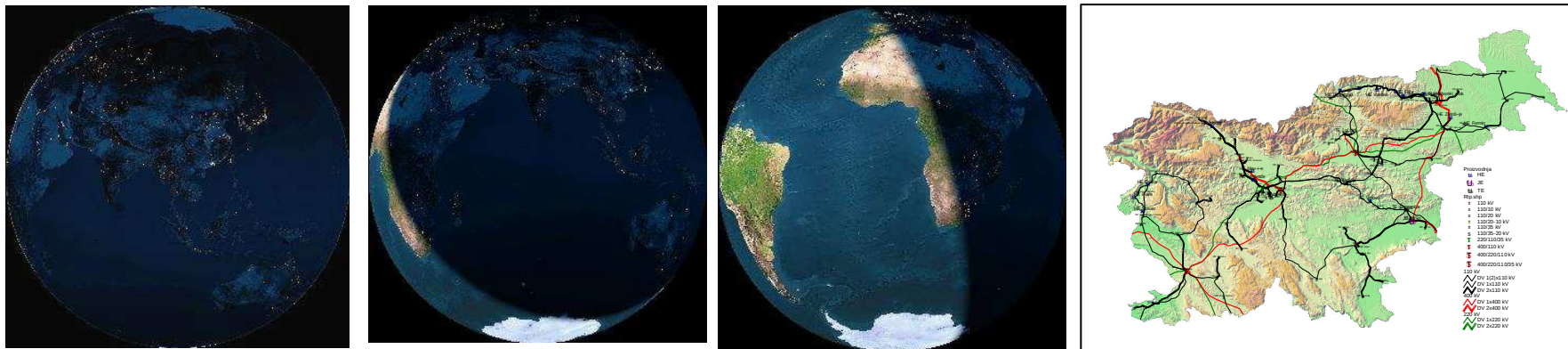


Tehnološki razvoj energetike in vplivi na slovensko strategijo razvoja

Možnosti racionalizacije rabe energije/električne energije in energetske gostote izbranih virov



Krešimir Bakić

Predsednik Slovenskega združenja elektroenergetikov CIGRE-CIRED



NAČRT PREDSTAVITVE

- 1. Vizija razvoja energetskega/elektroenergetskega sistema**
 - 2. Razlike med racionalno rabo energije in elektrike!**
 - 3. Problematika vključevanja OVE in razpršenih virov**
 - 4. Tehnološki razvoj in energetske gostote virov**
 - 5. Kaj prinašajo novi kazalci za energetske vire (EROEI)?**
 - 6. Kaj si lahko obetamo od pametnih omrežij (SmartGrids)?**
- 7. Sklepi**



1. Vizija razvoja energetskega/elektroenergetskega sistema

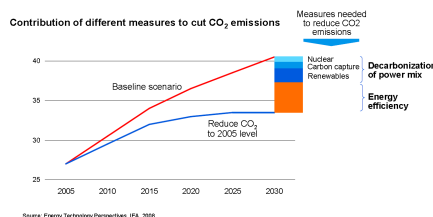
Energetika v svetu Vir: IEA

	Končna energija (TWh)	Električna energija (TWh)
2007	137.000	16.500
2015	150.000	20.000
2030 - Blue	184.000	30.000

Leto 2005 – 15 000 TWh		Leto 2030 – 30 000 TWh	
Premog	40%	Premog	35%
Nafta	6 %	Nafta	2 %
Plin	20%	Plin	20%
Nuklearna	16%	Nuklearna	15%
Hidro	16%	Hidro	18%
Obnovljivi	2 %	Obnovljivi	10%
66% - fosilna goriva		53% - fosilna goriva	
34% - nefosilna goriva		47% - nefosilna goriva	

Tri temeljne usmeritve razvoja:

1. Porast porabe
2. Zanesljivost oskrbe
3. Reduciranje CO₂ (trajnostni razvoj)

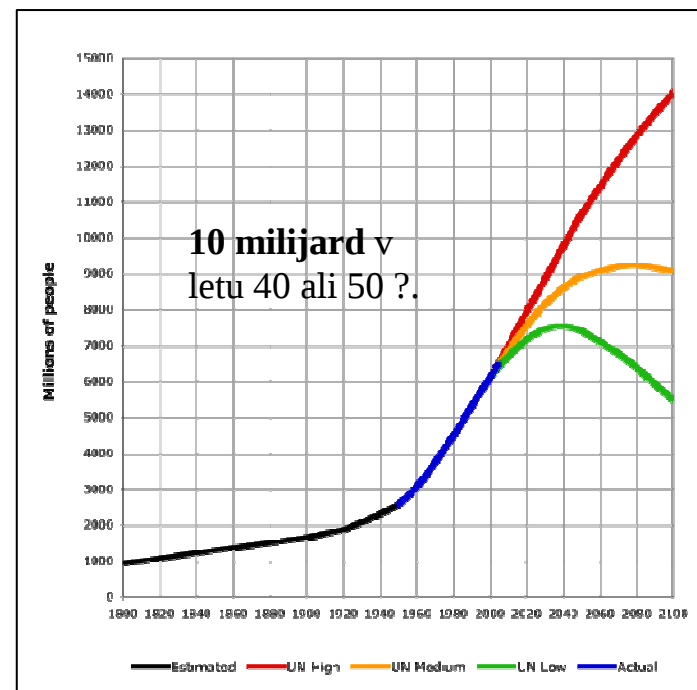


Predvideni porast električne energije bo 2x porast energije.

Porast instalirane moči el. energ. sistema:
3500 GW (2007) → 8000 GW (2030)

Problem: zahtevana zanesljivost oskrbe čedalje večja

Prirast prebivalstva: 110/min.



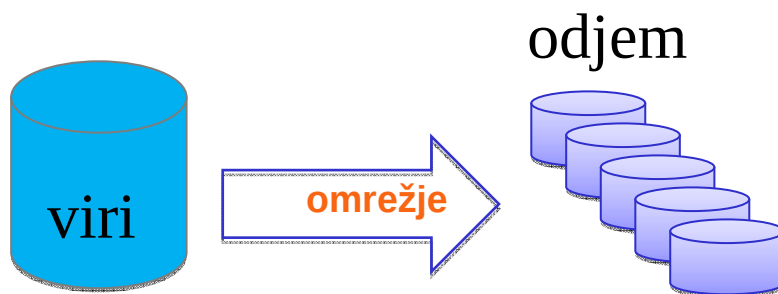
Porast prebivalstva v svetu

GZS, 28. februarja 2011 – OMIZJE Strateškega sveta za politiko energije pri GZS 2



VIZIJA RAZVOJA ELEKTROENERGETSKIH SISTEMOV

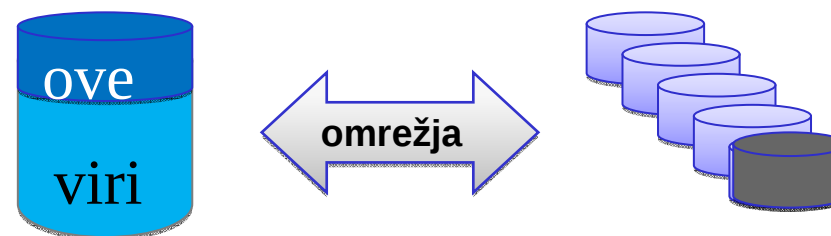
Elektroenergetski sistem 20. stoletja



viri so
koncentrirani in v
celoti napovedljivi

odjem je v celoti
stohastičen

Elektroenergetski sistem 21. stoletja



Nekateri viri so
stohastični in
razpršeni (OVE)

odjem je delno vodljiv

Vir: Dobeni, predsednik ENTSO-E

KLJUČNI GONILNIKI RAZVOJA TEHNOLOGIJ



Povečanje energetske učinkovitosti je temeljno vodilo razvoja tehnologij.

Glavno vlogo bosta imela **razvoj** in **raziskave**.

Ključ za konkurenčno prednost so **inovacije**.

Tehnološki trendi:

- Kakovost in zanesljivost, boljše izkoriščanje opreme,
- Večja uporaba ICT, globalizacija, integracija poslovnih procesov, zmanjšanje dimenzij naprav, krajši časi dobave.

Integracija in izkoriščanje OVE je fokusno področje energetike.

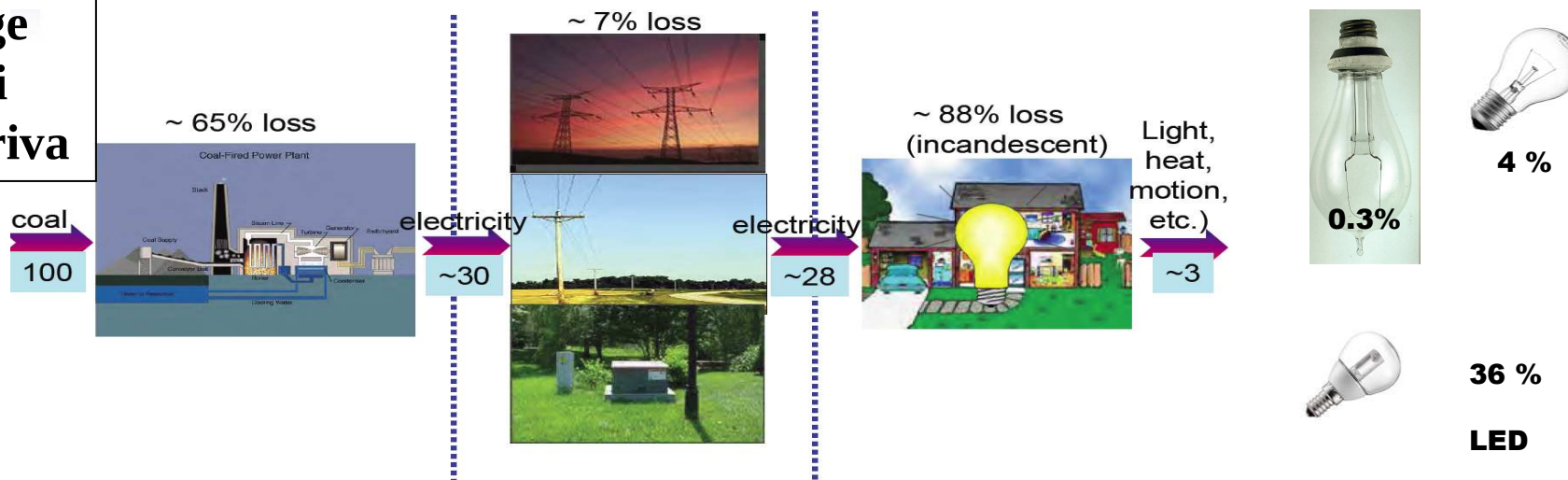
Izgube energije brez upoštevanja izgub nahajališča

	Izgube v %
Energetske transformacije	32
Transport, distribucija in shrambe	3
Na strani porabe	65

Stopnje delovanja energetike

	Sedanje tehnologije	Prihodnje tehnologije do leta 2030
Izkoristek energetskega nahajališča	60%	75%
Energetske transformacije	70%	80%
Transport, distribucija in shranjevanje	96%	98%
Poraba: Industrija, promet, mali odjem	50%	60%
SKUPAJ	20%	35%

Primer verige učinkovitosti fosilnega goriva





EU strateški
projekti in
**vpliv na
prihodnjo ceno
električne
energije**

Projekti masovne vključitve OVE v EES



Wind
300 GW
25 000 km²
5000 x 10 km

Predvidene investicije za
HVDC+HVAC omrežje ca.
50 milijard Euro za 100 GW-
no zmogljivost omrežja.

EU komisar nedavno:
1 Mld Evro/leto za omrežje



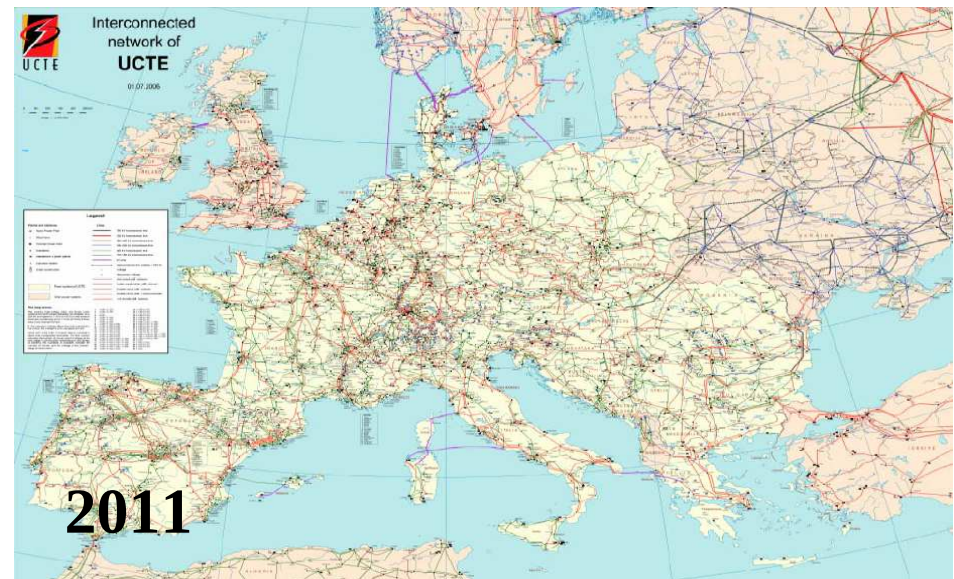
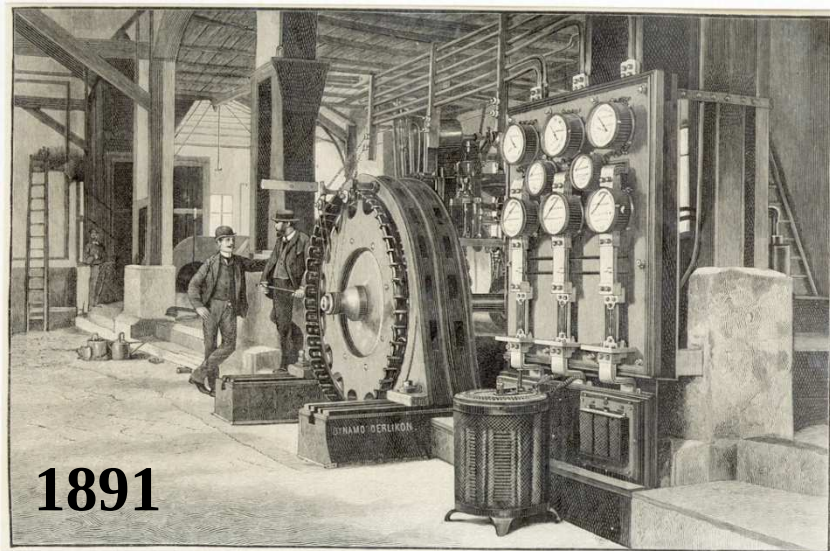
Solarno-termalni
700 GW
8000 km²
90 x 90 km



Zakaj bo električna energija igrala še pomembnejšo vlogo?

Pričakovani delež električne energije v končni rabi energije **40%-50%**

1. Obnovljivi viri - povečanje učinkovitosti energetskega sistema kot celote
2. Električna omrežja
3. Nove tehnologije – **e-mobilnost**
4. Nova delovna mesta – **novi produkti**





2. Razlike med racionalno rabo energije in el. energije!

Izgube v prenosnem in distribucijskem omrežju

Območje	Izgube v %
Evropa	7.3
S. Amerika	7.1
J. Amerika	18.3
Japonska	9.1
Kitajska	9.5
Indija	7.2
Afrika	10.0
SVET	9.2

Deleži izgub

	TR/postaje	Vodi	skupaj
prenos	6%	19%	25%
distribucija	31%	44%	75%

Vir: CIGRE

Kaj nam lahko prinesejo nove tehnologije ?

1. NOVI MATERIALI, za vodnike in tudi druge elemente sistema,
2. Super prevodni elementi (HTS) lahko naredijo revolucijo v energetiki,
3. Shranjevalniki električne energije,
4. IT , senzorji, tehnike vodenja,
5. Tehnologije razpršenih virov,
6. Napredne polprevodniške tehnologije (FACTS...)

30% izboljšanje

Superconductor Power Cables





3. Problematika vključevanja OVE in razpršenih virov

- Kaj so realni problemi počasne penetracije OVE v energetiko?
 - a) energijska gostota , kWh/kg ali kWh/l
 - b) gostota moči, W/kg, W/l
 - c) stroški,

Koliko prostora (zemljišča) potrebujemo (W/m²) za določeno instalirano moč vira?

- Etanol iz kuruze 0,05 W/m² - zahteva veliko prostora,
- Veterna elektrarna 1,2 W/m² - PV solarna okrog 6,7 W/m²
- Vir zemlj. plina 28; naftni vir okrog 27 W/m²
- JE ca. 56 W/m²

Problematika omrežja pri OVE !!



Tehnični problemi vključevanja OVEE in razpršenih virov, ki jih je potrebno raziskati

1. ODJEM - KONICA

- Scenariji z upoštevanjem učinkovitejše rabe in vplivi elektrifikacije cestnega transporta
- Aktivni DSM

2. ARHITEKTURA OMREŽJA

- Razvoj obstoječega omrežja
- Novo AC-DC omrežje in strukture
- Off-shore/on-shore omrežje, design/sigurnost standardi
- Agregacija neodvisnih celic (microgrids, VPP, ...)

3. OPTIMIZACIJA, SIMULACIJE IZRAČUNOV

- Modeliranje nove opreme
- Več kriterijske in probabilistične metode, metode analiz tveganj
- Obratovalno in sistemsko načrtovanje v kontekstu razvoja trga
- Napovedi energetskih bilanc

4. TRG

- Modeli in pravila za aktivno udeležbo odjemalcev na trgu
- Bodoče procedure regulacije trga
- Incentive mechanisms for markets integration
- Stable rules for ensuring investments return

5. EMS IN VODENJE

- Sigurnost obratovanja upoštevajoč negotovosti nove arhitekture omrežja
- Aktivno upravljanje omrežja.
- Komunikacije in obratovanje med TSO-ji
- Centri vodenja za OVEE
- PQ nadzor

6. UPORABA ICT Z INFRASTRUKTURO Z 2-SMERNO KOMUNIKACIJO.

- Izmenjava podatkov med tržnimi operaterji
- Monitoring sistema
- DSM in proizvodnja EE, dispatching
- Transparentnost za vse uporabnike

7. MATERIALI

- Inovativni senzorji, supra prevodnost (HTS)

8. SHRANJEVALNIKI

- Nove funkcije in tehnologije za prekinjajoče OVEE
- Vloga električnega cestnega transporta

9. KONCEPTI NOVIH POSTAJ

- Zaščita, fleksibilnost, zanesljivost.
- Off-shore postaje za vetrne elektrarne

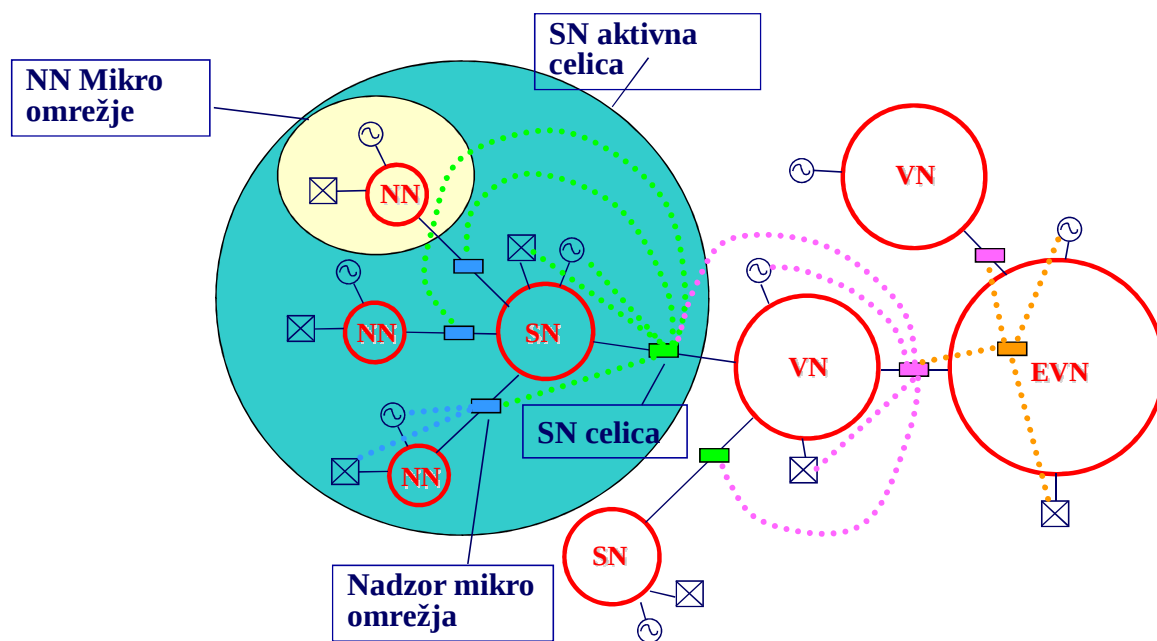
10. DRUŽBENO EKOLOŠKA PROBLEMATIKA

- Vloga elektrike pri ublažitvi klimatskih sprememb
- Družbena odgovornost razvoja

Arhitektura bodočih omrežij

Združitev neodvisnih celic (mikro omrežja, VPP, ...)

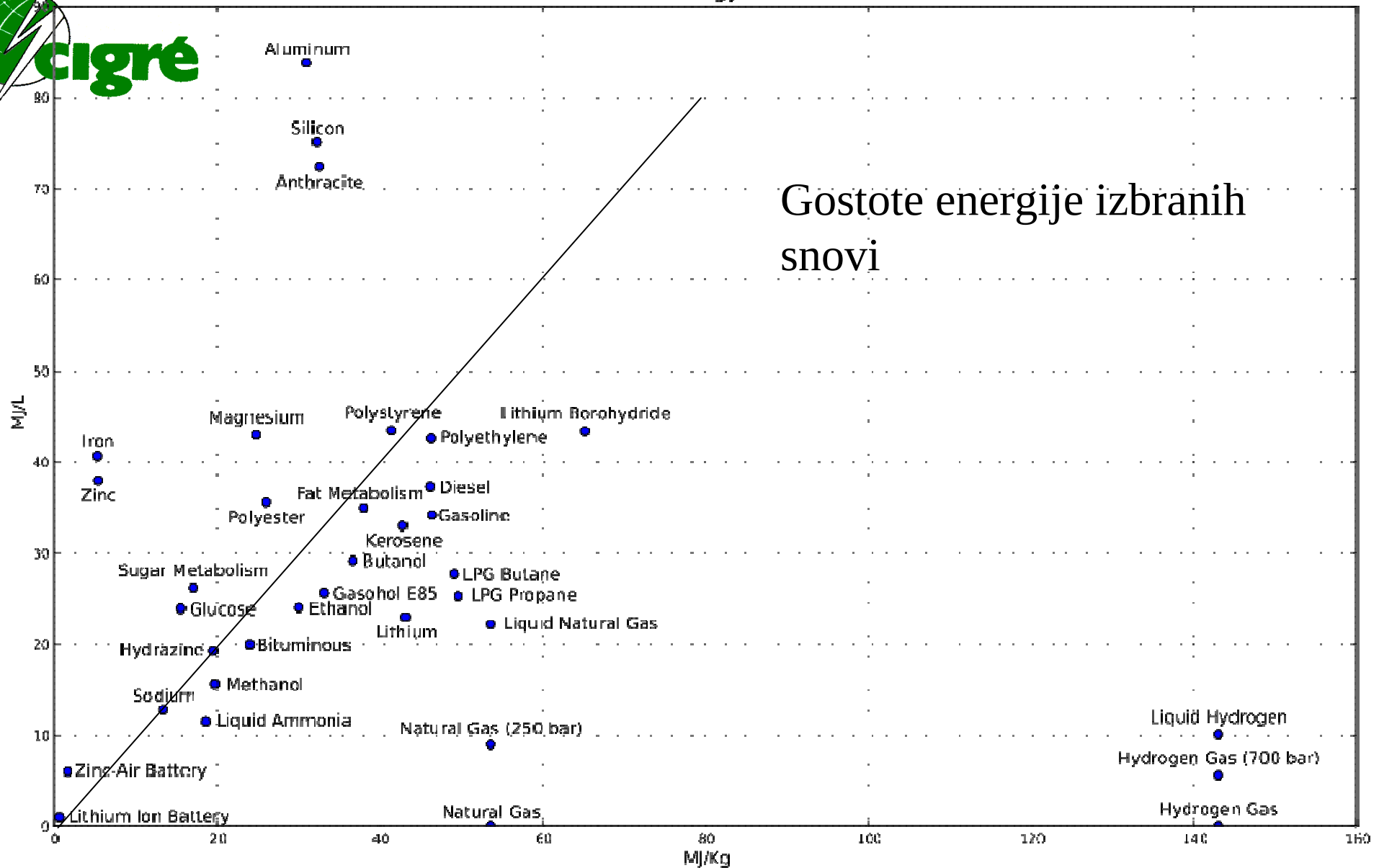
**Razvoj obstoječih omrežij –
Nova AC-DC omrežja in nove
omrežne strukture**

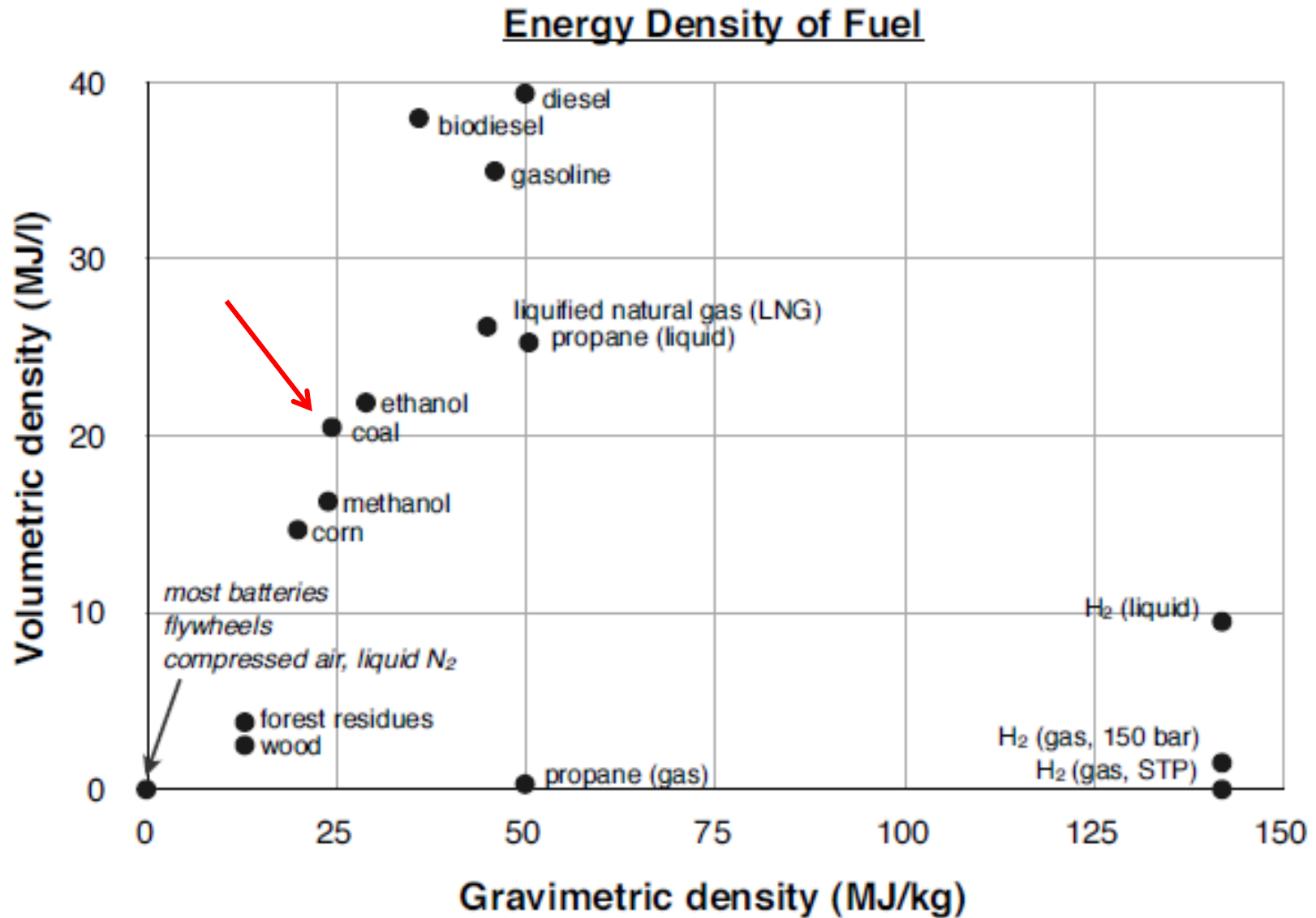


- Prenosno omrežje se bo moralo spremeniti s tako velikim številom OVE.
- Glavni problem z OVEE bo spremenljivost teh virov in paralelni pretoki po sosednjih omrežjih, ki bodo naraščali z naraščanjem OVEE.
- Razmišlja se o dveh rešitvah prihodnjega prenosa: ali ojačiti obstoječe po enakih koridorjih ali zgraditi novo interkontinentalno omrežje.
- Ključ za reševanje problemov spreminjajočih se OVE bo upoštevanje različnosti konic odjema po kontinentu in večja fleksibilnost virov in omrežja.

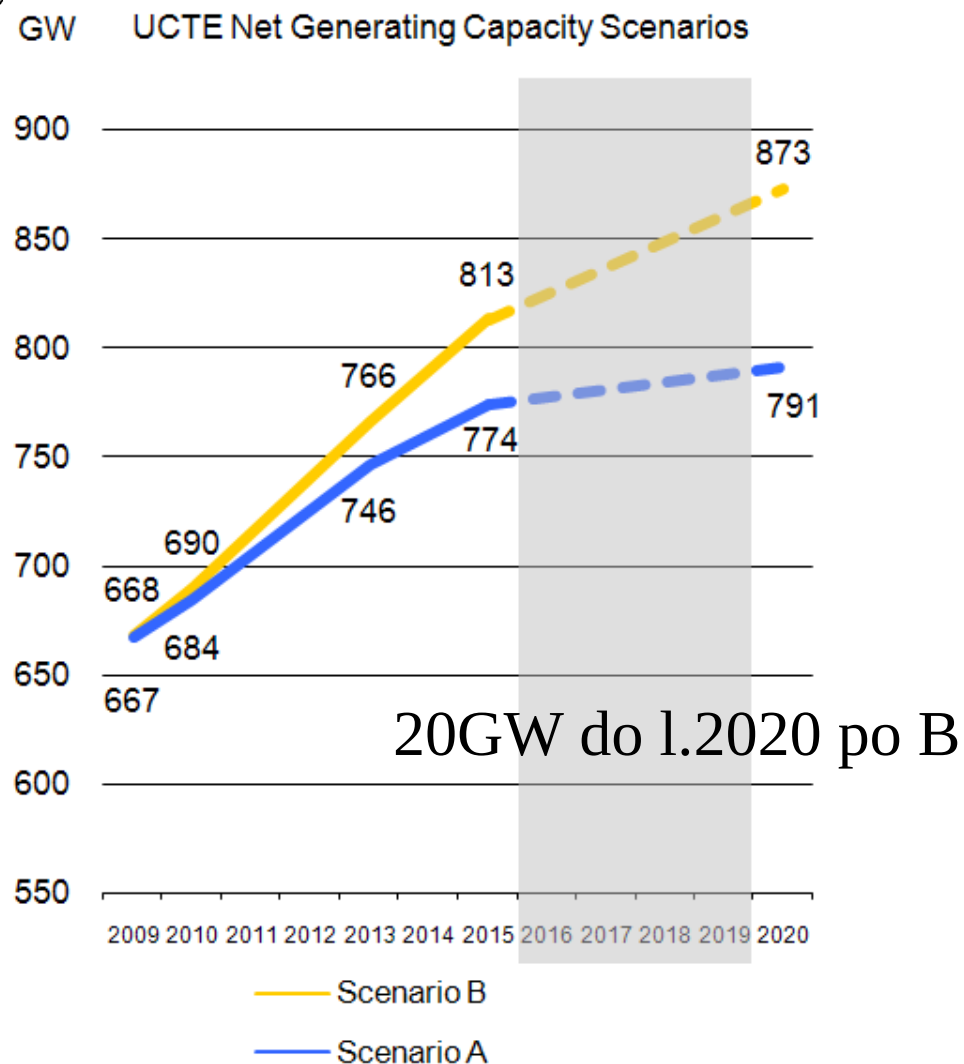
A. Invernizzi, C. Ray, M. Szechtman

Selected Energy Densities





4. Tehnološki razvoj in energetske gostote virov



Shranjena specifična energija	(MJ/kg)	(MJ/L)
Vodik, tekoči	143.0	10.1
Vodik, plin	143.0	0.01079
Zemeljski plin	53.6	0.0364
Bencin	46.4	34.2
Dizel/ kurilno olje	46.2	37.3
Biodizel	42.2	33
Surova nafta	46.3	37
Črn premog, antracit	32.5	72.4
Etanol	30.0	24
Šota	17.7	
Lignit	14.0	
Baterije Li obnovljive	3.6	



Tehnologije za konverzije v električno energijo

Učinkovitosti tehnologij za TE

Tehnologija	Obr. ure %	Izkoristek η	Okvirna cena Euro/kW	Inst. Moč MW
PCC rjavi/lignit	85	43	1600-2500	600
PCC rjavi/lignit s CCS	85	37	3000	740
PCC črn premog	85	46	1600	800
IGCC rjav premog	85	45		400
IGCC črn premog (ZDA)	85	32		380
FBC superkritical rjav	85	40		300

PCC lignitne elektrarne z višjimi instaliranimi močmi imajo višje izkoristke (39-46%)

V prihodnosti bodo TE delovale pri 350 barov/700 °C, z izkoristkom okrog 50%.

PPC ... pulverized coal combustion

IGCC ... integrated gasification combined cycle

FBC ...fluidized bed combustion

CCS ... carbon capture and storage

Vir: IEA, NEA, Projected cost of generating electricity, 2010.



Tehnologije za NE

Tehnologija	Obr. ure %	Okvirna cena Euro/kW	Inst. Moč MW
PWR	85	3200 (DE)	1600
EPR-1600	85	3600 (VGB)	1600
APWR, ABWR	85	2300 (EPRI)	1400
poprečje		3200	

Učinkovitost tehnologij za PE

Tehnologija	Izkoristek η	Okvirna cena Euro/kW	Inst. Moč MW
CCGT (Nemčija)	57-60	800	800
CCGT s CCS (ZDA)	40	1500	400

CCGT ... combined cycle gas turbine

VE- onshore tehnologije bodo izboljšane do 2020 (cena naj bi bila ca. 1000 Euro/kW)

VE- offshore tehnologije bodo izboljšane do 2020 (cena naj bi bila ca. 2000-2300 Euro/kW)

PV viri se bodo drastično pocenili v naslednjih letih.

Do leta 2030 na bi bilo 1000-1200 Euro/kW.

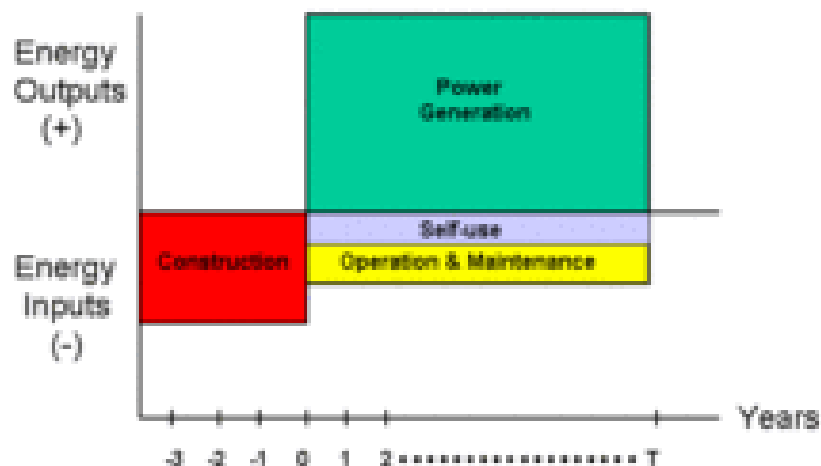
Obnovljivi viri – sedanje stanje

OVE/tehnologija	Obr. ure %	Neto zmogljivost MW	Okvirna cena Euro/kW	Vir informacije
VE - onshore	21-41	2-100	1500 - 2800	Švica
VE - offshore (ob obali)	34	100	2800	Eurelectric
VE- offshore (daleč)	43	100	3400	Eurelectric
Solarne PV	10-24	0.002-20	3000 - 5000	IEA
HE – pretočne	80	1000	2700	Eurelectric
HE – črpalne	29	1000	2100	Eurelectric
HE – Three Gorges	53	18134		IEA
Biomasa	85	10		IEA
Geotermalna	70	5	9900	Češka
Geotermalna	87	50	1300	ZDA



5. Kaj prinašajo novi kazalci za energetske vire (EROEI)?

EROEI= energy return on energy investment



Technology	Average EROEI
Coal no CCS	5.5
Coal w. CCS	1.5
Solar thermal elec.	9.9
Gas no CCS	3.5
Gas w. CCS	2.2
Nuclear	10.9
PV	8.3
Tidal range	115.9
Tidal stream	14.9
Wind	25.0
Wave	12.0

TABLE 2: COMPARING CURRENT FUEL SOURCES

	Annual electricity produced (TWh)	Reserves	EROEI
Fossil Fuels	11,455	finite	Coal 50:1 Oil 19:1 Natural gas 10:1
	Annual electricity produced (TWh)	Potential electricity production (TWh)	EROEI
Hydropower	2894	8680	11:1 to 267:1
Nuclear	2626	5300	1.1:1 to 15:1
Wind	160	83,000	18:1
Biomass power	218	NA	NA
Solar PV	8	2000	3.75:1 to 10:1
Geothermal	63	1000 – 1,000,000	2:1 to 13:1
Solar thermal	1	up to 100,000	1.6:1
Tidal	.6	450	~ 6:1
Wave	~ 0	750	15:1

Table 2. Global annual electricity generation in terawatt-hours, estimated existing reserve or potential yearly production, and EROEI.²⁴ The largest current source of electricity (fossil fuels) has no long-term future, while the sources with the greatest potential are currently the least developed.



Bodoči energetski scenariji

- Mešanica različnih virov na osnovi OVE (povezani na vseh napetostnih nivojih), visoka učinkovitost TE (velike in majhne CHP enote), NE, shranjevalniki energije (makro ali mikro, vključujoč HEV in EV),
- Naraščanje odjema **električne energije**, ki postaja najpomembnejši vir za elektrifikacijo transporta,
- Zniževanje odjema energije zaradi ukrepov učinkovite rabe energije,
- Boljši nadzor nad odjemom z vodenjem porabe in na splošno DSM,
- Porast izmenjav zelene električne energije med sistemi na nacionalnem, kontinentalnem in med-kontinentalnem nivoju.

6. Kaj si lahko obetamo od pametnih omrežij (SmartGrids)?

Priložnosti za slovensko gospodarstvo.

Vizija podobna
Definicije različne



- Vključuje končne odjemalce kot aktivne udeležence
- Izboljšuje učinkovitost sistema
- Omogoča vključevanja OVE in električnega prometa
- Zagotavlja zanesljivost oskrbe



Električno omrežje prihodnosti

- Visoko učinkovito, fleksibilno in zanesljivo, ki bo omogočalo visoko kakovost oskrbe z električno energijo.
- Zmožno bo vključiti katerikoli OVEE, katerekoli velikosti in katerekoli tehnologije,
- Sposobno bo podpreti interaktivnost med generatorji kateregakoli napetostnega nivoja in končnih odjemalcev na odprtem trgu električne energije
- Omogočalo bo transparentnost informacij. Oblikovano bo tako, da bo pretok informacij dosegljiv vsem uporabnikom omrežja – natančno in zanesljivo
- Na kontinentalnem nivoju bo v celoti interoperabilno
- Sposobno bo zagotoviti dolgoročne investicije, ki se bodo skladale z investicijami v obstoječi sistem



Energetski kazalniki Slovenije zadnjih deset let (vir: SURS)

	enota	2000	2005	2008	2009
Oskrba energijo z	1000 toe	6.487	7.307	7.749	6.990
Končna poraba	1000 toe	4.638	5.182	5.519	4.891
Domača proizvodnja	1000 toe	3.152	3.495	3.672	3.541
Energetska odvisnost	%	52	53	55	49
Poraba EE /BDP	MWh/mio EUR ₂₀₀₀	577	581	500	478
Poraba EE na prebivalca	kWh/preb.	5.413	6.425	6.369	5.580
Delež električne energije iz obnovljivih virov v bruto porabi EE	%	32	24	29	37

L. 1990 je bilo **skupno slovensko** elektrogospodarstvo preoblikovano v samostojna javna podjetja za prenos in distribucijo električne energije, ELES, Elektro distribucijska podjetja ter proizvodna podjetja.

S tem se je končalo 20-letno obdobje najhitrejše rasti slovenskega EES, ki je v tem času povečalo instalirano moč s **996 na 2671 MW**, zgradilo

novi 400 kV omrežje, veliko distribucijskih postaj in se povežalo z Italijo in Avstrijo.

SKLEPI

1. Slovenska strategija razvoja energetskega gospodarstva mora upoštevati predvsem **zanesljiv, cenovno konkurenčen in ekonomičen** prihodnji razvoj. Viri prihodnje oskrbe bodo mešanica zelo učinkovitih TE/NE/HE, ter OVE in shranjevalnikov energije, ki bodo na vseh napetostnih nivojih. Pri tem je potrebno posebno pozornost posvetiti energetske odvisnosti.
2. Neizkoriščene HE vire je potrebno čim prej začeti izkoriščati. Projekt e-mobilnost je treba nujno povezati s srednjesevskim HE projektom.
Oba nudita slovenski industriji velike priložnosti.
3. Razvoj pametnih omrežij je velika priložnost za nov zagon slovenske industrije.
4. NEP mora upoštevati prioriteto – razvoj slovenskega gospodarstva.
5. Razvoj slovenske energetike, zlasti elektroenergetike je potrebno organizirati na bolj ustrezen način. Nacionalni programi so samo programi. Potrebujemo sistematičen in kontinuiran študij razvoja. Sedanje okolje je zelo negotovo in potrebuje več znanj in študija, kot ga je možno realizirati skozi NEP.



Nek nobelovec je nekoč rekel:

“ Ko pametni utihnejo, norci se razgovorijo, lumpi pa obogatijo”

Hvala za pozornost.