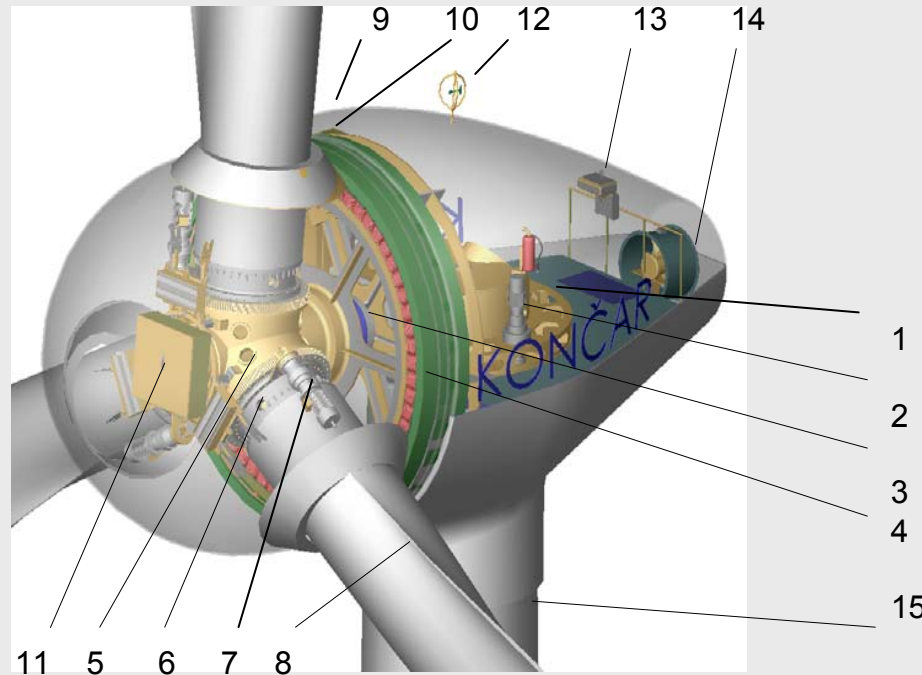
VE Ravne 1 (otok Pag)



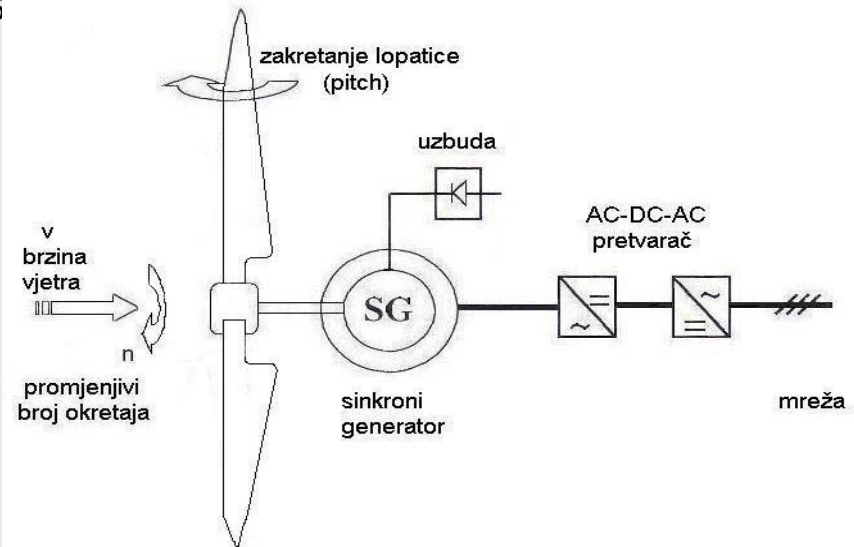
Situacija u RH: velike tvrtke (1)

- Tvrtke u koncernu KONČAR rade na projektu izrade vlastite vjetroelektrane
- Projekt vjetroelektrane (financiran dijelom od strane Ministarstva znanosti...) je završen
- Radi se na izradi prototipa i izgradnji jednog eksperimentalnog poligona
- Tehnički podaci:
 - Nazivna snaga: 750 kW
 - Visina glavčine: 50 m
 - Regulacija snage: zakretanjem lpatica (pitch)
 - Generator: sinkroni, s direktnim pogonom i promjenljivom brzinom vrtnje
 - Priključak na mrežu: pretvarač frekvencije (AC-DC-AC)

Situacija u RH: velike tvrtke (2)



- 1 Glavni nosac
- 2 Pogon zakretanja gondole
- 3 Osovinski rukavac
- 4 Generator
- 5 Rotor
- 6 Adapter lopatice
- 7 Pogon zakretanja lopatice
- 8 Lopatica
- 9 Oplata gondole
- 10 Top box
- 11 Hub box
- 12 Mjerna stanica za vjetar
- 13 Dizalica
- 14 Ventilator
- 15 Toranj



Situacija u RH: velike tvrtke (3)

- DALEKOVOD d.d.
 - Pripreme za ponudu kompletnog inženjeringa na projektima pripreme i izgradnje vjetroelektrana
 - Prethodna istraživanja, izrada projektne dokumentacije, ishodenje dozvola
 - Izgradnja priključnih dalekovoda, trafostanica, kablenskog raspleta i montaža opreme itd.
 - Mogućnost vlastitog učešća u troškovima i kooperacije s partnerima
- Ostale tvrtke, mogućnosti:
 - Elektrooprema (Končar)
 - Stupovi (Đuro Đaković, brodogradilišta)
 - Građevinski radovi - pristupne ceste, iskopi, temeljenje...
 - ...

Situacija u RH: vjetropotencijal i problemi

- Vjetropotencijal u Hrvatskoj je veći od trenutno objektivnih mogućnosti izgradnje vjetroelektrana
- Konkretno procjene nije moguće dati zbog:
 - nedovoljno istraženog vjetropotencijala
 - ekonomski iskoristivi vjetropotencijal raste (porast cijena proizvodnje el.en. iz drugih izvora)
- Realno se može računati sa cca. 500 MW snage vjetroelektrana koja može ući u sustav bez većih tehničkih problema
- Problemi:
 - zakonodavstveno/regulatorni okvir
 - “papirologija”: koncesijska prava, imovinsko-pravni odnosi, zakonska regulativa (na svim razinama)
 - priključak na električnu mrežu: troškovi, mogućnost prihvata i transporta snage i energije, tehnička regulativa
 - financiranje: osiguranje kapitala, kamatne stope, rizici
 - potpora domaće industrije, projektantskih tvrtki, istraživačkih ustanova (neiskustvo)

Situacija u RH: zakonodavstveno/regulatorni okvir (1)

- Podzakonski akti koji su trenutno u fazi izrade:
 - Odluka o minimalnom udjelu obnovljivih izvora energije...
 - Pravilnik o uvjetima za stjecanje statusa povlaštenog proizvođača električne energije
 - Pravilnik o korištenju obnovljivih izvora energije
 - Mrežna pravila, opći uvjeti opskrbe električnom energijom, pravilnik o naknadi za priključenje na elektroenergetsku mrežu
- Navedeni akti:
 - rade se već godinama (od sredine 2001.),
 - trebali su biti doneseni u prvoj polovini 2002.g.
 - draft verzija prva tri zakona predstavljena je u rujnu 2003.
 - indikacije su kako će se ipak donijeti tijekom ove godine
- Ostaje problematična odluka Vlade RH o zabrani gradnje vjetroelektrana na otocima i 1000 m od morske obale
- Ostaje potpuno nejasno pitanje koncesija odnosno pravo prvenstva na lokacije koje su u državnom vlasništvu
- Ostaju netransparentni uvjeti vezani za utjecaj na okoliš i brojne druge “sitnice”

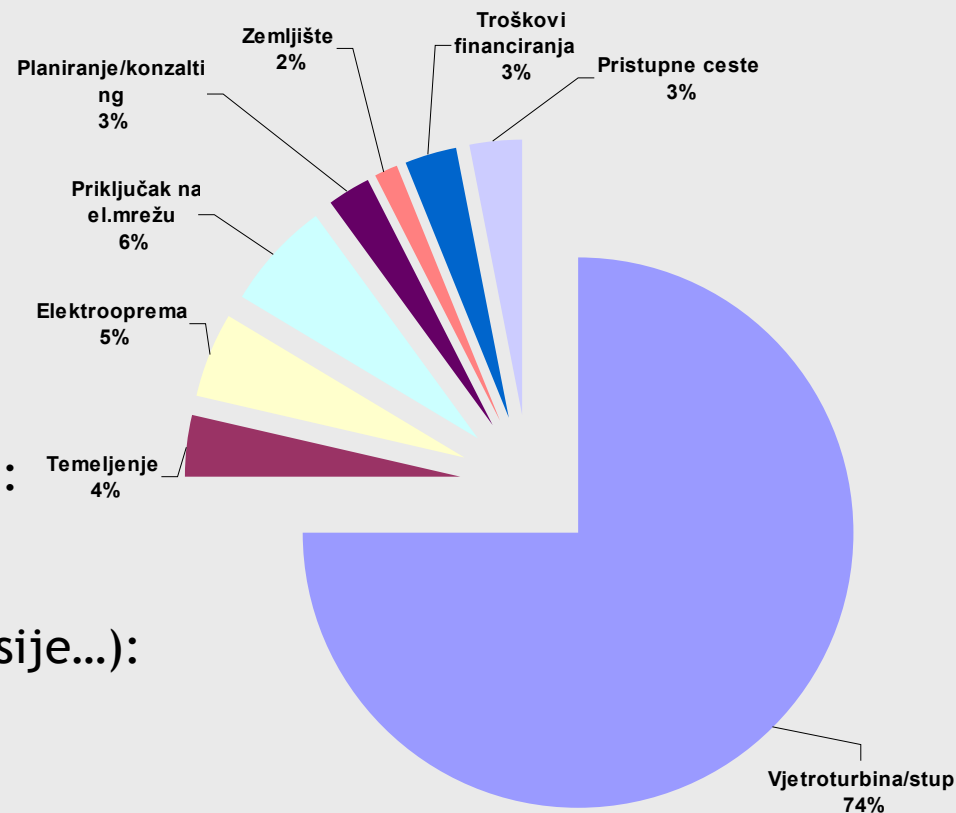
Situacija u RH: zakonodavstveno/regulatorni okvir (2)

- U draft verziji (2003.g.) “Odluke o minimalnom udjelu obnovljivih izvora energije ...” predloženo je 300MW snage ili 4.5% energije koje bi opskrbljivači trebali preuzimati iz obnovljivih izvora (do 2010.g.)
- U “Pravilniku o uvjetima stjecanja...”:
 - definiraju se uvjeti, postupak za stjecanje statusa i prava povlaštenog proizvođača
 - vjetroelektrane bez obzira na snagu i mjesto priključka ulaze u kategoriju povlaštenih proizvođača
- U “Pravilniku o korištenju obnovljivih izvora energije” definiraju se ekonomski uvjeti i regulativa otkupa el.en. iz obnovljivih izvora
 - tzv. “feed-in” tarife, tj.
 - po fiksnoj cijeni, vjerojatno u razini cijena EU (cca. 65 EUR/MWh)
 - Takva cijena osigurala bi isplativost investicija na povoljnim lokacijama bez većeg rizika
- Nameće se i pitanje: može li se pronaći mehanizam potpore domaćoj industriji, iako je veliko pitanje možemo li u bilo kojem segmentu biti konkurentni

Situacija u RH: Je li el.en. iz vjetroelektrana skupa? (1)

MALO EKONOMIJE - PRIMJER:

- Prosječna cijena vjetroparka: 1000 EUR/kW
- Ukupni prosječni troškovi proizvodnje (investicijski, održavanje, osiguranje, ...): cca. 50 EUR/MWh
- Za vjetropark snage 20MW:
 - Troškovi izgradnje **20.000.000 EUR**
 - Godišnja proizvodnja (uz faktor angažiranja 25%): **43.800 MWh**
 - Godišnja vrijednost el.en. uz otkupnu cijenu 65 EUR/MWh: **2.847.000 EUR**
 - Godišnji troškovi rada (održavanje, osiguranje, koncesije...): **800.000 EUR**
 - Vrijeme povrata investicije uz kamatnu stopu 5%: **13 godina**



Situacija u RH: Je li el.en. iz vjetroelektrana skupa? (2)

- Odgovor nije moguće dati!
- Trenutna prosječna proizvodna cijena el.en. u RH je ispod proizvodne cijene el.en. iz vjetroelektrana (veliki udio HE i amortiziranih TE)
- Međutim: marginalna cijena proizvodnje/uvoza el.en. u RH (cijena proizvodnje najskuplje elektrane ili uvoza) je iznad proizvodne cijene el.en. iz vjetroelektrana!
- Međutim: cijena proizvodnje el.en. iz bilo koje nove klasične elektrane u RH već sada teško može biti manja od proizvodne cijene el.en. iz vjetroelektrana!
- Uz to treba uvažiti i dodatne **+eve** za vjetroelektrane: obnovljivi izvor/Kyoto protokol/eksternalije...
- Isto tako treba istaknuti i dodatne **-e** za vjetroelektrane: izazivanje sistemskih troškova, prvenstveno u smislu nepredvidive proizvodnje i nemogućnosti garantiranja snage

Situacija u RH: Zaključak - prioritetni pravci

- Kompletiranje zakonske regulative po uzoru na EU
- Pojednostavnjenje procedure za unos potencijalnih lokacija za izgradnju vjetroelektrana u prostorne planove
- Općenito uklanjanje administrativnih barijera
- Pronaći način za potporu domaćoj industriji u ponudi za izgradnju vjetroelektrana
- Pronaći način za povoljno kreditiranje/financiranje projekata izgradnje vjetroelektrana (i općenito obnovljivih izvora energije)
- Edukativna, znanstveno-istraživačka i stručna potpora