

ELEKTROENERGETIKA  
DELOVNI MATERIAL  
Predavanja  
2012/2013

Marko Čepin  
marko.cepin@fe.uni-lj.si

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani

# Potek dela

- Predavanja
  - Zapiski predavanj – lastni zapiski študenta
  - Knjiga (prosojnice predavanj)
- Vaje
  - Sodelovanje
  - Skupine
  - Izdelki
- Izpiti: pisni in ustni
  - Pogoji za izpit: opravljene in ocenjene vaje, prijava v e-študent, ZNANJE
- Komunikacije:
  - govorilne ure so objavljene pred kabinetom
  - elektronska pošta: ustrezna oblika (zadeva: priimek, predmet), slovnična pravilnost, vedno podpis (ime priimek, št., podatki o študiju, o predmetu, GSM ali tel. št.)
  - Dobiti mailing listo študentov za komunikacijo

# Vsebina predmeta

- Uvod, zgodovina
- Elektroenergetska omrežja in njihove značilnosti
- Diagram porabe (proizvodnje)
- Energije: vrste, izračuni, definicije
- Energenti
- Plin
- Premog
- Nafta
- Teorija vodov
- AC/DC primerjave
- Sevanje
- Topološke matrike
- Poraba električne energije
- Cene električne energije
- Cene plina
- Sončne elektrarne
- Vetrne elektrarne
- Hidroelektrarne
- Elektrarna na morske tokove
- Elektrarna na morske valove
- Elektrarna na plimo in oseko
- Sončne elektrarne
- Vetrne elektrarne
- Termoelektrarne
- Plinske elektrarne
- Elektrarne na tekoča goriva
- Električna energija na biomaso
- Trigeneracija
- Toplotna črpalka
- Izgube v hišah

# Vsebina predmeta - opisno

- Vloga in osnovne značilnosti elektroenergetskih sistemov, osnove delovanja prenosnih in distributivnih elektroenergetskih sistemov.
- Primarni viri energije, konvencionalni viri električne energije, obnovljivi viri električne energije, alternativni viri električne energije, energetske pretvorbe v električno energijo, izkoristki pretvorbe energije.
- Potrebe po energiji, značilnosti odjema električne energije, smotrna raba energije, vloga energije v družbi, vplivi proizvodnje električne energije na okolje.
- Aktualna problematika: zanesljivost dobave električne energije, kakovost električne energije, trg z električno energijo in njegovi vplivi, načrtovanje elektroenergetskih sistemov, vzdrževanje elektroenergetskih sistemov, nove tehnologije proizvodnje, prenosa, razdeljevanja in porabe električne energije, okoljevarstvena vprašanja.

# Literatura

- Zapiski predavanj
- Standard Handbook for Electrical Engineers, The McGraw-Hill, 2006
- IEA 2010, Energy Technology Perspectives: Scenarios & Strategies to 2050, OECD/IEA, Paris, <http://www.iea.org/W/bookshop/add.aspx?id=401>
- WEC 2007a, Deciding the Future: Energy Policy Scenarios to 2050, World Energy Council, [http://www.worldenergy.org/publications/energy\\_policy\\_scenarios\\_to\\_2050/default.asp](http://www.worldenergy.org/publications/energy_policy_scenarios_to_2050/default.asp)
- Encyclopedia of Energy, 2004 Elsevier Inc.

# Uvod

Energetika je zanimivo področje. Vsi bi imeli radi veliko energije, v resnici pa vse v naravi vključno s človekovim obnašanjem deluje po principu čim manjše porabe energije.

To pomeni, da v modernem življenju težimo k temu, da vsako delo opravimo s čim manj truda v smislu iskanja čim večjega učinka glede na vloženi trud.

Elektroenergetski sistem je eden najbolj kompleksnih sistemov, ki jih je razvilo človeštvo. Pri pojmu elektroenergetski sistem imamo v mislih elektrarne, povezave med njimi preko daljnovodov in transformacij med napetostnimi nivoji ter vseni sistemi, ki sodijo zraven od zaščitnih, telekomunikacijskih in računalniških.

Namen predmeta je na enem mestu zbrati in posredovati slušateljem najpomembnejša dejstva o energetiki. Najpomembnejši cilj predmeta je slušateljem predstaviti najpomembnejše praktične informacije s področja energetike.

# Uvod

Energetika je veda, ki obsega pridobivanje, trgovanje, prenos, dobavo in rabo energije. V energetiko ne štejemo energije, ki jo živa bitja uporabljajo v obliki hrane. Prav tako v energetiko ne štejemo mejnih ved kot sta na primer bioenergija in parapsihologija.

Energetika je področje, ki se ukvarja z vlogo energetskega virov, energetskih tehnologij in uporabe tehnoloških oblik energije v družbi. Vsebuje odgovore na naravoslovna in tehnološka vprašanja ter tudi odgovore na ekonomska, okoljska in sociološka vprašanja, ki so povezana z vlogo energije.

Energija je fizikalni pojem, ki pomeni sposobnost opravljanja določenega dela glede na dobavljeno energijo. Posledica spremembe oblike energije je vedno nek dogodek, ki mu pravimo delo.

Energija pomeni sposobnost sistema, da z izvajanjem določenih procesov izvede delo ali proizvede in odda toploto. Pojavlja se v različnih oblikah (npr. toplotna, potencialna, kinetična, električna, svetlobna, kemijska) in lahko prehaja iz ene oblike v drugo.

Ne moremo je uničiti in ne moremo jo narediti iz nič, lahko jo pa pretvarjamo.

# Enote za energijo in pretvorbe

*Enoto Joule uporabljamo najpogosteje za toplotno delo.*

*Enoti Nm (newtonmeter) in Ws (vatsekunda) sta najpogosteje uporabljeni enoti za mehansko in električno delo. Sicer so enote enako velike in enakovredne.*

*Energija - [J] (Joule):  $1 [J] = 1 [Nm] = 1 [kgm^2/s^2]$*

*Sila - [N] (Newton):  $1 [N] = 1 [kgm/s^2]$*

*Moč - [W] (Watt):  $1 [W] = 1 [J/s]$*

*Energija -  $1 [J] = 1 [Ws]$*

*$1 [kWh] = 3600 [kWs] = 3.6 [MJ]$*

*$1 [eV] = 1.6 \cdot 10^{-19} [J]$*

*British thermal unit [Btu] ali britanska toplotna enota je enota za količino toplotne energije (potrebna, da segrejemo 1 funt snovi za  $1^\circ F$ , z  $39^\circ F$  na  $40^\circ F$ ):*

*$1 [Btu] = 1055 [J]$*

*Tonnes of Oil Equivalent [Toe] ali tone naftnega ekvivalenta je dogovorjena enota za preračun raznih vrst energije na skupni imenovalec (energija, kjer zgori tona surove nafte):*

*$1 [Toe] = 10.034 [Gcal] = 41.85 [GJ]$*

*$1.000 [m^3]$  zemeljskega plina ima  $0,857 [Toe]$ .*

*Stare enote za moč – (konjska moč):  $1 [konjska\ moč] = 0.735499 [kW] = 735.499 [W]$*

*$1 [kW] = 1.3596 [konjska\ moč]$*



# Enote za energijo in pretvorbe

Vrednost	Merska enota
1	joule
0.238903	kalorija (15C)
0.238846	kalorija (mednarodna)
0.239006	kalorija (termokemijska)
0.000947813	Btu
6.24145E+23	elektronvolt
10000000	erg
0.0277778	kilovatna ura
2.77778E-05	megavatna ura
0.000001	megajoule
0.001	kilojoule
0.0238846	megakalorija
0.000238846	kilokalorija
0.000277778	vatna ura
1	vatna sekunda
9.47813E-14	quad
0.000948451	Btu (termokemicni)

100	centijoule
10	decijoule
0	dekajoule
0.27778	dekavatna ura
9.47816E-05	dekatherm
1E-18	exajoule
1E+15	femtojoule
6241510000	gigaelektronvolt
0.000000001	gigajoule
2.77778E-08	gigavatna ura
2.29371E+22	hartree
0.01	hektojoule
0.002778	hektovatna ura
6.24151E+20	kiloelektronvolt
6.24151E+12	megaelektronvolt
0.000001	megajoule
1000000	mikrojoule

Faktor	predpona	Simbol
1.00E+18	exa	E
1.00E+15	peta	P
1.00E+12	tera	T
1.00E+09	giga	G
1.00E+06	mega	M
1.00E+03	kilo	k
1.00E+02	hecto	h
1.00E+01	deka	da
1.00E-01	deci	d
1.00E-02	centi	c
1.00E-03	milli	m
1.00E-06	micro	μ
1.00E-09	nano	n
1.00E-12	pico	p
1.00E-15	femto	f
1.00E-18	atto	a

# Zgodovina

Prenos električne energije

Benjamin Franklin je proučeval električni naboj v 18. stoletju. Navdušile so ga strele ob nevihtah.

Alessandro Volta je leta 1800 opisal baterijo iz cinkovih in srebrnih plošč

Luigi Galvani je odkril galvansko celico: dve različni kovini in solna raztopina.

Hans Christian Ørsted je odkril povezavo med električnim in magnetnim poljem leta 1820.

Michael Faraday je leta 1821 izumil preprost električni generator - Faradayev disk. Naredil je napravo, ki pretvarja mehansko energijo v električno.

André-Marie Ampère je raziskoval elektromagnetno polje.

Werner Siemens je naredil dinamo.

Thomas Alva Edison je leta 1879 izumil žarnice. Razvil je idejo o distribuciji električne energije, vendar je bil osredotočen predvsem na enosmerni tok.

George Westinghouse je vpeljal izmenični tok. Instaliral je prvo hidroelektrarno na Niagari, ki jo je projektiral Nikola Tesla.

Nikola Tesla je nedvomno najpomembnejša oseba v zgodovini elektroenergetike.

# Zgodovina

James Prescott Joule je bil znanstvenik na področju proučevanja toplote. Leta 1840 je izpeljal formulo za količino toplote, ki se sprošča zaradi električnega toka v prevodniku. Količina te toplote je sorazmerna kvadratu toka in upornosti prevodnika.

Na osnovi vrste meritev skozi desetletje dela je ugotovil, da masa telesa, ki tehta 772 funtov in pade za 1 čevelj, povzroči dvig temperature enega funta vode za 1°F. Njegovi poskusi povezave mehanske energije in toplote so vodili do teorije ohranitve energije (prvi zakon termodinamike).

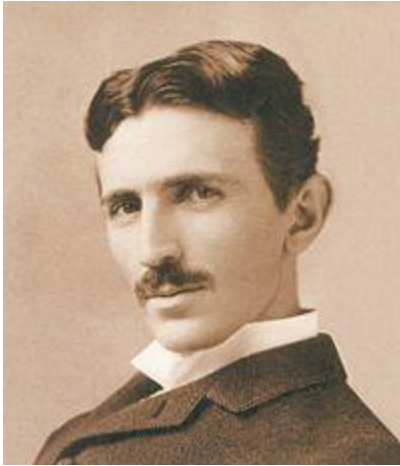
James Watt je znan kot izumitelj parnega stroja. Leta 1756 je sprejel mesto mehanika na Glasgowski univerzi, kjer je tudi opravil pomembno izpopolnitev parnega stroja, oz. takratne parne črpalke. Take stroje sta že skonstruirala npr. Angleža Thomas Savery (prvi uporaben parni stroj za črpanje vode v rudnikih okoli leta 1700, po naslednjem principu: izvajanje vakuuma oz. podtlaka so izvedli s tem, da so posodo napolnjeno s paro pod visokim tlakom ohladili oz. kondenzirali) in Thomas Newcomen (leta 1712 je skonstruiral zelo izboljššan parni stroj oz. črpalko, ki je delala s paro pri nizkih tlakih z zelo natančno izdelanimi bati in parnimi valji), ki pa so bili dokaj neučinkoviti. Watt je dobil v popravilo Newcomenovo črpalko, ki jo londonski mehaniki niso znali popraviti; stroj je popravil in nato še izpopolnil. Newcomenov stroj je bil zelo neekonomičen, saj je paro hladil v parnem valju, pri čemer je za nov "delovni takt" porabil veliko pare za segrevanje delovnega valja. Watt je k temu stroju dodal novi del - kondenzator. Kondenzator je bil vedno hladen, delovni valj pa stalno vroč. Leta 1769 je njegov stroj imel mnogo večje izkoristke in tudi deloval je mnogo hitreje, saj je odpadel dolg premor za hlajenje parnega valja.

# Zgodovina

Leta 1774 je Watt pričel z izdelavo svojega stroja, leta 1781 pa je še skonstruiral ročni mehanizem, ki spreminja premo gibanje bata v vrtenje. Wattov parni stroj je bil toliko boljši, da so Newcomenov stroj skoraj popolnoma pozabili in so ga kmalu vsi imeli za izumitelja pravega parnega stroja. To je v neki meri tudi res, saj je šele Watt Newcomenovo črpalko spremenil v pravi pogonski stroj, ki so ga kmalu množično začeli uporabljati za pogon kovaških kladi, kovaških mehov in kmalu za pogon raznih obdelovalnih, tkalnih itd. strojev. Za tovarne več ni bila potrebna tekoča voda za pogon strojev, preselile so se lahko v mesto, kjer je zacvetela prva industrija. Začela se je industrijska revolucija. Watt je k stroju skonstruiral še en pomemben del: centrifugalni regulator, ki je skrbel za kontroliran dotok pare in s tem tudi varne delovne tlake. To predstavlja tudi prvi začetek avtomatizacije!

Watt je poskusil tudi izmeriti moč parnega stroja, za kar je okoli leta 1783 uporabil zelo močnega konja, ki je 150-funtno utež dvignil skoraj 4 čevlje visoko v eni sekundi. Tako je definiral konjsko moč (KM) s 550 funtčevlji na sekundo (angleške enote), kar ustreza 746 W (vat - enota za moč, posvečena Wattu).

# Zgodovina prenosa električne energije



NIKOLA TESLA (1856-1943)

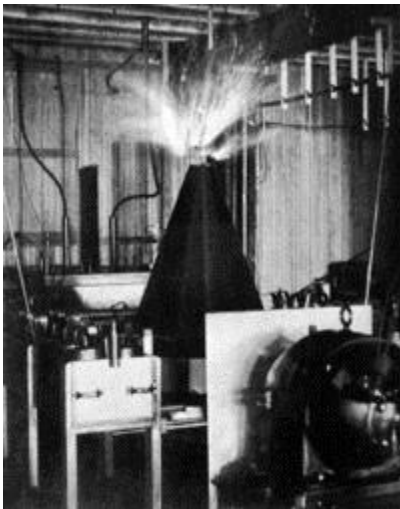
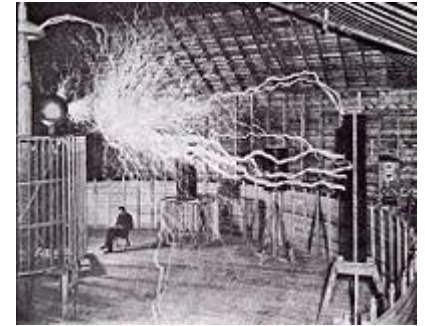
več kot 700 patentov

najznamenitejši izum je večfazni indukcijski elektromotor (1882), izdelava

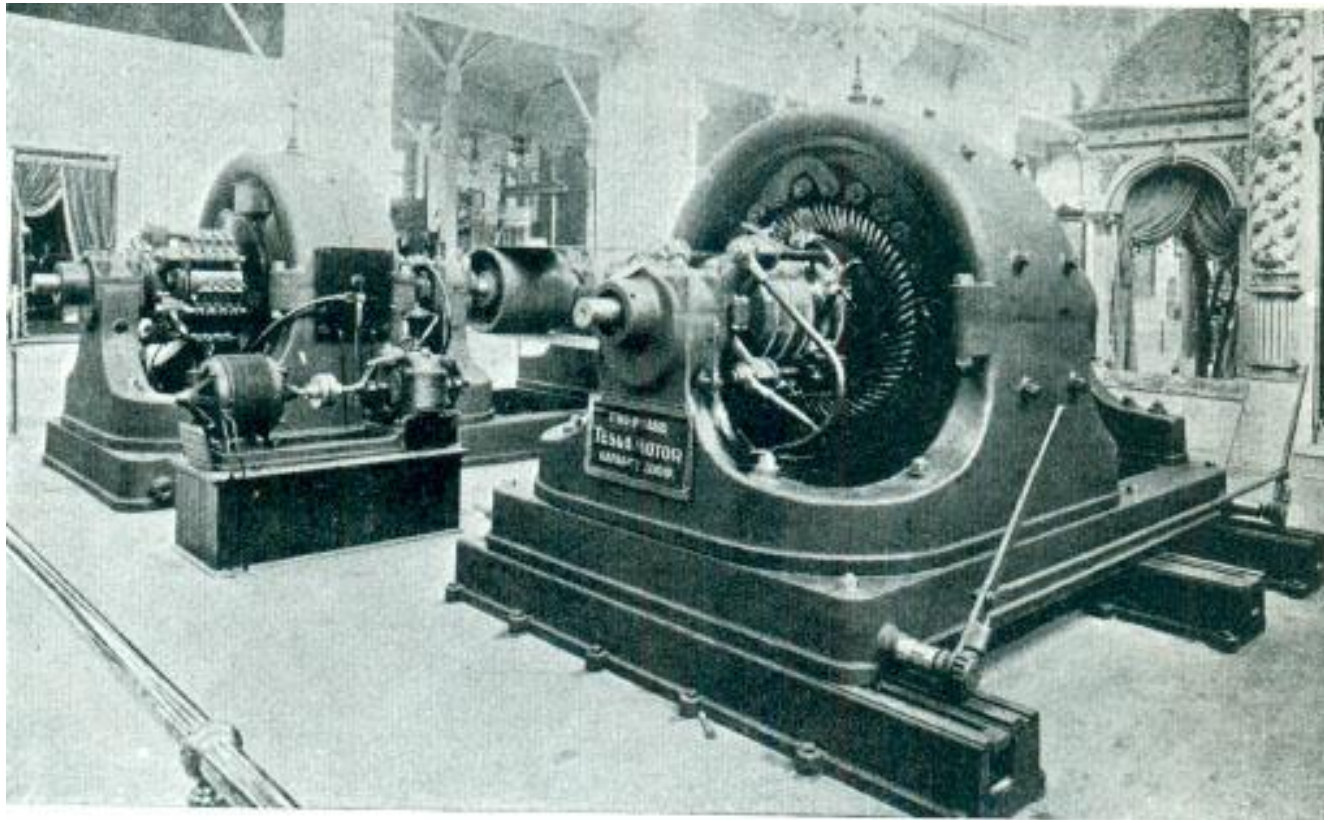
Teslovo navitje (Teslov transformator) - levo

Njegov sistem izmeničnega toka je omogočil lažji in učinkovitejši prenos električne energije na daljavo.

Po njegovih načrtih so izdelali prvo hidroelektrarno na Niagarskih slapovih.



## Zgodovina prenosa električne energije



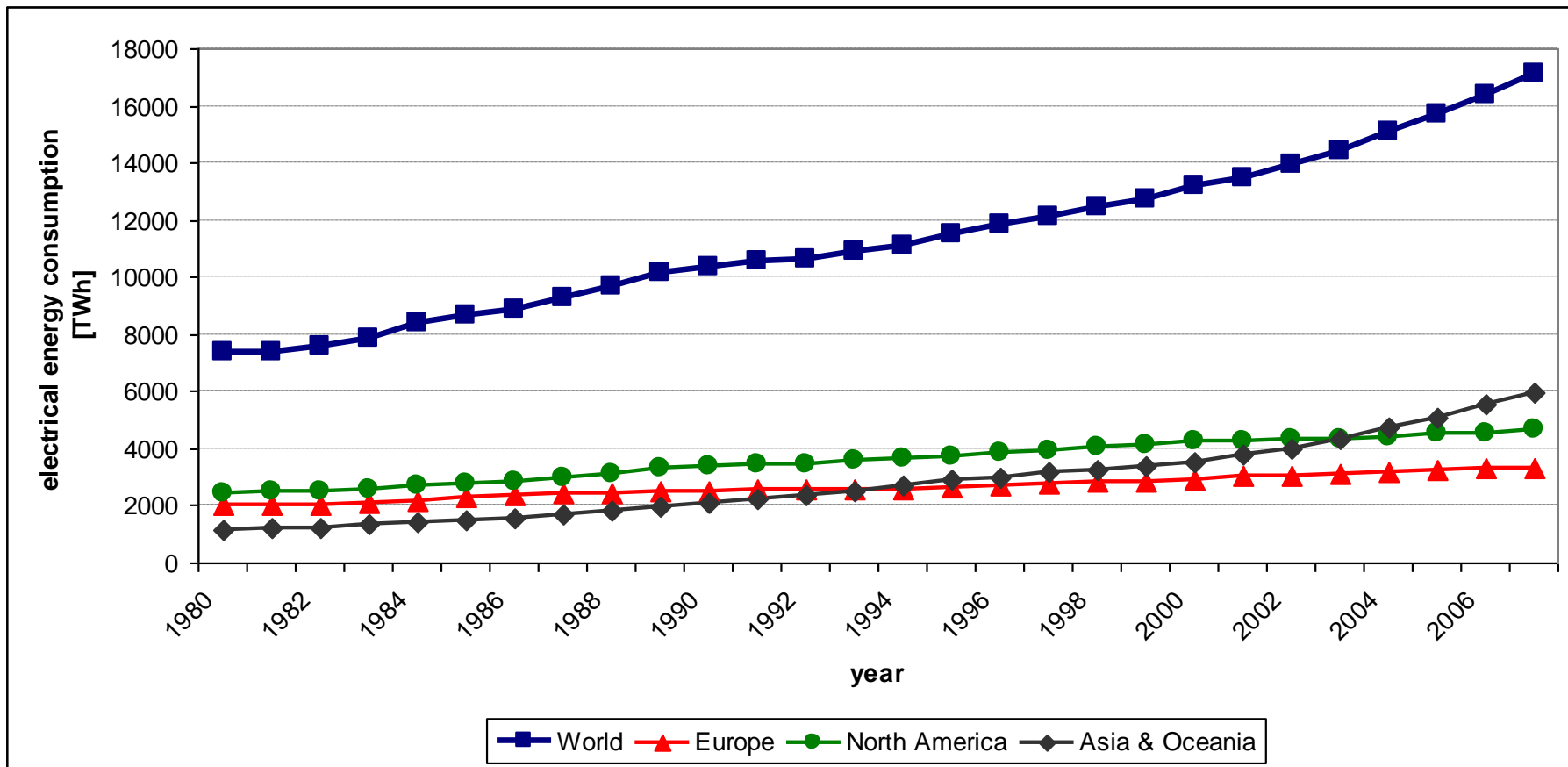
Izmenični večfazni generatorji  
(razstavljeni v Chicagu leta 1893)

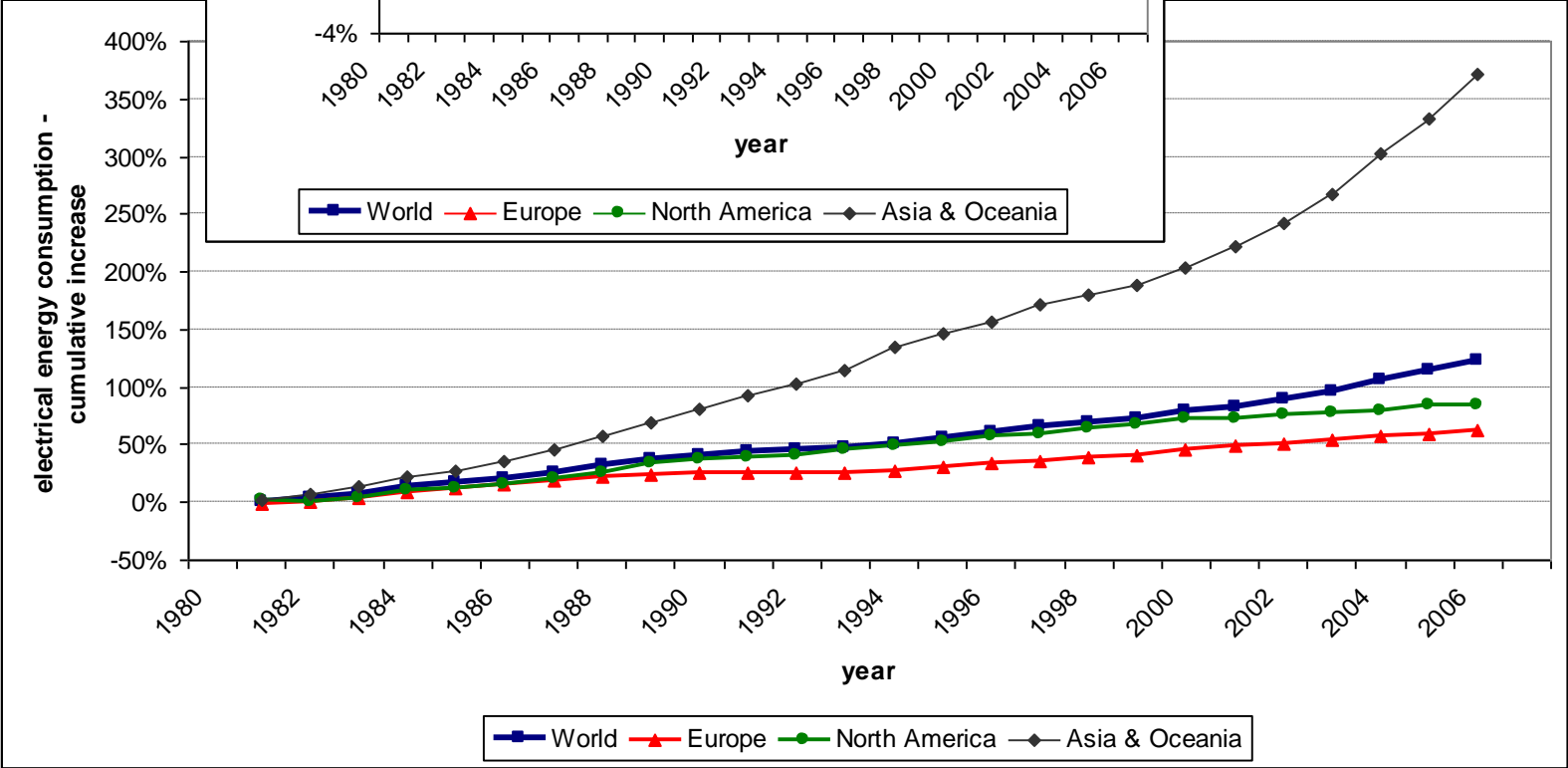
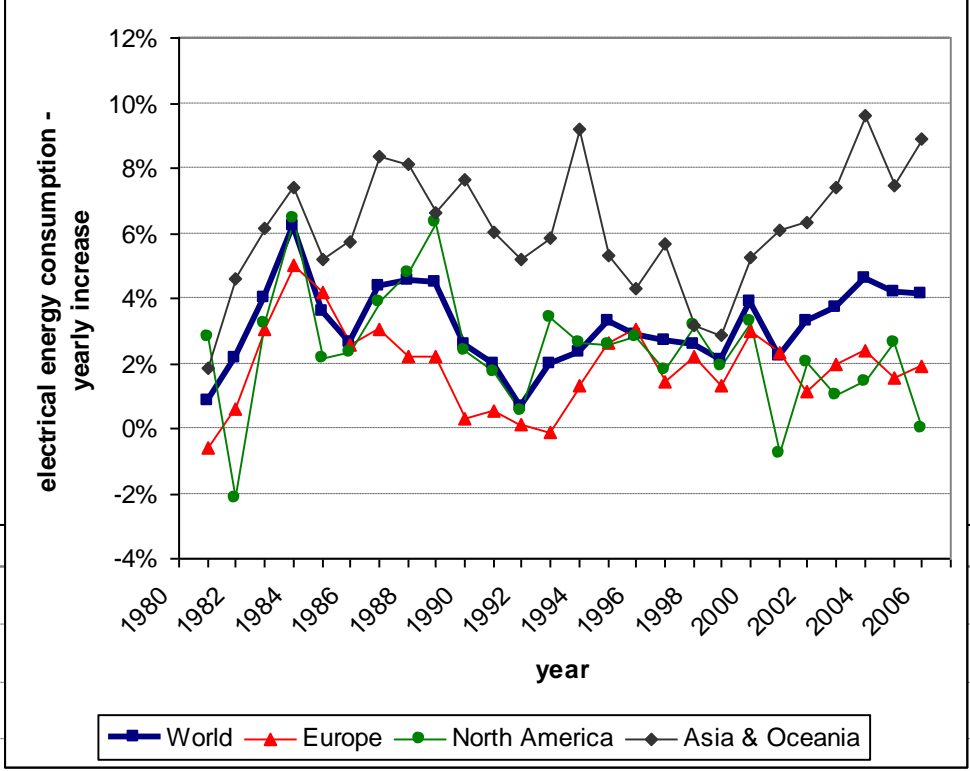
## Začetki v Sloveniji

14. 4. 1897 je začela obratovati prva slovenska elektrarna na izmenični tok - hidroelektrarna Fužine in prvi daljnovod, s tem pa je bil tedaj tudi prvič pri nas uporabljen trifazni izmenični tok in prenos električne energije na 3,1-kilometrski razdalji iz Fužin do Vevč napetosti 3 kV.

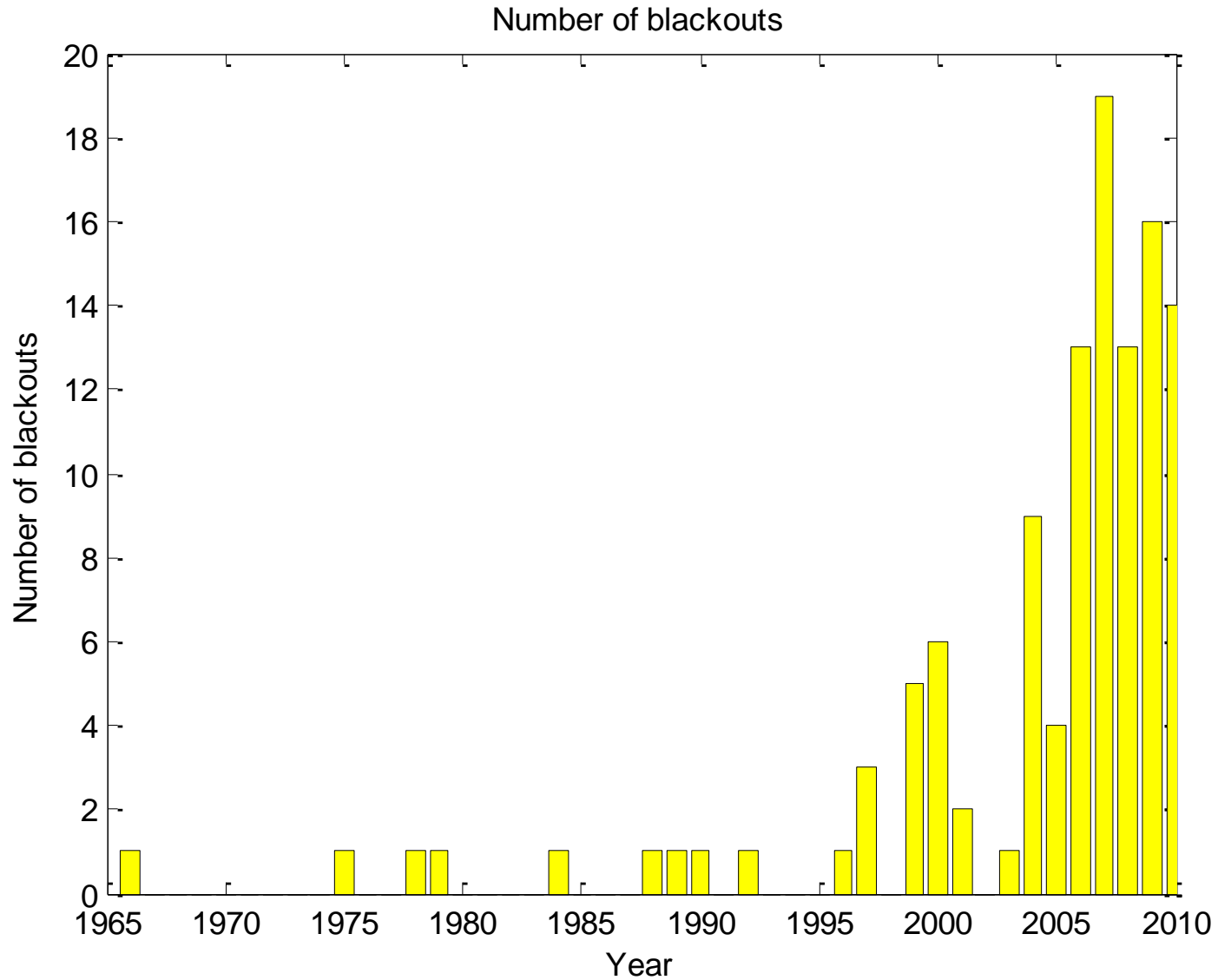


# Rast porabe električne energije

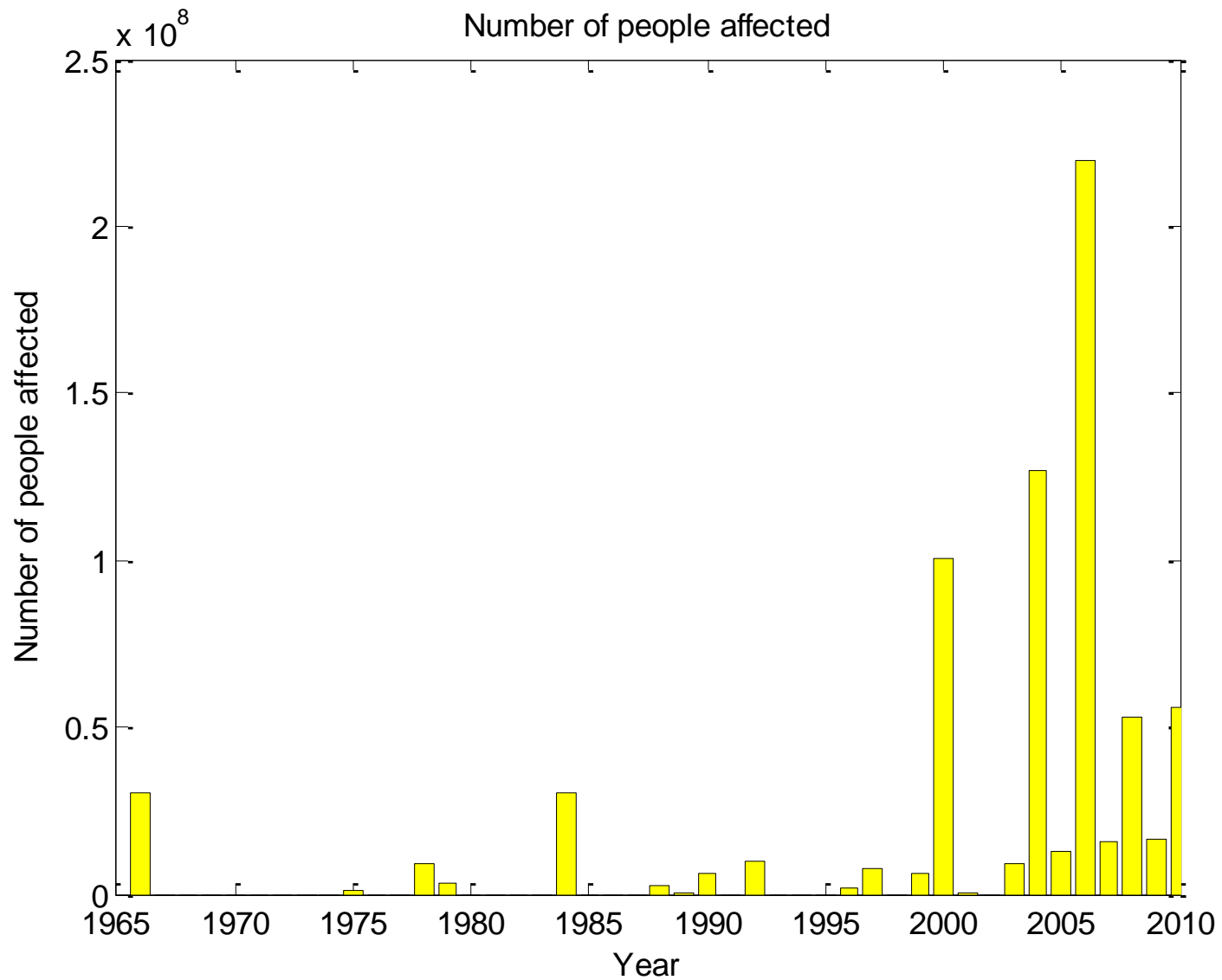




# Število zatemnitev



# Posledice zatemnitev



## Definiciji: omrežje, sistem

- Elektroenergetsko omrežje je povezava električnih naprav in vodov iste nazivne napetosti.
- Elektroenergetski sistem je povezava elektrarn za proizvodnjo električne energije, stikalnih postaj za razdelitev in transformacijo električne energije, vodov za prenos in distribucijo (razdeljevanje) električne energije ter porabnikov.

# Izbrane definicije

- Distribucija (razdeljevanje)
- distribucijsko omrežje
- dobava
- dobavitelj energije
- energija
- gospodinjski odjemalec
- kvalificirani proizvajalec
- odjemalec
- oskrba z energijo
- povezovalni vod
- proizvodnja
- prenos
- prenosno omrežje
- systemske storitve
- tranzit
- uporabnik omrežja
- varčevalni potencial

# Definicije

- distribucija: je transport električne energije po distribucijskem omrežju;
- distribucijsko omrežje: je energetska omrežje od prenosnega omrežja do končnega odjemalca;
- dobava: je prodaja, tudi nadaljnja, energije odjemalcem; oz. proces, pri katerem odjemalec dobi energijo;
- dobavitelj energije: je pravna ali fizična oseba, ki odjemalcu prodaja energijo;
- dobavni pogoji: so tehnično in ekonomsko opredeljene obveznosti za dobavo energije, ki zavezujejo systemskega operaterja, dobavitelja in odjemalca;
- dostop do omrežja: je pravica do uporabe omrežja z namenom, da se izpolnijo pogodbe o dobavi električne energije ob upoštevanju dejanskega stanja v omrežju;

# Definicije

- energetske storitve: so storitve, katerih ključni pogoj je raba energije, kot je to npr. zagotavljanje razsvetljave, ogrevanja, hlajenja, transporta, delovanja informacijskih in komunikacijskih naprav, mehanskega dela ter kemične in električne energije;
- energija: je vsaka oblika proizvedene ali pridobljene energije, namenjene za dobavo ali prodajo;
- gospodinjski odjemalec: je odjemalec, ki kupuje električno energijo za lastno domačo porabo, kar izključuje opravljanje gospodarske ali poklicne dejavnosti;
- izravnalna energija: je električna energija, ki je potrebna za izravnavo odstopanj dejanske porabe in proizvodnje v določenem trenutku od napovedane porabe in proizvodnje;
- kvalificirani proizvajalec: je proizvajalec, ki v posameznih proizvodnih objektih proizvaja električno energijo in toploto z nadpovprečno dejansko doseženim izkoristkom pri soproizvodnji toplote in električne energije, ali če izkorišča obnovljive vire energije na način, ki je skladen z varstvom okolja;
- neposredni oskrbovalni vod električne energije: je električni vod, ki povezuje elektrarno in odjemalca, ki nista priklopljena na omrežje, ali proizvajalca električne energije in dobavitelja za neposredno dobavo električne energije lastnim prostorom, družbam in upravičenim odjemalcem v njihovi večinski lasti;

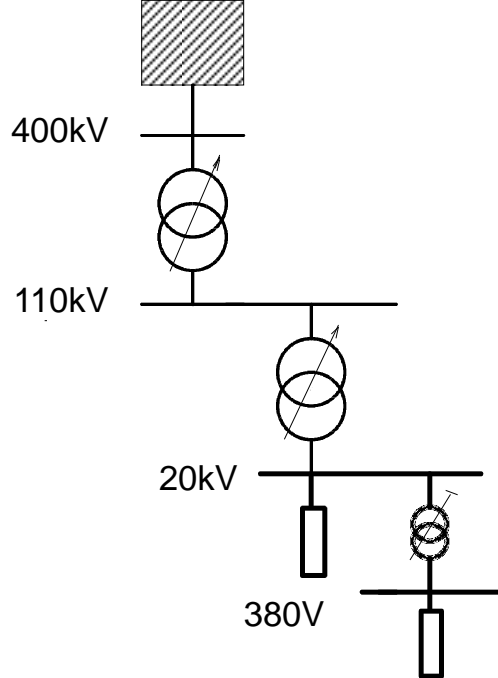


# Definicije

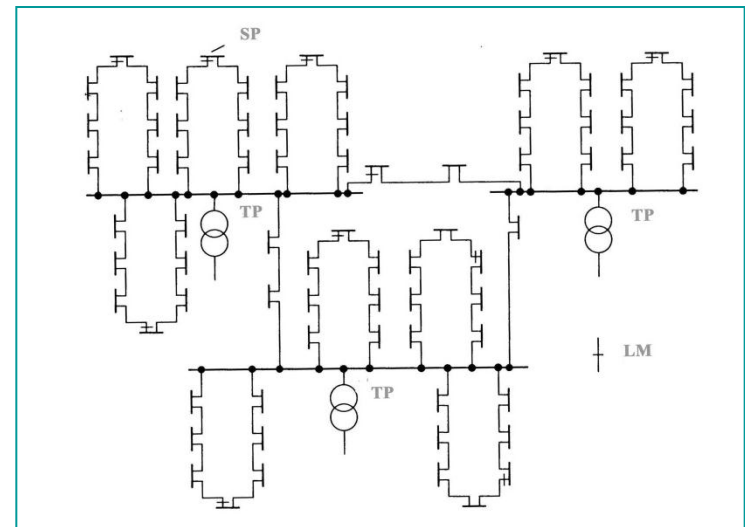
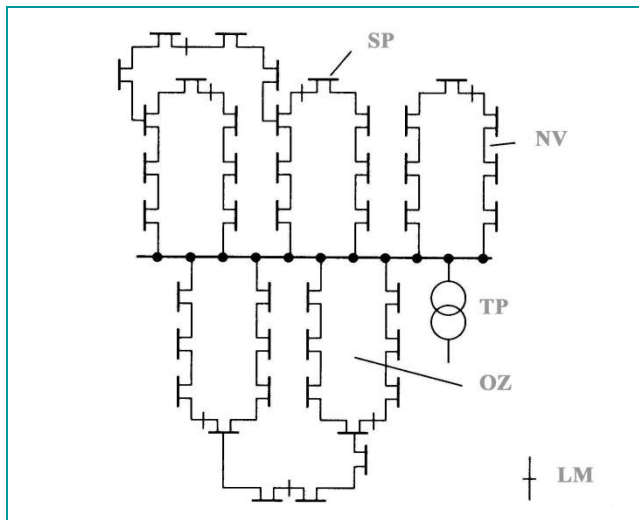
- odjemalec: je pravna ali fizična oseba, ki je na pogodbeni osnovi oskrbovana z energijo za lastno rabo ali za nadaljnjo prodajo;
- oskrba z energijo: je proces pridobivanja in predelave, proizvodnje, prenosa, distribucije in dobave energije;
- organiziran trg z energijo: je ustanova, v kateri poteka organizirana izmenjava povpraševanj po nakupu s ponudbami po dobavi energije ter trgovanje za dan časovni okvir;
- povezovalni vod je: električni vod, ki povezuje omrežja električne energije,
- proizvodnja: je fizikalni ali kemični proces transformacije goriv in obnovljivih virov energije v električno energijo;
- prenos: je transport goriv ali električne energije po prenosnem omrežju;
- prenosno omrežje: je visokonapetostno električno omrežje od proizvajalca oziroma povezave s sosednjimi prenosnimi omrežji do distribucijskega omrežja ali do uporabnika omrežja;
- sistemske storitve: so storitve, ki omogočajo nemoteno, zanesljivo in kvalitetno delovanje energetskega sistema;
- tranzit: je transport električne energije z območja druge države čez ozemlje Republike Slovenije v drugo državo;
- uporabnik omrežja: je pravna ali fizična oseba, ki iz omrežja odjema ali v omrežje oddaja energijo;
- varčevalni potencial: je delež energije v skupnem obsegu rabe energije pri porabniku, ki ga je možno znižati z ekonomsko utemeljenimi vlaganji.

# Razvoj elektroenergetskih omrežij

- Pomen prenosnih omrežij
- Pomen razdelilnih omrežij
- Pomen porabniških omrežij
- Veljavni standardi, ki opredeljujejo napetostne nivoje električnih omrežij (spletni naslov: zakonodaja.gov.si)
- Predstavitev struktur električnih omrežij na vseh napetostnih nivojih
- Enostransko napajano električno omrežje
- Večstransko napajano električno omrežje
- Zankasta električna omrežja
- Paralelno obratovanje
- Sekcionirano obratovanje
- Povezovanje električnih omrežij s stikalnimi postajami v elektrarnah
- Povezovanje električnih omrežij s stikalnimi postajami za transformacijo in razdeljevanje



p	$\Delta U$
	do 10%
$\pm 22\%$	
	do 10%
$\pm 16\%$	
	do 8%
$\pm 4\%$	
	$\pm 3\% (\pm 5\%)$



Razdelilno omrežje visoke napetosti z enim in tremi transformatorji; SP - stikalna postaja, TP - transformatorska postaja, NV - napajalni vod, OZ - odprta zanka, LM – ločilno mesto

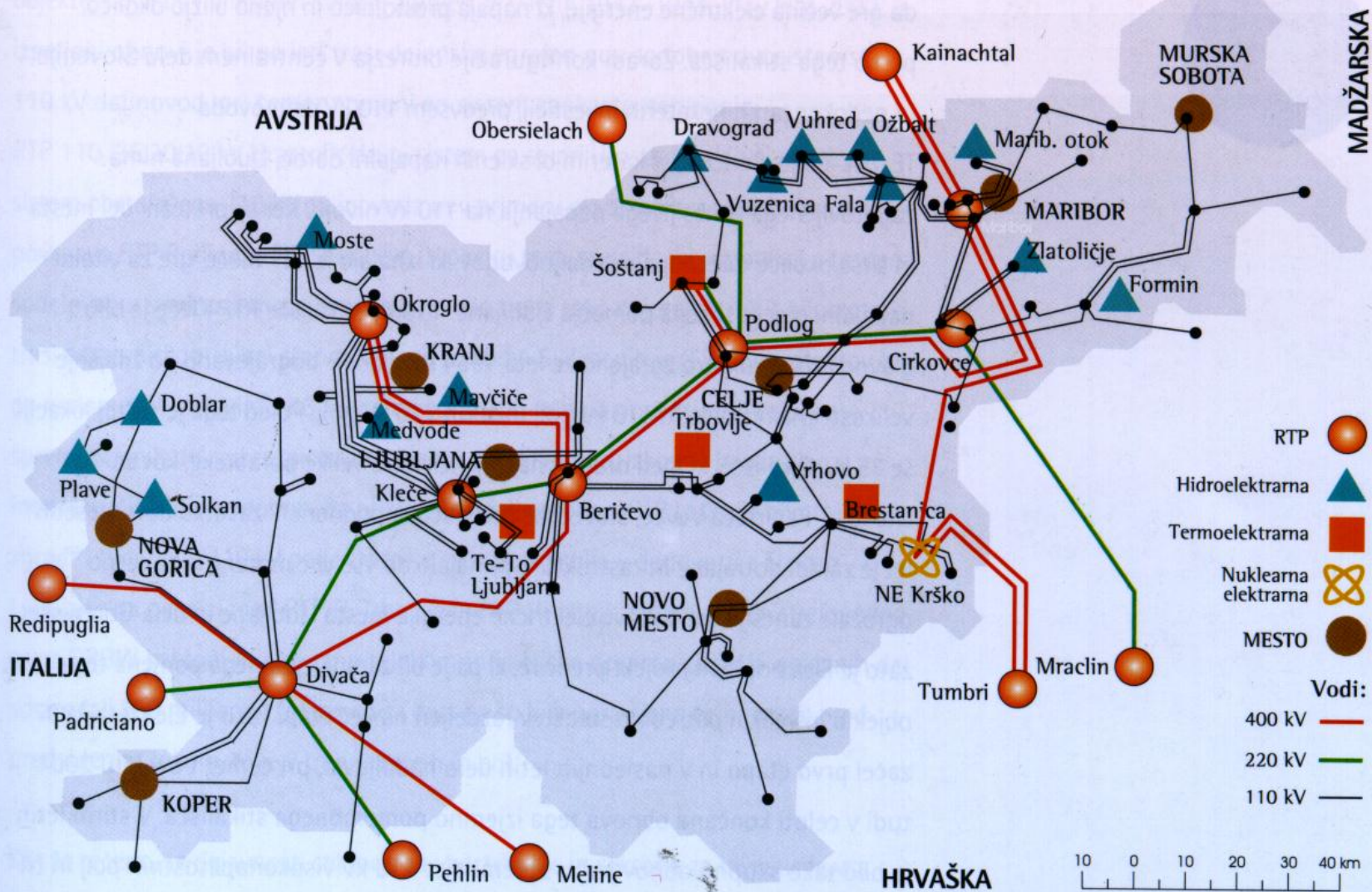
## Razdelitev elektroenergetskih omrežij

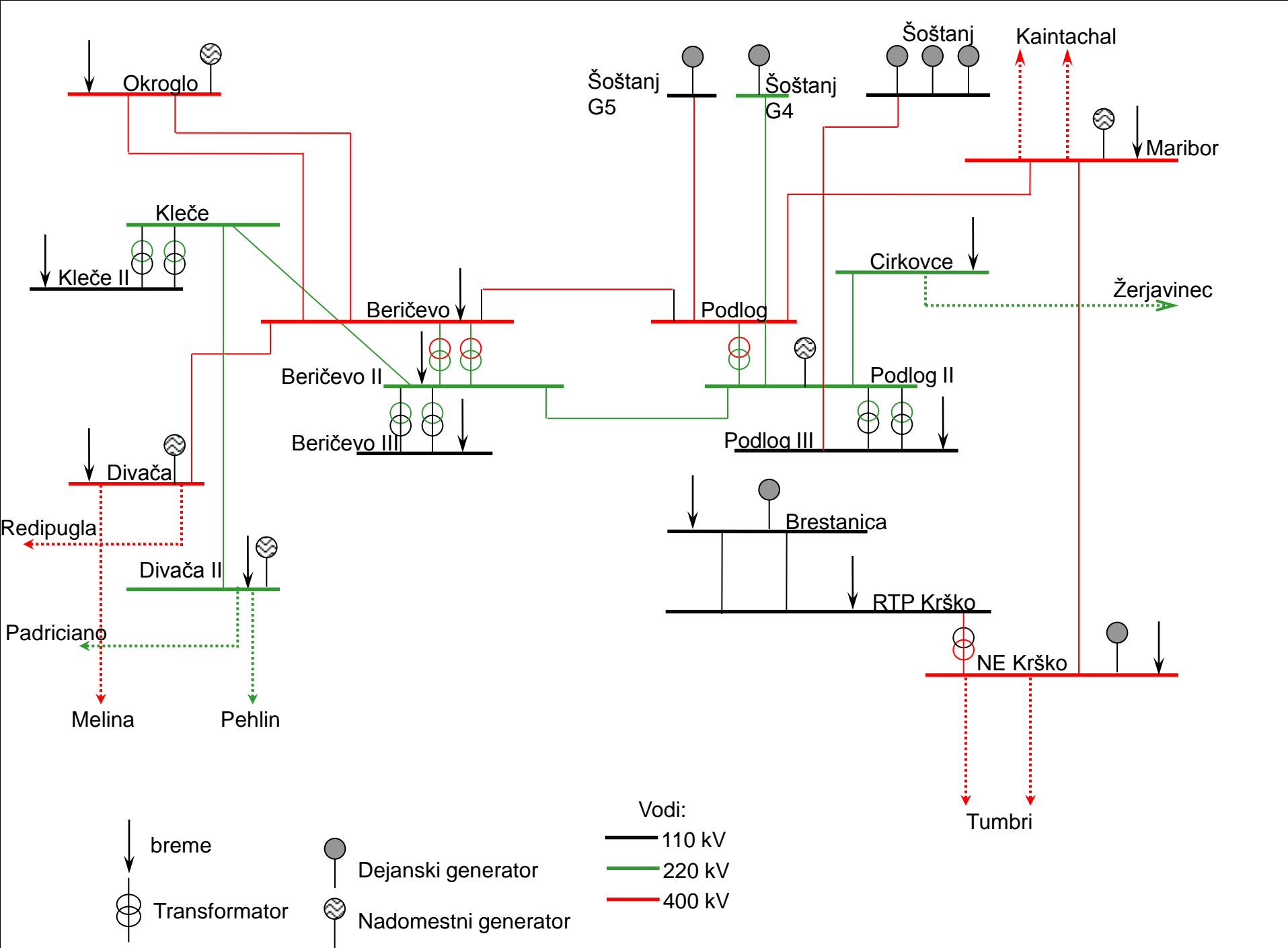
- Po napetosti:
  - Omrežja visoke napetosti: 400kV, 220kV, 110kV
  - Omrežja srednje napetosti: 35kV, 20kV, 10kV, 1kV
  - Omrežja nizke napetosti: 0.4kV
- Po funkciji
  - Prenosna omrežja
  - Distribucijska (razdelilna) omrežja
  - Porabniška omrežja
- Po obliki
  - Zankasta omrežja
  - Radialna omrežja

Interkonekcijska omrežja = povezovalna omrežja, ki povezujejo med seboj močnejša prenosna omrežja.

Mejo med prenosnimi in interkonekcijskimi omrežji je težko določiti.

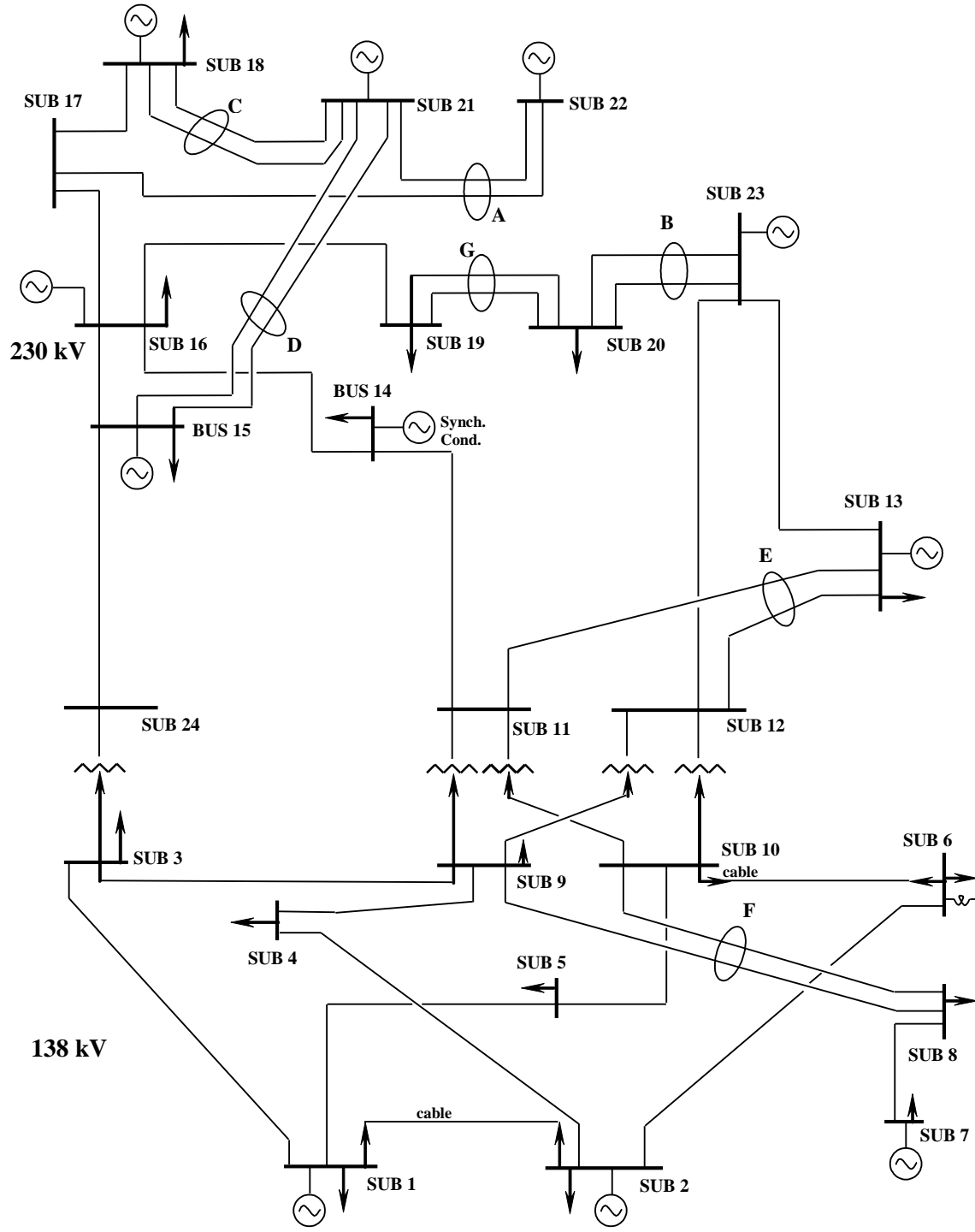
# Prenosno omrežje Republike Slovenije



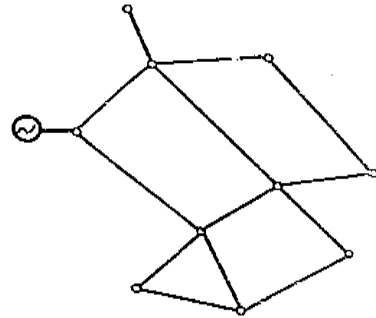
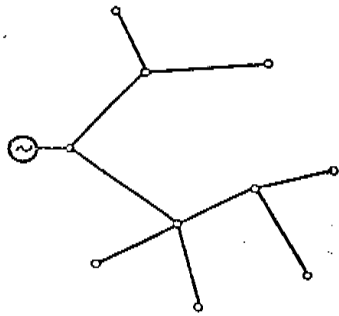


# IEEE 96 RTS

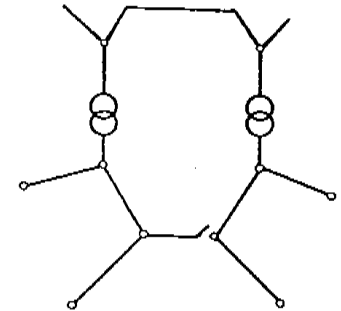
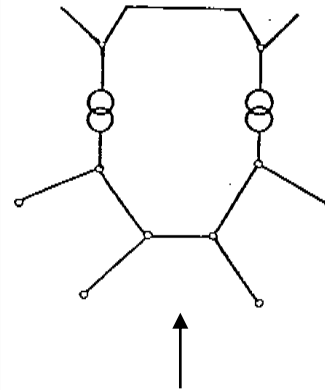
Standardni sistem za primerjalne analize



# Radialna in zankasta omrežja



Pri enem izvoru je precejšnja razlika med radialnim in zankastim omrežjem.

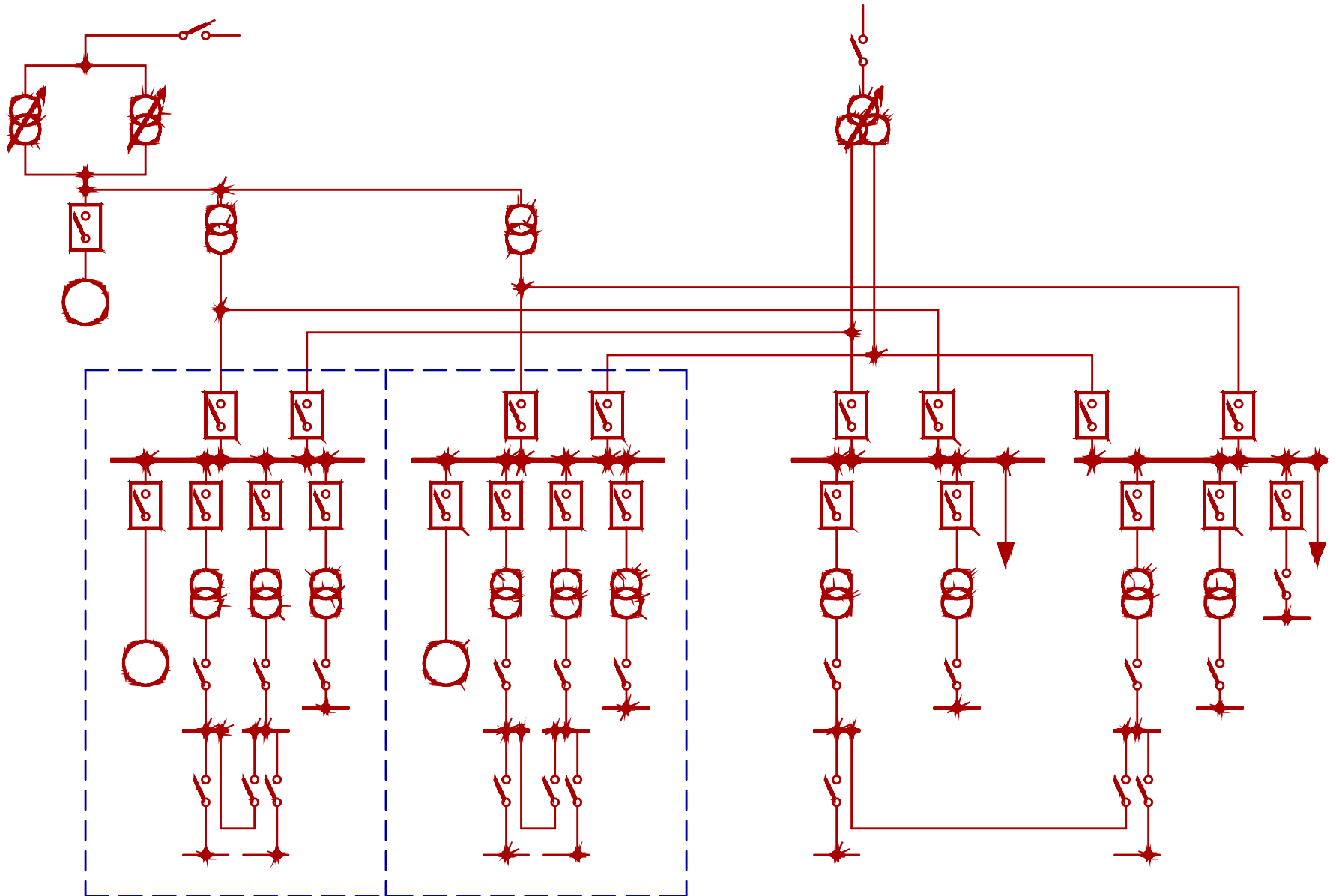


Paralelno in sekcionirano obratovanje v omrežjih z več izvori, kjer tudi transformatorji ograajo vlogo izvorov električne energije za določena omrežja določenih napetosti.

Otočno obratovanje – delovanje omrežja se pretvori v delovanje, ko deluje eden ali več njegovih delov samostojno, brez vplivov drug na drugega.



# Jedrska elektrarna v Krškem

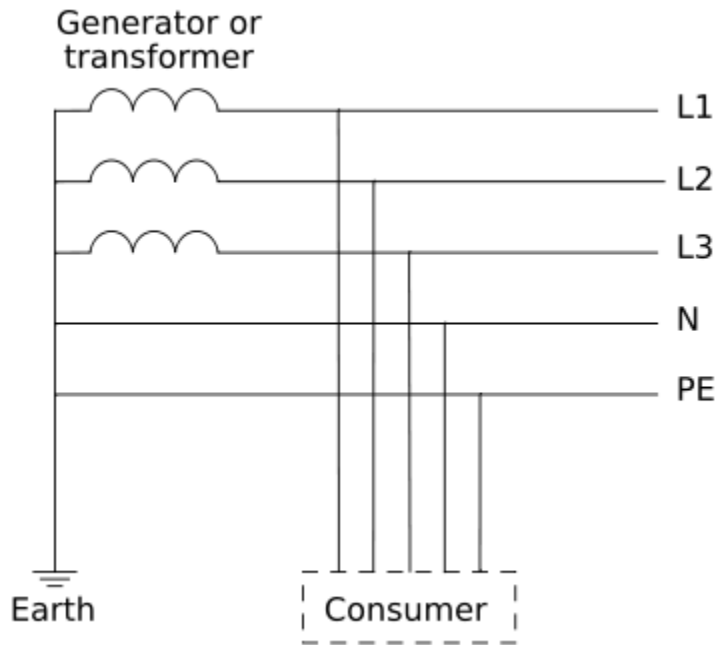


# Ozemljitve v porabniških in razdelilnih omrežjih

- Ozemljitve v porabniških omrežjih
  - TN-S sistem (Terre Neutre Séparé)
  - TN-C sistem (Terre Neutre Combiné)
  - TN-C-S sistem (Terre Neutre Combiné Séparé)
  - TT sistem (Terre Terre)
  - IT sistem (Isolé Terre)
- Ozemljitve v razdelilnih omrežjih
  - Direktna
  - Izolirana
  - Resonančna
  - Nizkoohmska

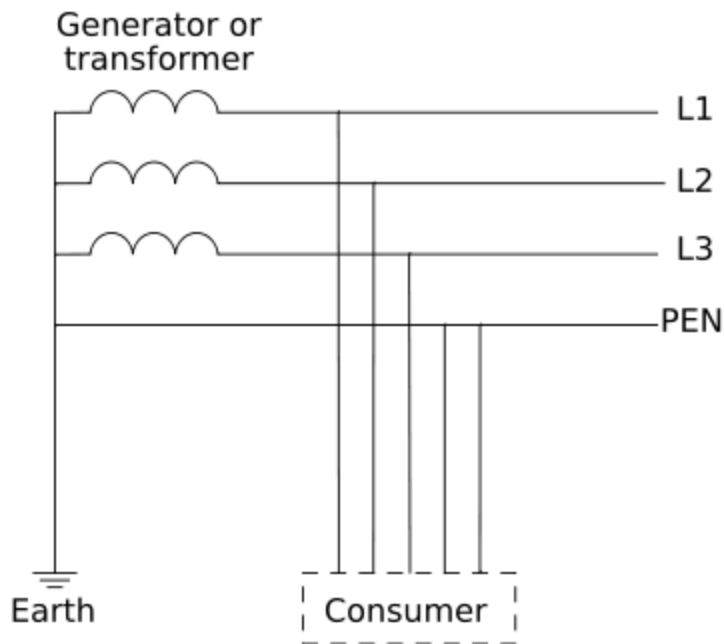
Način ozemljevanja nevtralne točke transformatorja vpliva v prvi vrsti na velikost kratkostičnih tokov v omrežju ter na velikost stacionarnih in prehodnih prenapetosti. Posredno pa ima določen vpliv tudi na delovanje zaščite, segrevanje vodnikov in ozemljil, telekomunikacijske vode ter napetost dotika, pa seveda tudi na kakovost dobave električne energije ter investicijske stroške.

# TN-S sistem (Terre Neutre Séparé)



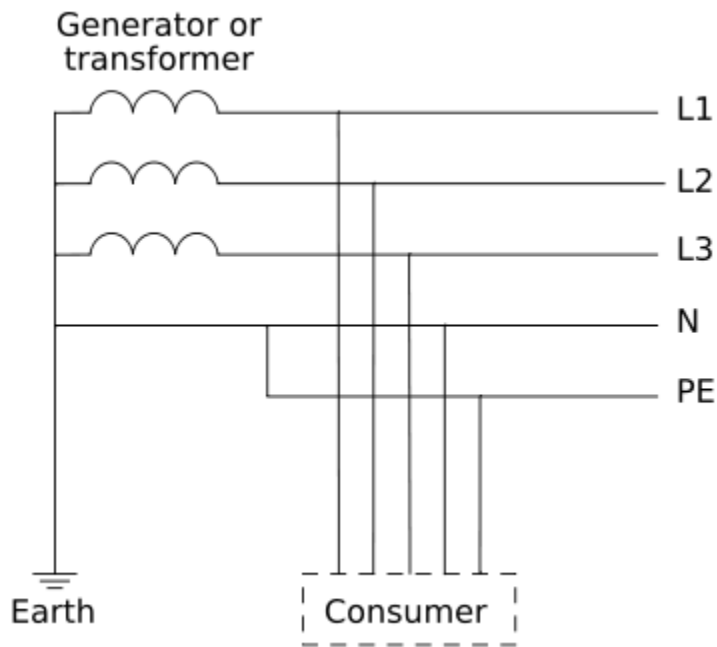
Ločen zaščitni vodnik in nevtralni vodnik nista nikjer povezana.

# TN-C sistem (Terre Neutre Combiné)



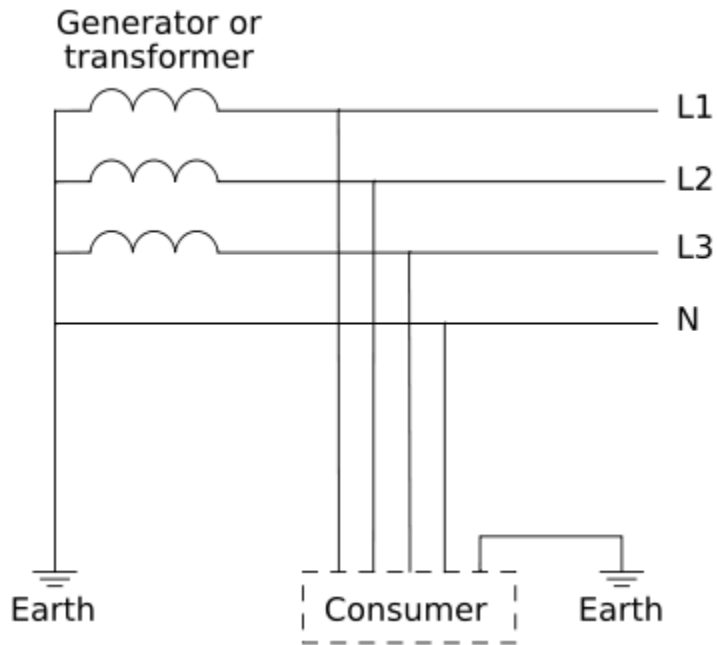
Zaščitni vodnik in nevtralni vodnik sta združena v enem vodniku.

# TN-C-S sistem (Terre Neutre Combiné Séparé)



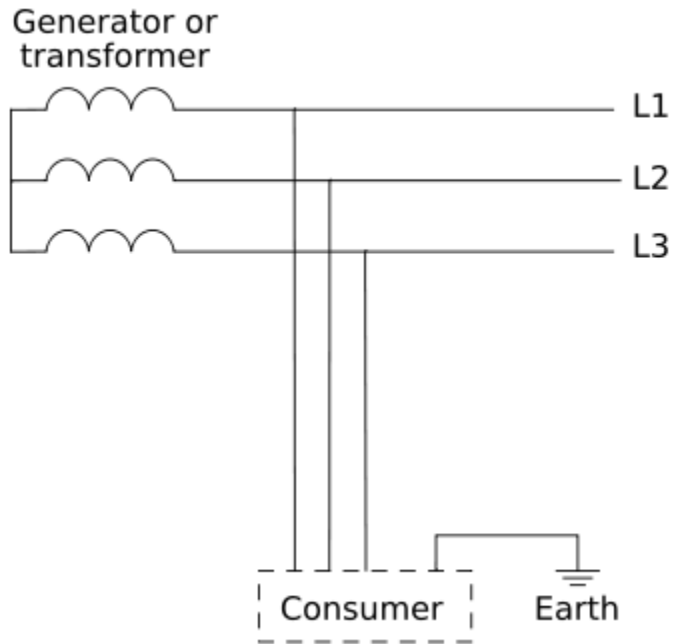
Zaščitni vodnik in nevtralni vodnik sta združena v enem vodniku od vira do razdelilne točke. Od razdelilne točke naprej sta ločena.

# TT sistem (Terre Terre)



Porabnik je lokalno ozemljen neodvisno od ozemljitve vira.

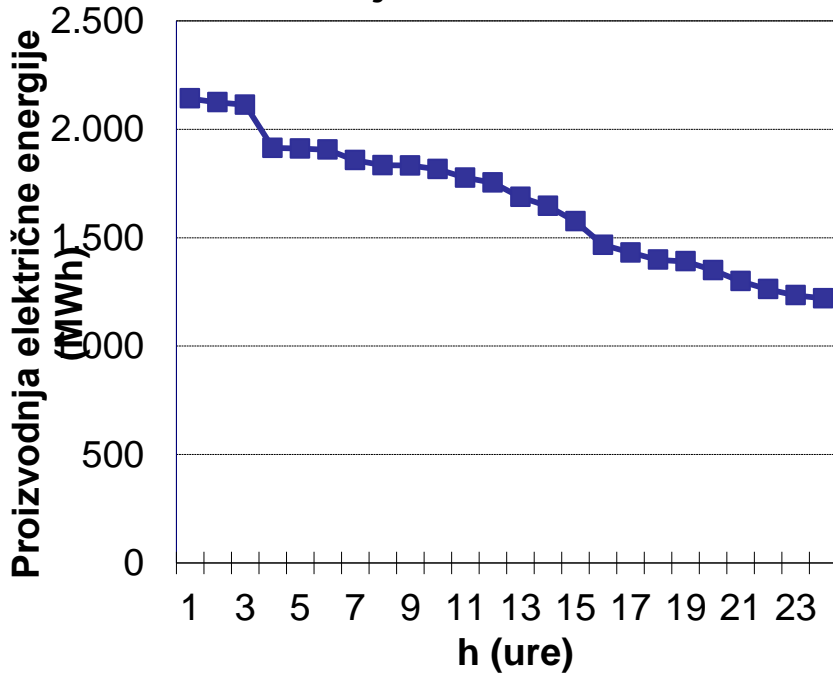
# IT sistem (Isolé Terre)



Vir sploh ni ozemljen (ali pa ima le povezavo z veliko impedanco; v tem primeru se uporablja sistem spremljanja te impedance)

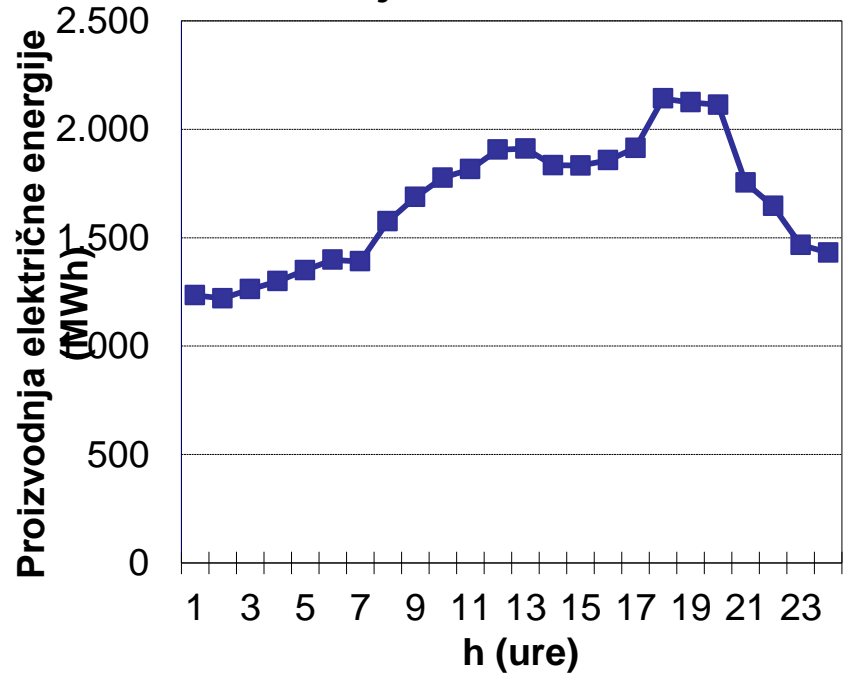
# Dnevni diagram porabe

Proizvodnja el. energije v Sloveniji na dan 7. 7. 2011



Urejen po velikosti obremenitve

Proizvodnja el. energije v Sloveniji na dan 7. 7. 2011



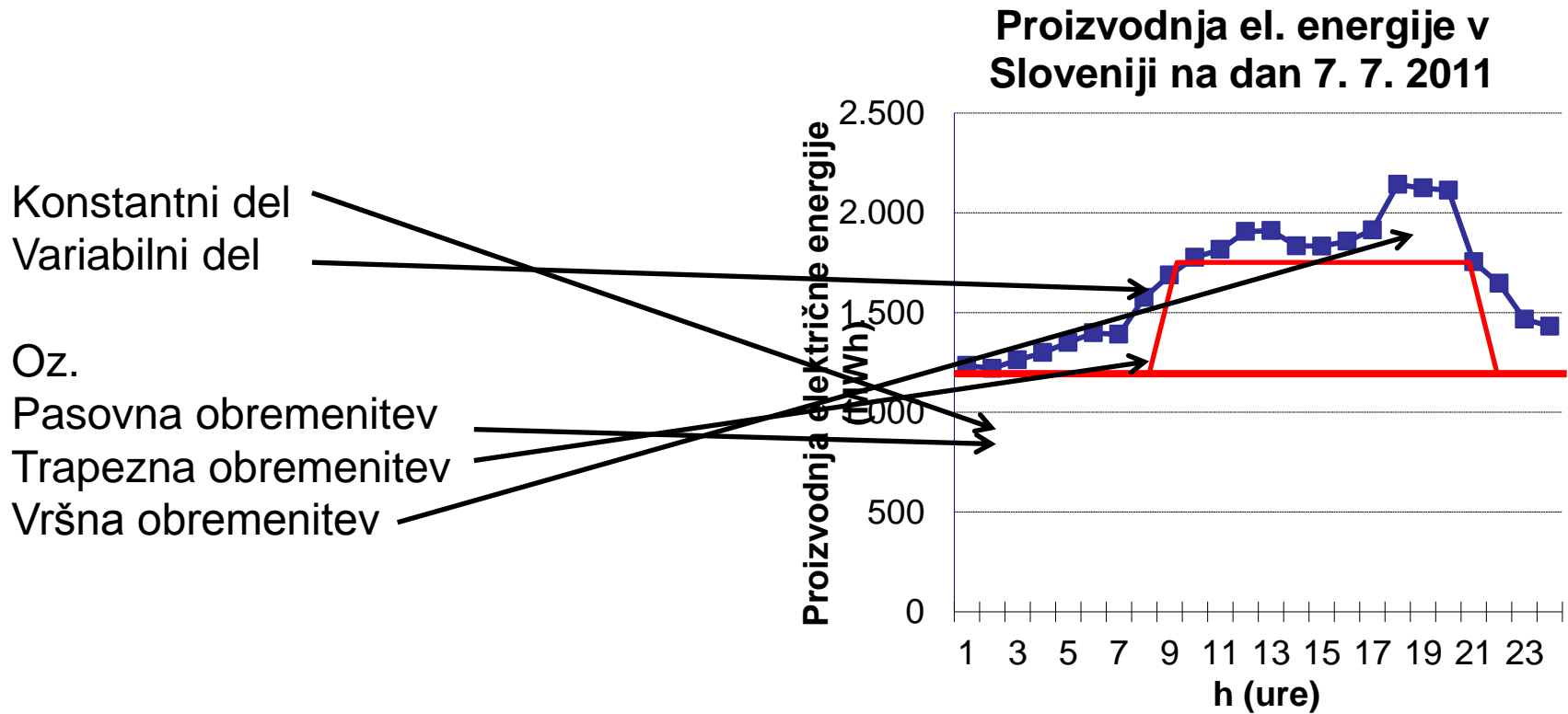
Urejen po času

$$W = \sum_{i=1}^{24} P_i \cdot 1[h]$$

$$W = \sum_{i=1}^{24} P_{sr} \cdot 24 h$$



# Dnevni diagram porabe



Variacije glede na delovni dan ali dan počitka.

Časovna resolucija je lahko natančnejša: e.g. 15 minut namesto 1 ura.

Lahko govorimo o tedenskem ali mesečnem ali letnem diagramu.

# Vrste energij

Primarna energija je energija primarnih nosilcev energije; premog, naravni uran iz rudnikov, drva iz gozda, surova nafta iz vrtnice, zemeljski plin iz vrtnice, energija sončnega sevanja, potencialna energija vode, kinetična energija vetra.

Sekundarna energija je energija, ki je na voljo iz primarne energije na mestu spremembe: električna energija na pragu termoelektrarne, hidroelektrarne, jedrske elektrarne ali druge elektrarne, mehansko delo na osi mlinskega kolesa, toplota v obliki pare ali vroče vode na pragu kotlarne, stisnjen zrak (ali drug plin) v kompresorski postaji, nadalje koks, trgovski premog, motorna goriva, plin v jeklenki ali po plinovodu, nasekana drva v trgovini.

Končna energija je tista, ki je na voljo porabniku na mestu uporabe še pred zadnjo tehnično pretvorbo; navadno gre za sekundarno energijo, lahko pa tudi za primarno, na primer premog ali zemeljski plin za kurjavo. Primeri: daljinska toplota (vroča voda) za radiator, električna energija za elektromotor, za žarnico, za radio, stisnjen zrak pri stroju.

Koristna energija je tisti del končne energije, ki koristi porabniku in je cilj njegove uporabe: za mehansko delo, za toploto, za svetlobo, za zvok. Primeri: toplota iz radiatorja, mehansko delo motorja, svetloba iz žarnice, zvok iz radia.

Najuporabnejša oblika energije je električna energija, ki jo je mogoče zelo preprosto transportirati in z odličnim izkoristkom spreminjati v vse druge oblike energije, med drugim tudi v mehansko delo, toploto, svetlobo in zvok. To so pa oblike energije, ki so potrebne za vsakdanje življenje.

Vrste energij glede na fizikalne zakonitosti

- Kinetična energija
- Prožnostna energija
- Potencialna energija
- Notranja energija in toplota
- Tlačna energija
- Električna energija
- Svetlobna energija
- Kemijska energija
- Lastna energija ( $E=m \cdot c^2$ , energija zaradi lastne mase)

# Kinetična energija

Izrek o kinetični energiji pravi, da če telo prejme delo  $A$ , se mu za enako vrednost poveča kinetična energija. Če telo delo  $A$  odda, se mu za enako vrednost dela zmanjša kinetična energija.

Izpeljava formule za kinetično energijo. Telo najprej miruje. Nato prejme delo, ki se v celoti pretvori v kinetično energijo. Kinetična energija na koncu ali končna kinetična energija  $W_{kk}$  je torej enaka prejetemu delu. Ker je telo prvotno mirovalo je bila njegova začetna kinetična energija  $W_{kz}$  enaka nič.

$$A = \Delta W_k = W_{kk} - W_{kz} = F \cdot s$$

Formula za kinetično energijo sledi iz II. Newtonovega zakona in enačbe za pot pri enakomerno pospešenem gibanju. II. Newtonov zakon povezuje silo  $F$  z maso  $m$  in pospeškom  $a$ .

$$F = m \cdot a$$

Pot pri enakomerno pospešenem gibanju  $s$  je odvisna od pospeška  $a$  in časa  $t$ .

$$s = 1/2 \cdot a \cdot t^2$$

Oboje vstavimo v enačbo za delo in upoštevamo, da velja odvisnost med hitrostjo  $v$ , pospeškom  $a$  in časom  $t$ .

$$v = a \cdot t$$

Dobimo delo, ki je enako spremembi kinetične energije, dobimo:

$$A = \Delta W_k = (m \cdot a) \cdot (1/2 \cdot a \cdot t^2) = 1/2 \cdot m \cdot v^2$$

Kinetična energija je enaka polovičnemu produktu mase in kvadrata hitrosti.

Če se telesu poveča hitrost iz začetne hitrosti  $v_z$  na končno hitrost  $v_k$ , mu moramo dovesti delo. Delo je enako razliki med končno  $v_k$  in začetno kinetično energijo  $v_z$ .

$$A = W_{kk} - W_{kz}$$

$$A = 1/2 \cdot m \cdot v_k^2 - 1/2 \cdot m \cdot v_z^2$$

# Prožnostna energija

- Prožnostno energijo imajo napeta ali stisnjena prožna telesa (npr. vzmet, elastika). Telo je prožno, če se po prenehanju delovanja sil povrne v prvotno obliko. Napeto ali stisnjeno telo je zmožno opravljati delo, zato mu pripisujemo prožnostno energijo, ki je ena izmed oblik energije.
- Prožnostna energija vzmeti  $W_{pr}$  je povezana s spremembo njene dolžine  $x$  (oz. z njenim raztezkom  $x$  oz. z njenim skrčkom) in s koeficientom vzmeti  $k$ . Izračunamo jo s pomočjo Hookovega zakona, ki povezuje silo na vzmet z njenim raztezkom zaradi te sile.
- $F = k \cdot x$
- Prožnostna energija vzmeti  $W_{pr}$  je enaka polovičnemu produktu koeficienta vzmeti in kvadrata njenega raztezka ali skrčka.
- $W_{pr} = 1/2 \cdot k \cdot x^2$

# Potencialna energija

Zaradi sile teže ima vsako dvignjeno telo na površini zemlje določeno potencialno energijo.

Če telo z maso  $m$  počasi in enakomerno dvigamo, sta sila teže  $F_g$  in sila, s katero dvigamo  $F_{dvig}$ , nasprotno enaki. Če telo dvignemo na višino  $h$ , opravimo delo  $A$ .

$$A = F_{dvig} \cdot h$$

Ker je sila s katero dvigamo  $F_{dvig}$  enako velika kot sila teže  $F_g$ , lahko zapišemo delo  $A$  tudi drugače.

$$A = F_g \cdot h$$

II. Newtonov zakon pravi, da je sila teže  $F_g$  telesa z maso  $m$  enaka produktu mase telesa in težnega pospeška  $g$ :

$$F_g = m \cdot g$$

Delo je torej produkt mase, višine in težnega pospeška.

$$A = m \cdot g \cdot h$$

Opravljeno delo je enako spremembi potencialne energije.

$$A = \Delta W_p = W_{pk} - W_{pz} = F_g \cdot h = m \cdot g \cdot h$$

# Tlačna energija

Zaradi nadtlaka v določenem volumnu je tam shranjena energija, ki se sprosti, če meje volumna odpremo.

$$\Delta W_{tl} = W_{tlk} - W_{tlz}$$

$$W_{tl} = p \cdot V = p \cdot m / \rho$$

Tlačna energija je odvisna od tlaka in volumna plina oz. medija ali z drugimi besedami od tlaka, mase in gostote plina oz. medija.

# Notranja energija in toplota

Toplota je del notranje energije snovi, ki se pretaka iz toplejših predelov snovi v hladnejše.

Snov oddaja toploto na račun svoje notranje energije. Če snov toploto prejme, se ji poviša temperatura in s tem tudi notranja energija. Če snov toploto odda, se ji notranja energija zmanjša.

Da snov z maso  $m$  segrejemo za določeno spremembo temperature  $\Delta T$ , je potrebna toplota, ki se pretvori v notranjo energijo snovi:

$$\Delta W_n = Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Specifična toplota snovi  $c$ , je toplota oz. energija, ki je potrebna, da segrejemo 1kg snovi za 1K. Njena enota je J/kgK.

snov	specifična toplota [J/kgK]
voda	4200
aluminij	880
železo-surovo	500
baker	390
jeklo	460
srebro	235
svinec	130
zlato	130

# Notranja energija in toplota

Poleg temperaturne spremembe snovi lahko nastopi pri segrevanju tudi sprememba agregatnega stanja:

taljenje - prehod iz trdnega v tekoče agregatno stanje

zmrzovanje - prehod iz tekočega v trdno agregatno stanje

izparevanje - prehod iz tekočega v plinasto agregatno stanje, pri temperaturi vrelišča

utekočinjanje (kondenzacija) - prehod iz plinastega v tekoče agregatno stanje

Za toploto  $Q$ , ki je potrebna za stalitev določene količine trdne snovi velja, da je toplota sorazmerna z maso snovi, pri čemer je specifična talilna toplota  $q_t$  odvisna od snovi.

$$Q = q_t \cdot m$$

Specifična talilna toplota pove, koliko toplote rabimo, da stalimo 1kg snovi pri temperaturi tališča.

Podobno velja za toploto, ki je potrebna za izparitev določene tekoče snovi, pri čemer je specifična izparilna toplota  $q_i$ :

$$Q = q_i \cdot m$$

Snov	specifična talilna toplota [kJ/kg]	specifična izparilna toplota [kJ/kg]
Voda	334	2260
Aluminij	322 -394	9220
Železo	293	6300
Srebro	88	2350
Svinec	22,5	880



# Notranja energija in toplota

Podobno velja za toploto, ki je potrebna za sežig snovi, pri čemer je specifična sežigna toplota  $q_s$ .

$$Q = q_s \cdot m$$

Snov	specifična sežigna toplota [MJ/kg]
etilni alkohol	29,9
Vodik	142
črni premog	33,5
Les	16,7
Bencin	46,5
Kruh	10

# Energijski zakon

Če fizikalni sistem (vsa tista telesa, ki jih želimo obravnavati skupaj, druga telesa pa pripadajo okolici), ne prejme nobenega dela in toplote iz okolice, se mu energija ohranja. Velja zakon o ohranitvi energije, vsota vseh oblik energije sistema se ohranja.

$$W_{k1} + W_{p1} + W_{pr1} + W_{n1} = W_{k2} + W_{p2} + W_{pr2} + W_{n2}$$

Vsota energij na začetku, je enaka vsoti energij na koncu. Ta zakon lahko zapišemo tudi drugače:

$$\Delta W_k + \Delta W_p + \Delta W_{pr} + \Delta W_n = 0$$

$\Delta W_k, \Delta W_p, \Delta W_{pr}, \Delta W_n$  pomenijo spremembe posameznih vrst energij.

Kadar fizikalni sistem prejme delo in toploto iz okolice, je sprememba njegove energije enaka vsoti dovedenega dela in toplote.

$$\Delta W = A + Q$$

To enačbo imenujemo energijski zakon: telesu se poveča energija za toliko, kolikor dela in toplote telo prejme in zmanjša za toliko, kolikor dela in toplote telo odda.

# Moč in toplotni tok

Moč  $P$  je kvocient med opravljenim delom  $A$  in časom  $t$ , v katerem je bilo delo opravljeno.

$$P = A/t$$

Pomembno je, kako hitro neko telo opravlja delo. Ta opredelitev moči velja v primeru, ko izbrano telo opravlja delo enakomerno, saj je pri enakomernem opravljanju dela moč konstantna.

Moč lahko povežemo s silo in hitrostjo. Če potiskamo telo s stalno silo enakomerno po vodoravni podlagi, mora sila rok premagovati trenje. Telo se giblje enakomerno s konstantno hitrostjo  $v$ , če sta si sila rok  $F$  in trenje nasprotno enaki.

Moč, s katero potiskamo telo, je pri premosorazmernem (ali premoenakomernem) gibanju enaka produktu sile in hitrosti. Izpeljava je preprosta.

$$P = A/t$$

$$A = F \cdot s$$

$$P = F \cdot s/t$$

$$v = s/t$$

$$P = F \cdot v$$

Podobno kot moč računamo tudi toplotni tok  $P$ . Toplotni tok je enak pretočeni toploti v časovni enoti.

$$P = Q/t$$

Delo in toplota sta dva različna prenosa energije. Moč in toplotni tok pa sta dve različni obliki energijskega toka. Energijski tok je kvocient med energijo in časom, v katerem telo odda ali prejme energijo.

$$P = W/t$$

# Viri energije

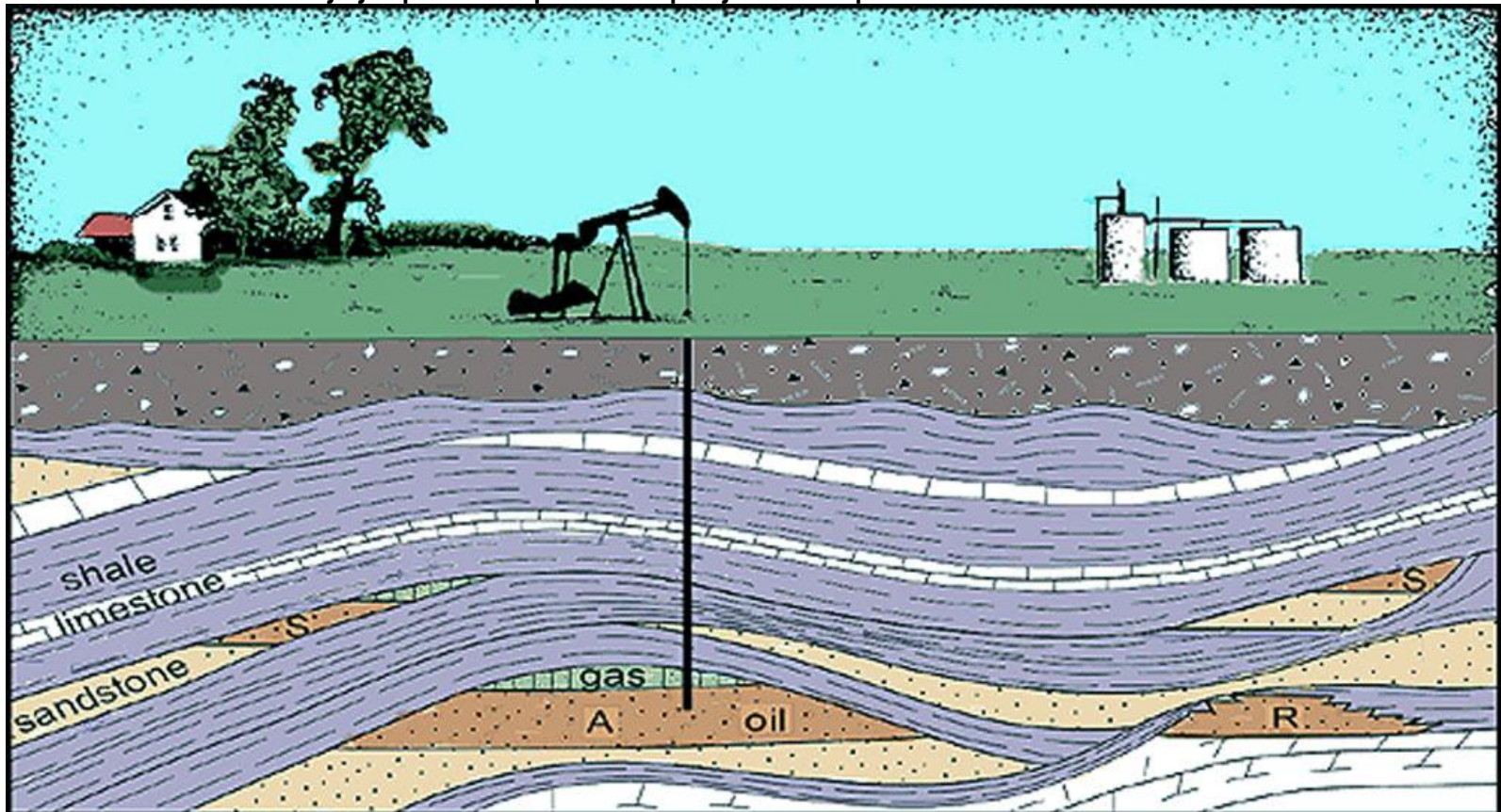


# Zemeljski plin

- Zemeljski plin je vsestransko uporaben, udoben in ekonomičen vir ogrevanja. Je nestrupen, nima vonja, barve ali okusa in je lažji od zraka. 98 odstotkov njegove kemijske sestave predstavlja metan, vsebuje pa še etan, druge ogljikovodike, ogljikov dioksid in vodo. Za uporabo v široki potrošnji mu iz varnostnih razlogov dodajamo vonj – odorant, zato da ga ljudje lahko zaznamo že v koncentraciji, ki je daleč pod spodnjo mejo eksplozivnosti.
- Zemeljski plin je okolju prijazno gorivo, saj v primerjavi s premogom ali nafto vsebuje zanemarljivo nizke vrednosti žvepla. Prašnih delcev, kot so saje in pepel, pri izgorevanju skoraj ni. Ob pravilni nastavitvi plinskih naprav sta edina stranska produkta, ki nastajata v procesu izgorevanja, ogljikov dioksid in voda.
- O nastanku fosilnih goriv je znanih več teorij. Med njimi je najbolj znana organska teorija. Ta pravi, da je zemeljski plin nastal iz odmrlih morskih mikroorganizmov in rastlin, ki jih je prekrila plast peska, mulja in blata. Zaradi visokih tlakov in visokih temperatur ter ob pomanjkanju zraka so iz teh odmrlih organizmov nastale organske spojine. Anaerobne bakterije so te organske spojine spreminjale v snovi, iz katerih so v milijonih let nastajali nafta, zemeljski plin in druge spojine. Nafta in zemeljski plin sta nastajala globoko v zemlji in nato po razpokah in prepustnih zemeljskih plasteh prodirala proti zemeljskemu površju. Zaustavila sta se pod nepropustnimi plastmi globoko pod površjem.

# Zemeljski plin - nahajališča

- Zemeljski plin pridobivamo iz vrtin na naftnih in plinskih poljih. Zemeljski plin se najpogosteje nahaja kot spremljevalec nafte na naftnih poljih. V zgornjem delu nahajališča nafte se nahaja zemeljski plin, v srednjem se nahaja nafta in v spodnjem slana voda. Obstajajo pa tudi plinska polja brez prisotnosti nafte.



# Zemeljski plin - zgodovina

3.000 let pr.n.št.

Zemeljski plin je najstarejše poznano gorivo. Stare listine dokazujejo, da so na Srednjem vzhodu uporabljali plin že zelo zgodaj. Že 3.000 let pred našim štetjem sumerski duhovnik pripoveduje o plinu kot božjem znamenju in napoveduje, da ga bo v prihodnje mogoče uporabljati.

900 let pr.n.št.

Po raziskavah naj bi Kitajci plin že leta 900 pred našim štetjem uporabljali pri pridobivanju soli iz vode slanih vrelic.

V zgodovinskih spisih in legendah je pisano, da je bil zemeljski plin tudi v stari Evropi, vendar ta izvor še ni dokazan.

Strabon, Plutarh in drugi grški zgodovinarji govorijo, da je bilo v Apoloniji (Balkan) in Hamedanu (Iran) veliko toplic kjer so bili izviri zemeljskega plina. Prav tako so bili posebni (goreči) vodnjaki blizu Grenobla.

1748

J. P. Minckelers je bil prvi, ki je konstruiral napravo za pridobivanje plina iz premoga in plin nato uporabil za razsvetljavo.

1791

P. Lebon je v Franciji iz premoga pridobljen plin prvič uporabil za razsvetljavo.

1798

W. Murdock in S. Callegon zgradita prvo plinarno v Solou blizu Birminghama.

1802

Zgrajena prva plinarna v ZDA, v Baltimoru.

# Zemeljski plin - nahajališča, zaloge in načini iskanja

- Pod zemeljsko skorjo je zalog zemeljskega plina še za najmanj 80 let. Vsako leto se odkrivajo nova nahajališča. V primerjavi z nafto, so zaloge zemeljskega plina znatno večje.
- Nahajališča zemeljskega plina so v neposredni bližini naše države in sicer v Jadranskem morju ter v Panonski nižini.
- Doslej odkrite zaloge zemeljskega plina na svetu znašajo po ocenah strokovnjakov približno  $223,7 \cdot 10^{12}$  kubičnih metrov. Rusija predstavlja skupaj z Iranom ter Katarjem nekaj več kot 58% delež vseh svetovnih rezerv zemeljskega plina.



Država	Zaloge (10 <sup>12</sup> m <sup>3</sup> )	Celotni svetovni delež (%)
Svet	223,70	100,0
<b>20 držav z največjimi zalogami plina</b>	<b>199,66</b>	<b>89,3</b>
Rusija	62,22	27,8
Iran	34,81	15,6
Katar	33,70	15,1
Saudska Arabija	8,70	3,9
Združeni Arabski Emirati	7,85	3,5
ZDA	7,00	3,1
Nigerija	6,51	2,9
Alžirija	5,96	2,7
Venezuela	5,59	2,5
Irak	4,07	1,8
Indonezija	3,33	1,5
Malezija	1,07	0,5
Norveška	2,77	1,2
Turkmenistan	2,74	1,2
Uzbekistan	2,62	1,2
Kazahstan	2,44	1,1
Nizozemska	2,40	1,1
Kanada	2,29	1,0
Egipt	2,11	0,9
Ukrajina	1,48	0,7
<b>Preostali svet skupaj</b>	<b>24,03</b>	<b>10,7</b>

# Zemeljski plin - lastnosti

- Najpogosteje ga merimo v  $\text{Sm}^3$  (standardni kubični meter je količina plina, ki ima pri tlaku 1013,25 mbar in temperaturi  $15^\circ\text{C}$  prostornino  $1 \text{ m}^3$ ).
- Zemeljski plin je lažji od zraka (gostota zraka je  $1,293 \text{ kg}/\text{Sm}^3$ , gostota zemeljskega plina pa  $0,68 \text{ kg}/\text{Sm}^3$ ), zato se v zraku hitro dviga. Vžge se pri temperaturi od  $595$  do  $630^\circ\text{C}$ . Vrelišče ima pri  $-161^\circ\text{C}$ , zmrzne pa pri  $-182^\circ\text{C}$ .
- Zemeljski plin, ki ga prodajamo v Sloveniji, ima nazivno kurilnost ("spodnjo kalorično moč")  $34.076 \text{ kJ}/\text{Sm}^3$ .

<b>Parameter</b>	<b>Vrednost</b>
<b>Gostota</b>	<b>0,75 (<math>\text{kg}/\text{Sm}^3</math>) (primerjava; gostota zraka = <math>1,29\text{kg}/\text{Sm}^3</math>)</b>
<b>Meja eksplozivnosti</b>	<b>4-16 (vol%)</b>
<b>Kurilna vrednost</b>	<b>34.076 (<math>\text{kJ}/\text{Sm}^3</math>)</b>
<b>Vnetišče</b>	<b>645 (<math>^\circ\text{C}</math>)</b>
<b>Temperatura izgorevanja</b>	<b>1950 (<math>^\circ\text{C}</math>)</b>

# Zemeljski plin - prednosti zemeljskega plina

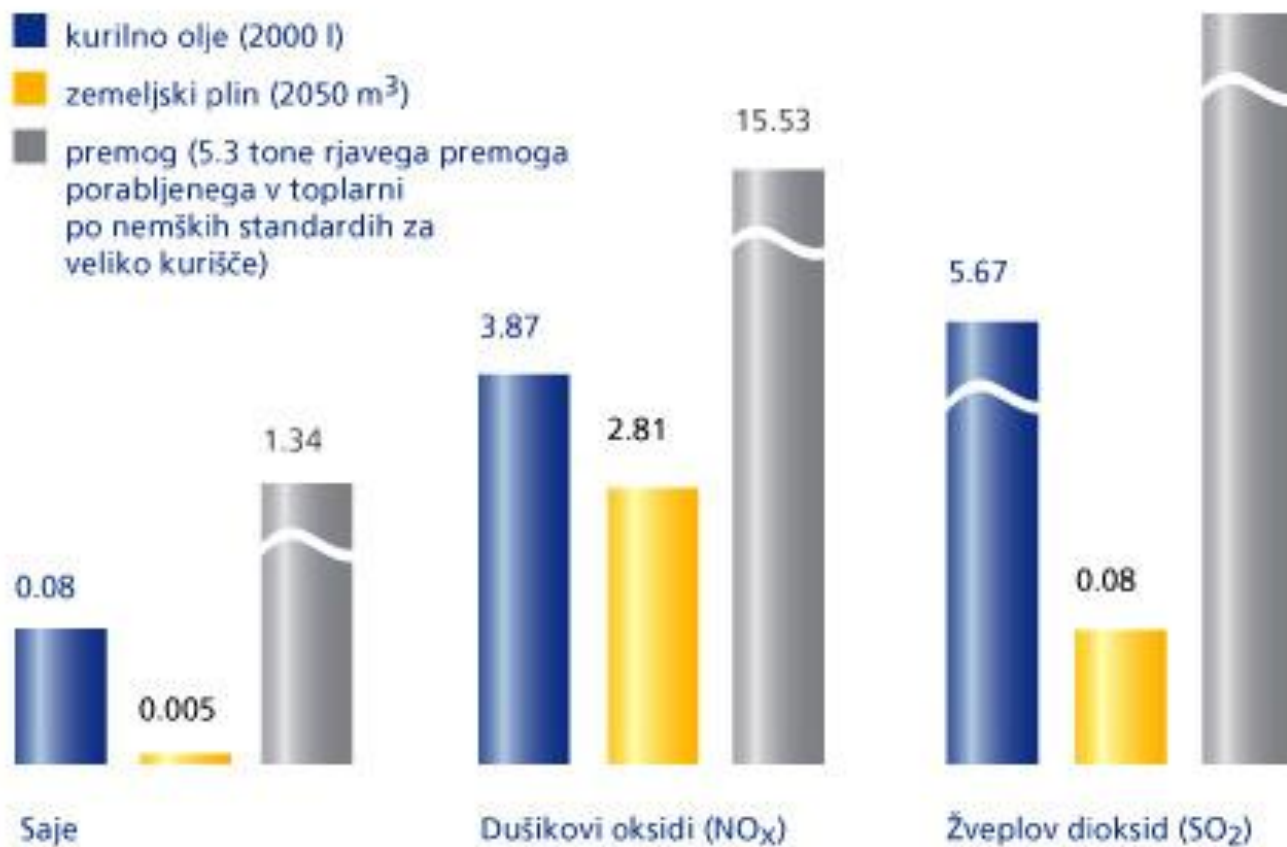
- Zanesljiva oskrba
- Zaloge: 80 let. Slovenija ga uvaža iz Rusije (do 60 %) in Alžirije, povezani pa smo tudi s Hrvaškim plinovodnim sistemom. Zaradi takšne regijske razpršenosti je oskrba med zanesljivejšimi v Evropi.
- Konkurenčna cena
- Sprotno plačevanje porabe
- Porabo plina neprestano nadzorujemo in jo preko plinomera plačujemo po dejanski porabi. Za večino ostalih energentov moramo financirati lastno zalogo.
- Visok energetski izkoristek
- Sodobne plinske naprave odlikujejo visoki izkoristki, nizki vzdrževalni stroški in dolga življenjska doba. Kondenzacijski kotli omogočajo do 15% višje izkoristke primarne energije v primerjavi s klasičnimi načini ogrevanja. Zgorevanje plina se s pomočjo regulacije vseskozi prilagaja zunanjim vremenskim razmeram in notranjim bivalnim potrebam.
- Ekološka neoporečnost
- Zemeljski plin je gorivo, ki pri izgorevanju povzroča najmanjše emisije dimnih plinov in najmanjše emisije toplogrednih plinov. Ob pravilni nastavitvi plinskih naprav sta edina stranska produkta, ki nastajata v procesu izgorevanja, ogljikov dioksid in voda.
- Prihranek prostora
- Pri zemeljskem plinu ne potrebujete prostora za postavitev rezervoarja in stabilne peči. Ker prostor namenjen skladiščenju goriva ni potreben, odpadejo tudi stroški transporta in skladiščenja goriva.
- Vsestranska uporabnost
- Zemeljski plin je široko uporaben tako v industriji, kot tudi v gospodinjstvih. V gospodinjstvih ga uporabljamo za ogrevanje in delovanje klimatskih naprav, gretje vode in kuhanje.
- V industriji zemeljski plin uporabljamo v parnih kotlih vseh industrijskih panog, v metalurških pečeh, v industriji gradbenega materiala (v proizvodnji cementa, apna, opeke), v lesno-predelovalni industriji za sušenje, v kovinsko-predelovalni industriji za lakirnice, v papirnicah.

# Zemeljski plin

- Uporaben je pri proizvodnji električne energije. Ločimo:
  - Soproizvodnja
  - To je postopek hkratne proizvodnje toplote in elektrike. V kombiniranih plinsko-parnih napravah predstavlja tak način uporabe zemeljskega plina najučinkovitejšo izrabo energetskega potenciala goriva in s tem finančne prihranke. Sodobna tehnologija omogoča kogeneracijo tako pri majhnih energetskih porabnikih kot v največjih industrijskih kompleksih.
- Elektrarne
- Zaradi nižjih naložbenih stroškov na instalirano moč in zaradi najvišjega izkoristka od vseh elektrarn na fosilna goriva (preko 50 %) je cena električne energije iz plinskih elektrarn ugodna. Ocenjujejo, da bodo v tem desetletju zgradili na plin eno tretjino vseh elektrarn v Evropi in štirideset odstotkov v ZDA.
- Zemeljski plin predstavlja glavno surovino za izdelavo mnogih snovi, na primer umetnih gnojil in metanola. V Sloveniji izdelujejo iz njega tudi vodikov peroksid.
- Zelo počasi, a vse bolj zanesljivo si zemeljski plin utira pot za pogon motornih vozil. Prednosti uporabe zemeljskega plina pred tekočimi gorivi je v cestnem prometu veliko. Ovira je pomanjkanje javnih polnilnic.

# Zemeljski plin

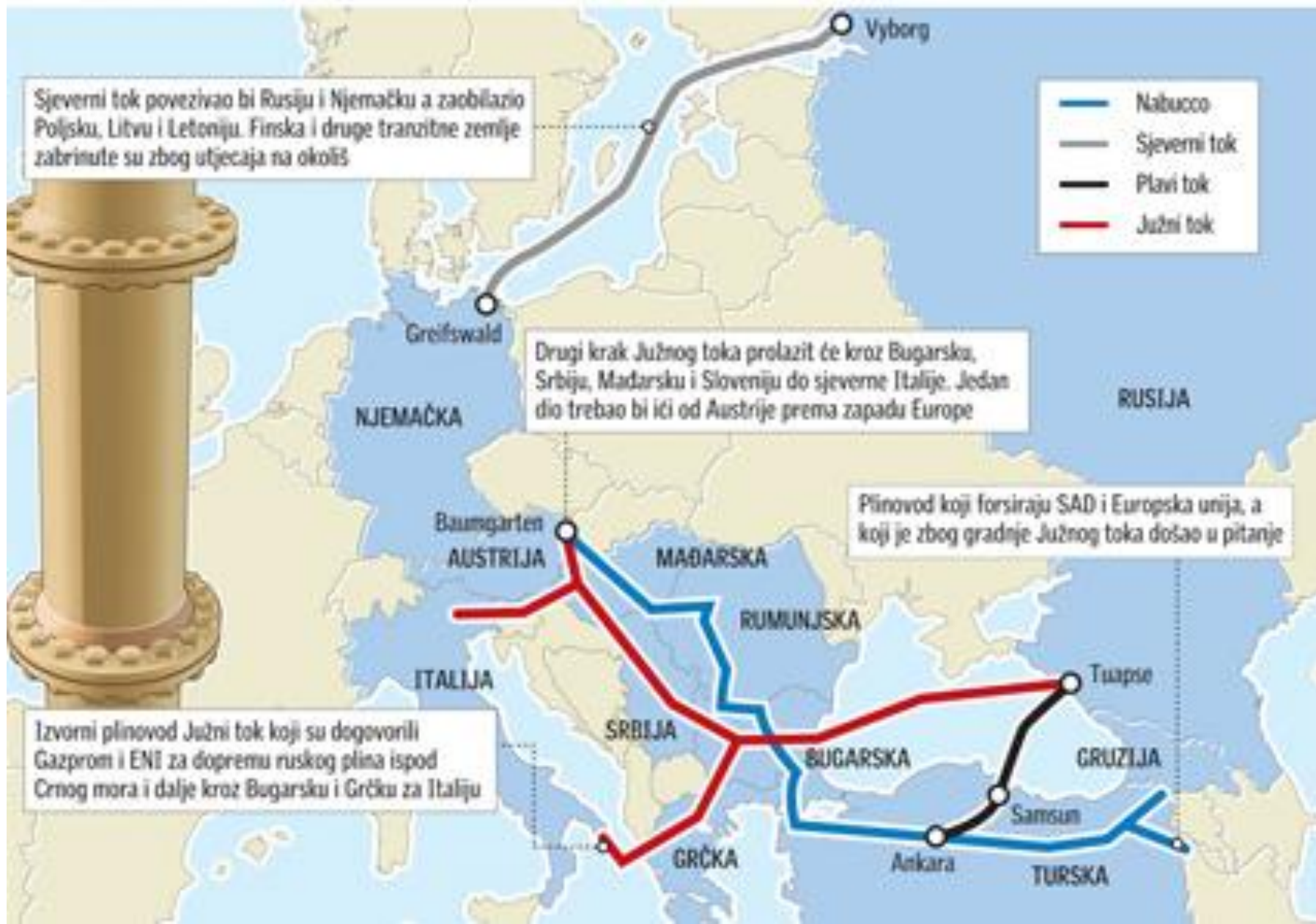
STOPNJA ONESNAŽEVANJA OKOLJA  
PRI RAZLIČNIH VRSTAH OGREVANJA (kg/leto)



# Zemeljski plin - cena

- Ceno za oskrbo z zemeljskim plinom sestavljajo:
- cena za dobavo plina:
  - cena za dobavljeni zemeljski plin,
  - trošarina,
  - okoljska dajatev,
- cena za uporabo omrežij zemeljskega plina (transport oziroma distribucija),
  - fiksni del v obliki mesečnega pavšala,
  - variabilni del, ki se obračunava glede na porabljeno količino,
  - zneska za izvajanje meritve,
- davek na dodano vrednost (20%).
- Primer cene plina: za lastno rabo znaša 0,2744 EUR/Sm<sup>3</sup> in začne veljati od vključno 1. julija 2010 ter je za 0,0172 EUR/Sm<sup>3</sup> višja od veljavne cene v maju 2010.
  
- RAZLAGA RAČUNA ZA PLIN
- Vmesna vrstna hiša – pozimi - 150 EUR
- Končna vrstna hiša – pozimi - 200 EUR
- Samostojna hiša – pozimi - 300 EUR
- Stanovanja (glede na velikost) – pozimi - do 150 EUR

# Zemeljski plin



# Zemeljski plin





# Zemeljski plin – omrežje v Sloveniji



# Nafta

- **ORGANSKI NASTANEK**

- Po organski teoriji je nafta nastala iz odmrlih morskih mikroorganizmov in rastlin, ki jih je prekrila plast peska, mulja in blata. Zaradi visokih pritiskov, pomanjkanja zraka in visokih temperatur so iz teh odmrlih organizmov nastale organske spojine. Anaerobne bakterije so te organske spojine spreminjale v maščobne kisline, nadaljnji fermentacijski procesi ob prisotnosti katalizatorjev pa so maščobne kisline pretvorili v nafto. Zaradi tlaka zemeljske skorje je nafta s primesmi pritekla skozi zemeljske razpoke v zgornje zemeljske sloje; nafta in zemeljski plin sta nastala globoko v zemlji in nato po razpokah in prepustnih zemeljskih plasteh prodirala (migrirala) proti površju zemeljske skorje. Zaustavila sta se pod nepropustnimi plastmi raznih kamenin ( laporja, skrilavcev). V zgornjem delu naftno plinskega ležišča se nahaja zemeljski plin, v srednjem nafta, v spodnjem pa slana voda.
- Ker je nafta organskega porekla, je v znanstvenih in strokovnih krogih o nastanku nafte priznana organska teorija o nastanku nafte.

- **ANORGANSKI NASTANEK**

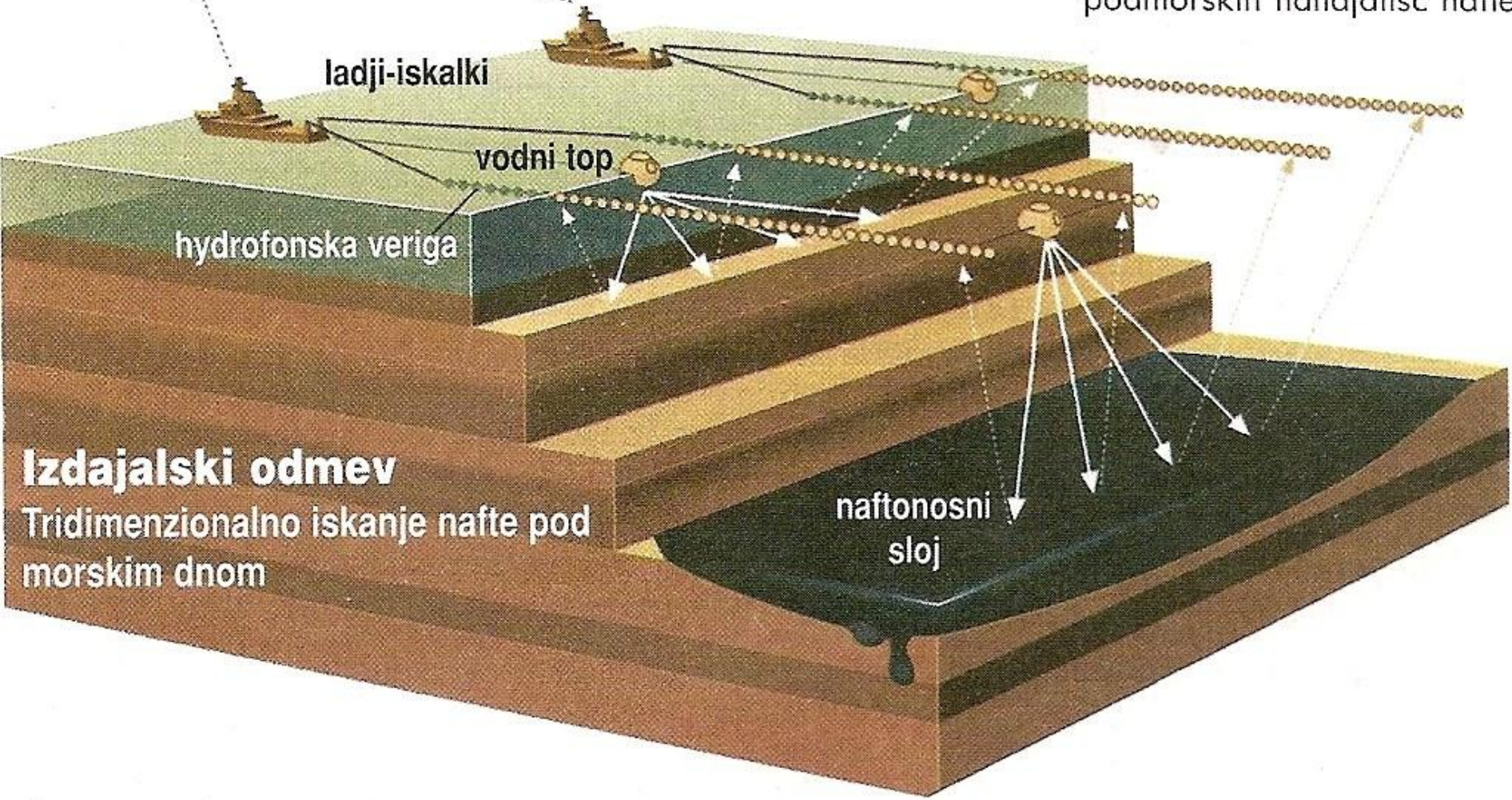
- Obstaja pa tudi teorija, da je nafta deloma lahko nastala iz nežive narave, da je torej nastanek nafte neorganski.
- Anorganska teorija temelji na predpostavki, da se v pogojih, ki vladajo okrog 1000m pod površjem Zemlje, voda, grafit in  $\text{FeS}_2$  obnašajo kot velika električna bakterija; grafit ima vlogo električnega prevodnika, voda se pri teh pogojih cepi na kisik in vodik, slednji pa z grafitom tvori ogljikovodike – glavne sestavine nafte. Tako naj bi nastala razna olja, voski, nato pa so potekale sekundarne reakcije z drugimi spojinami (npr. žveplovimi) in nastali naj bi sulfidi, disulfidi, merkaptalij.

# Iskanje nafte

- Površinska nahajališča nafte so zelo redka, zato je treba nafto iskati.
- Iskanje temelji na poznavanju geološke strukture zemeljskih plasti in na iskanju kamnin, ki dokazujejo prisotnost nafte. Metode iskanja nafte:
- Indirektne: - fotogrametrija (obsevanje Zemlje iz zraka)
- - gravimetrija (merjenje sprememb težnosti; v naftnih nahajališčih je težnost zmanjšana)
- - magnetne meritve (merjenje sprememb magnetnega polja nad naftnim ležiščem)
- Direktne: - neposredno vrtanje (je najzanesljivejša metoda)
- Eden od pripomočkov za iskanje nafte je naprava za merjenje zemeljske teže, s katero geologi odkrijejo nafto v zemlji. Do nafte pridejo tako, da do nahajališč izvrtamo vrtine skozi zemeljsko skorjo. To se dogaja tako na kopnem kot na morju.
- Za odkrivanje nafte je potrebno najprej najti območje s sedimentnimi kamninami, ki edine vsebujejo nafto, nato pa geologi preučijo sosednje kamnine in ugotovijo, ali je tam možno nahajališče nafte. Vendar pa lahko nahajališče natančno ugotovimo le z vrtanjem.
- Nafto vrtajo z vrtalnimi stroji s posebnimi svedri. Konica tega svedra, ki je pritrjena na cev in ima ostre zobe, se vrti in hkrati reže odprtino skozi skalo. Med pogrezanjem cevi svedra v tla, pritrjujejo nanjo nove in nove odseke. Tako vrtajo vse dokler konica svedra ne pride do nafte, takrat pa je lahko cel dolga že več kilometrov.

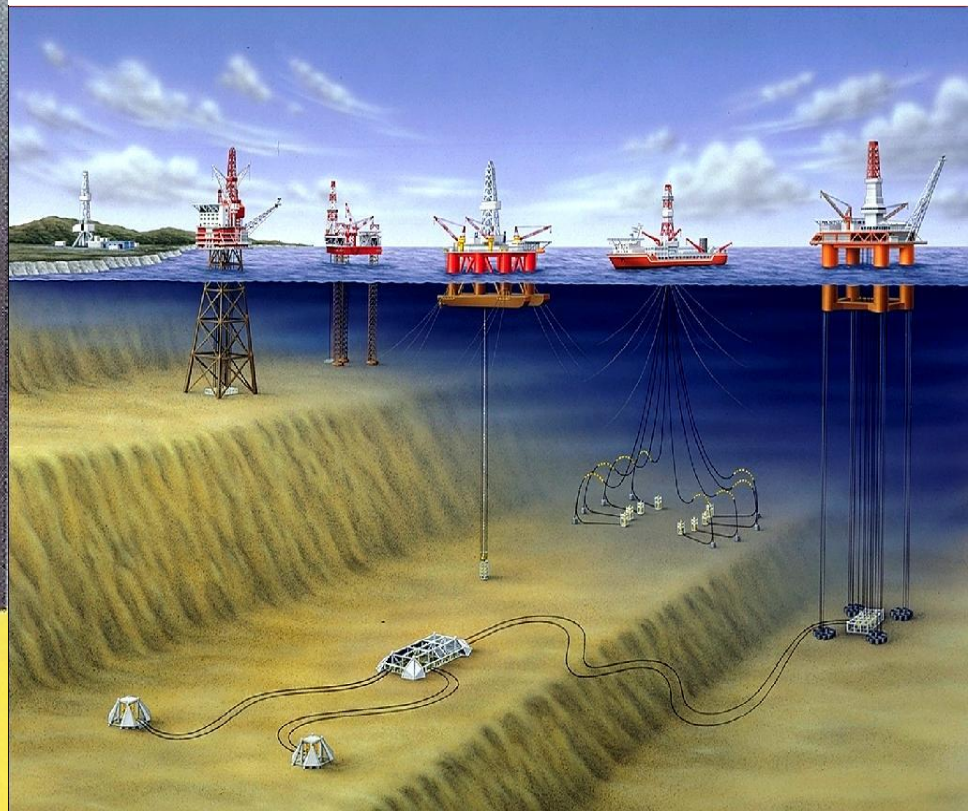
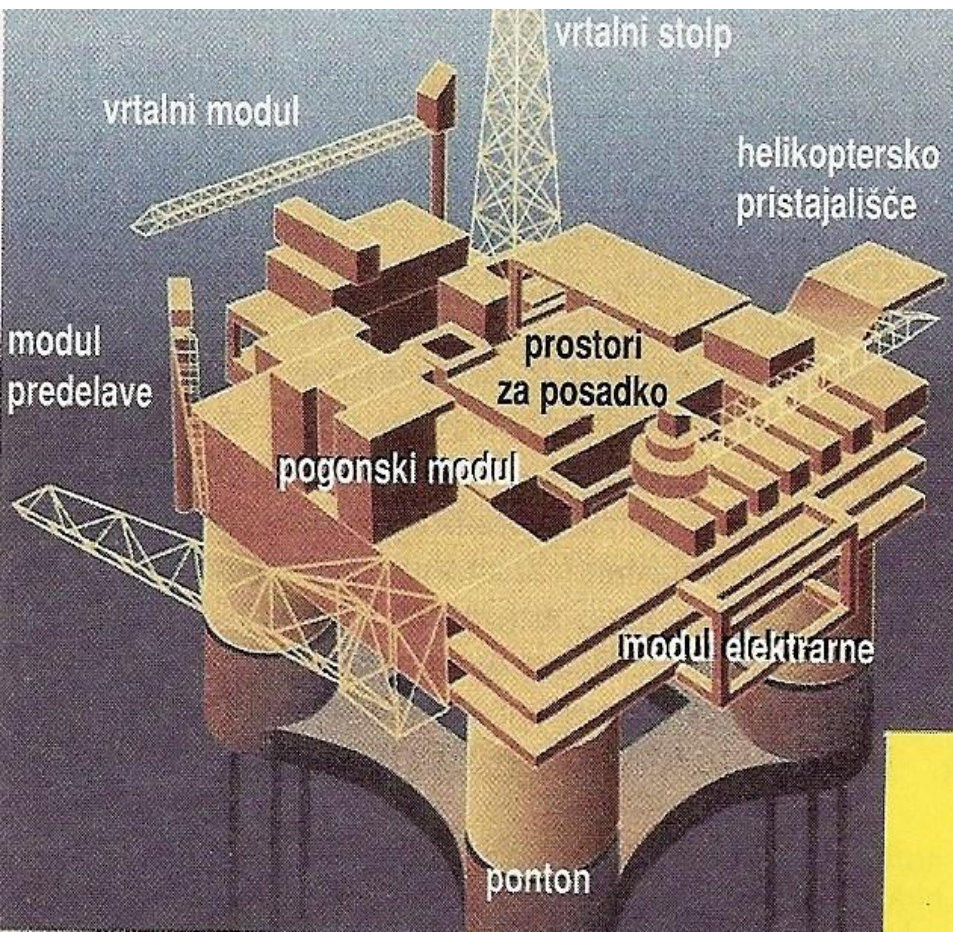
**GPS satelit**  
(za določanje položaja)

Po dve ladji, ki iščeta nafto, vlečeta za sabo vrsto vodnih topov in verigo etektorjev zvoka (t. i. hidrofonov). Oddajani zvočni valovi se na značilen način odbijejo od naftonosne plasti, zapis izmerjenih podatkov na magnetne trakove pa v povezavi z natančno določitvijo položaja s pomočjo satelita omogoča izdelavo tridimenzionalnih slik podmorskih nahajališč nafte.



Primarno črpanje (črpanje nafte, pri katerem potegnejo le tretjino nafte iz ležišča)  
Sekundarno črpanje (črpanje, pri katerem v vrtino potiskajo vodo, vodno paro ali plin, potem pa le-ta izganja in žene nafto iz poroznih kamenin na površje)

Približno tretjino nafte na svetu pa načrpajo iz nahajališč pod morskim dnom. Tam jo črpajo z naftnih ploščadi na gladini.



# Energija sonca

- <http://www.powerfromthesun.net/chapter2/Chapter2.htm>
- Energija, ki jo vse človeštvo porabi v enem letu pride od sonca v 40 minutah!
- [http://books.google.si/books?id=vpQ4rp1R7usC&printsec=frontcover&dq=power+from+the+sun&source=bl&ots=2xuFHdopu0&sig=AYYFGzsrbtT7fVkJR-4Ck0ImJYLo&hl=sl&ei=2KkPTPThOoeCOOun2fsK&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=14&ved=0CFoQ6AEwDQ#v=onepage&q&f=false](http://books.google.si/books?id=vpQ4rp1R7usC&printsec=frontcover&dq=power+from+the+sun&source=bl&ots=2xuFHdopu0&sig=AYYFGzsrbtT7fVkJR-4Ck0ImJYLo&hl=sl&ei=2KkPTPThOoeCOOun2fsK&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=14&ved=0CFoQ6AEwDQ#v=onepage&q&f=false)
- STRAN 8

# Jedrska goriva

- Razširjena surovina za jedrsko gorivo je naravni radioaktivni element uran.
- Uran je zelo težka oziroma gosta kovina, ki jo je leta 1789 odkril nemški kemik Martin Klaproth in jo poimenoval po planetu Uranu. Kemični simbol je U, z vrstnim številom 92. Vrsto število je enako številu elektronov v elektronski ovojnici atoma ali številu protonov v jedru in je hkrati zaporedna številka elementa v periodnem sistemu. Uran je svetlosiva kovina s specifično težo 18,9. Topi se pri 1132 °C. Na zraku in vodi zelo hidro oksidira.
- Uran, ki ga najdemo v zemeljski skorji v povprečni koncentraciji 2 g/tono, je v različnih mineralnih oblikah. Glavni rudi sta uraninit in karnotit, pojavlja pa se tudi v bakrovih, zlatih in fosfatnih rudah, v nizkih koncentracijah pa tudi v morju. Najbolj zastopana izotopa urana v naravi sta uran 238 (99,29 %) in uran 235 (0,71 %).
- Jedrsko gorivo v komercialnih jedrskih elektrarnah za proizvodnjo električne energije je večinoma v obliki tabletk uranovega dioksida, ki so zložene v gorivnih palicah iz cirkonijeve zlitine.
- 235 gorivnih palic pa je povezanih v gorivni element. V reaktorju je 121 gorivnih elementov, ki vsebujejo 50 ton urana, od tega je približno 95 % izotopa urana 238 in 5 % izotopa urana 235. Pri cepitvi urana z nevtroni se sprošča energija.

## Ponovitev matrik

$$\begin{bmatrix} \underline{V}_1 \\ \underline{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{a} & \underline{b} \\ \underline{c} & \underline{d} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{V}_2 \\ \underline{I}_2 \end{bmatrix} \equiv \begin{aligned} \underline{V}_1 &= \underline{a}\underline{V}_2 + \underline{b}\underline{I}_2 \\ \underline{I}_1 &= \underline{c}\underline{V}_2 + \underline{d}\underline{I}_2 \end{aligned}$$

Množenje matrik: za element  $c_{ij}$  seštejemo produkte elementov  $i$ -te vrstice **A** in  $j$ -tega stolpca **B**

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} \underline{A}_1 & \underline{A}_2 & \dots & \underline{A}_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{B}_1 \\ \underline{B}_2 \\ \vdots \\ \underline{B}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{A}_1\underline{B}_1 + \underline{A}_2\underline{B}_2 + \dots + \underline{A}_n\underline{B}_n \end{bmatrix}$$

$\mathbf{I} \dots$  identiteta matrika z diagonalnimi členi enakimi 1 in z ostalimi enakimi 0

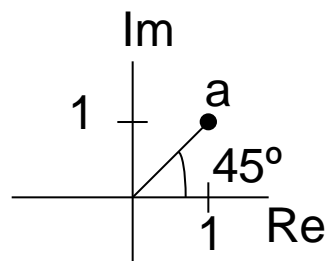
Seštevanje: seštejemo elemente na identičnih mestih

$$\mathbf{I} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \mathbf{A}^* \cdot \mathbf{A}^{-1} \quad \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 4 & 2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 4 & 6 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+4 & 3+6 \\ 4+1 & 2+2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 & 9 \\ 5 & 4 \end{bmatrix}$$

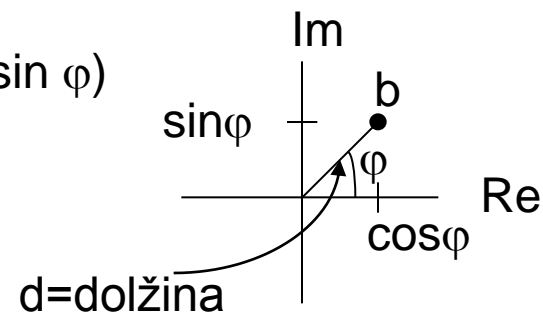


## Ponovitev kompleksnih števil

$$a = 1 + j = \sqrt{2} \angle 45^\circ$$



$$b = d \cdot (\cos \varphi + j \sin \varphi)$$



Seštevanje:

$$a = a_{re} + j \cdot a_{im}$$

$$b = b_{re} + j \cdot b_{im}$$

$$c = a + b = c_{re} + j \cdot c_{im} = \underbrace{a_{re} + b_{re}}_{c_{re}} + j \cdot \underbrace{(a_{im} + b_{im})}_{c_{im}}$$

Množenje:

$$a = a_{re} + j \cdot a_{im}$$

$$b = b_{re} + j \cdot b_{im}$$

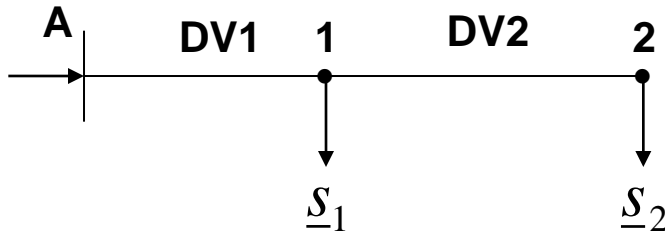
$$c = a \cdot b = c_{re} + j \cdot c_{im} = \underbrace{a_{re} \cdot b_{re} - a_{im} \cdot b_{im}}_{c_{re}} + j \cdot \underbrace{(a_{re} \cdot b_{im} + a_{im} \cdot b_{re})}_{c_{im}}$$

## Ponovitev veličin

Z = nazivna upornost (impedanca)	$\underline{Z} = Z(\cos \varphi_z + j \sin \varphi_z)$	$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$	$\varphi_z = \arctg \frac{X}{R}$
R = delovna upornost (rezistanca)	$R = \operatorname{Re}\{\underline{Z}\}$		
X = jalova upornost (reaktanca)	$X = \operatorname{Im}\{\underline{Z}\}$		
Y = nazivna prevodnost (admitanca)	$\underline{Y} = Y(\cos \varphi_Y + j \sin \varphi_Y)$	$Y = \sqrt{G^2 + B^2}$	$\varphi_Y = \arctg \frac{B}{G}$
G = delovna prevodnost (konduktanca)	$G = \operatorname{Re}\{\underline{Y}\}$		
B = jalova prevodnost (susceptanca)	$B = \operatorname{Im}\{\underline{Y}\}$		
S = navidezna moč	$\underline{S} = P + jQ$		
P = delovna moč	$P = \operatorname{Re}\{\underline{S}\}$		
Q = jalova moč	$Q = \operatorname{Im}\{\underline{S}\}$		

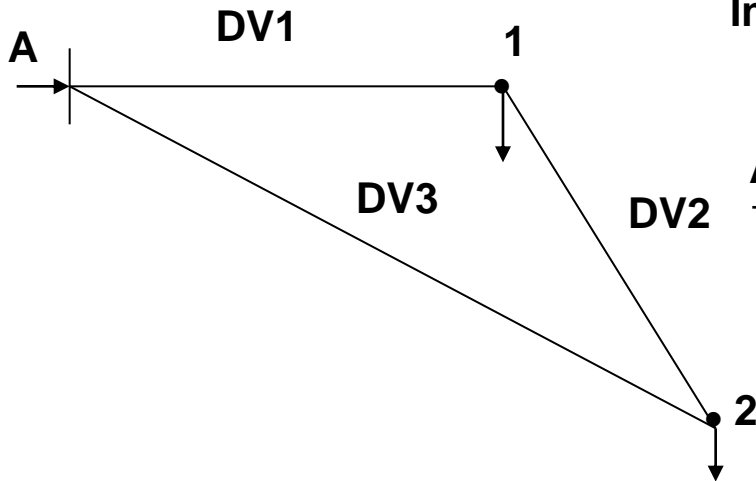
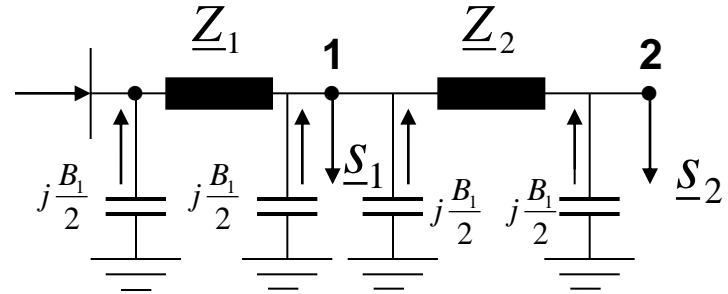
# Sheme sistema in impedančne sheme

Točkasto obremenjen radialni DV ali V (vod)



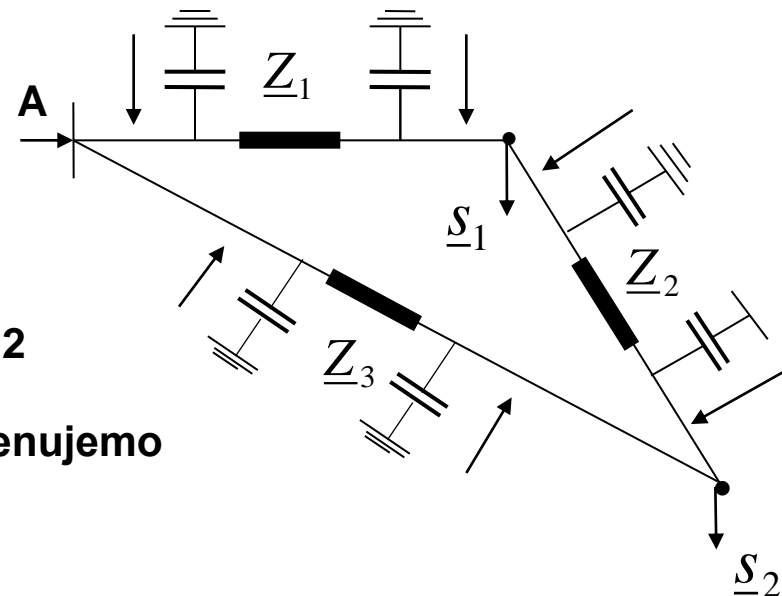
Zankasto omrežje

Impedančna shema radialnega voda



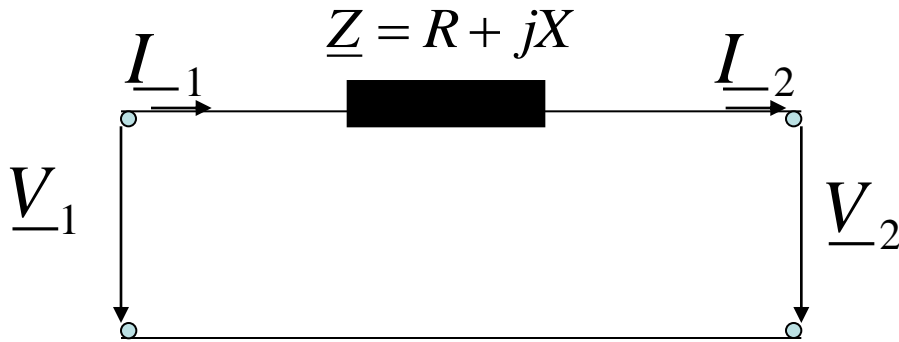
Zankasta omrežja pogosto v praksi imenujemo tudi obročasta omrežja

Impedančna shema zankastega omrežja



Model transformatorja  
Model generatorja

Teorija - kratki vodi –  
model voda z vzdolžno impedanco



$$\Delta v^{\%} = \frac{V_1 - V_2}{V_2} 100$$

Četveropol voda z vzdolžno impedanco

$$\begin{bmatrix} \underline{V}_1 \\ \underline{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{a} & \underline{b} \\ \underline{c} & \underline{d} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{V}_2 \\ \underline{I}_2 \end{bmatrix} \equiv$$

$$\underline{V}_1 = \underline{a}\underline{V}_2 + \underline{b}\underline{I}_2$$

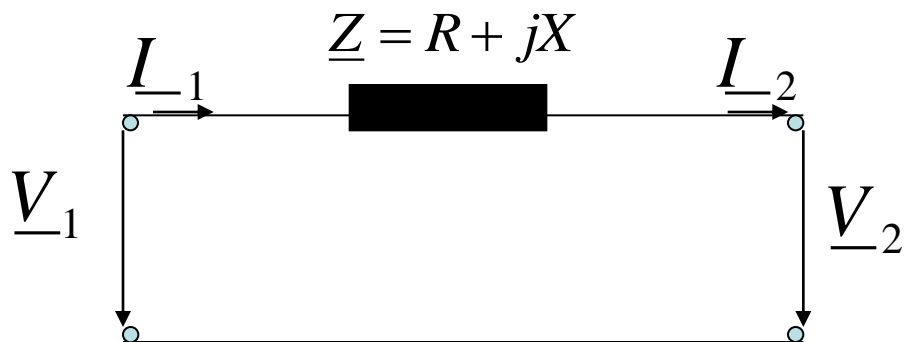
$$\underline{I}_1 = \underline{c}\underline{V}_2 + \underline{d}\underline{I}_2$$



$\underline{A}$  ... matrika četveropola

$$\begin{bmatrix} \underline{V}_1 \\ \underline{I}_1 \end{bmatrix} = \underline{\mathbf{A}} \cdot \begin{bmatrix} \underline{V}_2 \\ \underline{I}_2 \end{bmatrix}$$

## Teorija - kratki vodi – model voda z vzdolžno impedanco

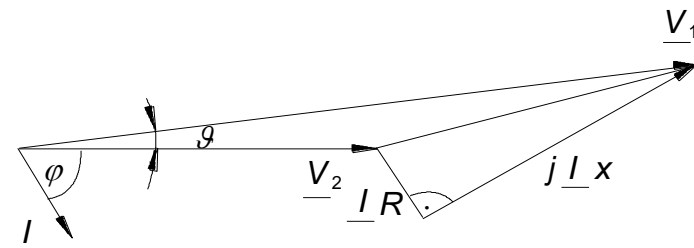


**Četveropol voda z vzdolžno impedanco**

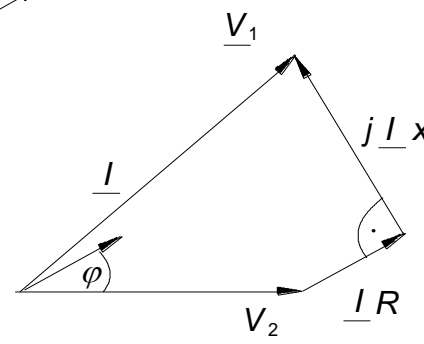
$$\begin{aligned}
 \underline{V}_1 &= \underline{a}\underline{V}_2 + \underline{b}\underline{I}_2 & \underline{V}_1 &= \underline{V}_2 + \underline{Z}\underline{I}_2 \\
 \underline{I}_1 &= \underline{c}\underline{V}_2 + \underline{d}\underline{I}_2 & \underline{I}_1 &= \underline{I}_2
 \end{aligned}
 \quad \Rightarrow \quad
 \begin{aligned}
 \underline{a} &= 1 & \underline{b} &= \underline{Z} \\
 \underline{c} &= 0 & \underline{d} &= 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} \underline{V}_2 \\ \underline{I}_2 \end{bmatrix} = \underline{\mathbf{A}}^{-1} \begin{bmatrix} \underline{V}_1 \\ \underline{I}_1 \end{bmatrix} = \underline{\mathbf{B}} \begin{bmatrix} \underline{V}_1 \\ \underline{I}_1 \end{bmatrix} \quad \underline{\mathbf{A}}^{-1} = \frac{1}{ad - bc} \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$$

## Kazalčni diagram kratkega voda – do 50km



**Tok zaostaja za napetostjo  
– breme induktivne narave.**



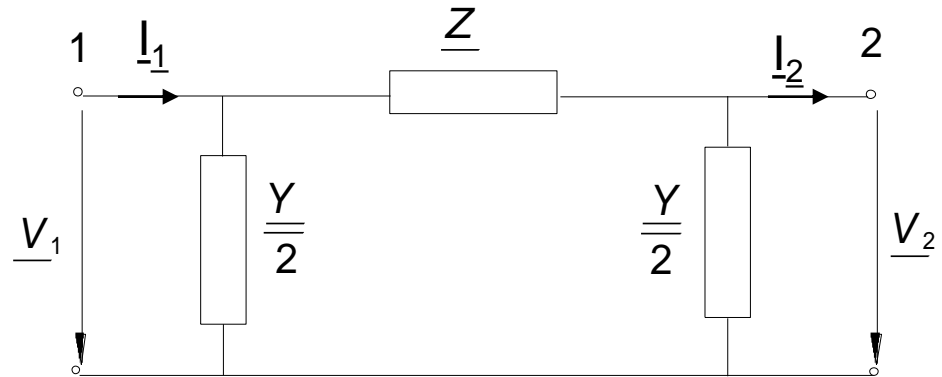
**Tok prehiteva napetost –  
breme kapacitivne narave.**

**Če se dolžina voda večja, lahko simulacija z vzdolžno impedanco ne zadostuje.**

**Boljše rezultate dobimo s tako imenovanim nazivnim  $\Pi$  ali nazivnim T vezjem.**

# Nazivni $\Pi$ model voda s koncentriranimi parametri

$$\begin{bmatrix} \underline{V}_1 \\ \underline{I}_1 \end{bmatrix} = \underline{\mathbf{A}} \cdot \begin{bmatrix} \underline{V}_2 \\ \underline{I}_2 \end{bmatrix}$$



$$\underline{V}_1 = \underline{V}_2 + \left( \underline{V}_2 \frac{\underline{Y}}{2} + \underline{I}_2 \right) \underline{Z}$$

$$\underline{I}_1 = \underline{V}_1 \frac{\underline{Y}}{2} + \underline{V}_2 \frac{\underline{Y}}{2} + \underline{I}_2$$

Zgornjo enačbo vstavimo še v spodnjo

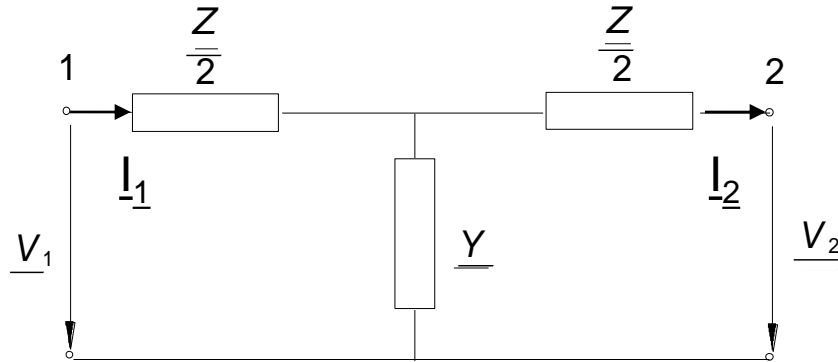
Če je  $\underline{Y}$  celotna admitanca voda na določeni dolžini, sta obe polovični admitanči  $\underline{Y}/2$  uporabljeni v  $\Pi$  modelu, da njuna vsota ustreza celotni admitanca voda.

$$\left. \begin{array}{l} \underline{V}_1 = \underline{V}_2 + \left( \underline{V}_2 \frac{\underline{Y}}{2} + \underline{I}_2 \right) \underline{Z} \\ \underline{I}_1 = \underline{V}_1 \frac{\underline{Y}}{2} + \underline{V}_2 \frac{\underline{Y}}{2} + \underline{I}_2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \underline{a} = \left( 1 + \frac{\underline{Z}\underline{Y}}{2} \right) \\ \underline{c} = \left( \underline{Y} + \frac{\underline{Y}^2 \underline{Z}}{4} \right) \end{array} \quad \begin{array}{l} \underline{b} = \underline{Z} \\ \underline{d} = \left( 1 + \frac{\underline{Z}\underline{Y}}{2} \right) \end{array}$$

$$\underline{\mathbf{A}} = \begin{bmatrix} 1 + \frac{\underline{Z} \cdot \underline{Y}}{2} & \underline{Z} \\ \underline{Y} + \frac{\underline{Y}^2 \cdot \underline{Z}}{4} & 1 + \frac{\underline{Z} \cdot \underline{Y}}{2} \end{bmatrix}$$

# Nazivni T model voda s koncentriranimi parametri

$$\begin{bmatrix} \underline{V}_1 \\ \underline{I}_1 \end{bmatrix} = \underline{\mathbf{A}} \cdot \begin{bmatrix} \underline{V}_2 \\ \underline{I}_2 \end{bmatrix}$$



$$\underline{V}_1 = \underline{I}_1 \frac{\underline{Z}}{2} + \underline{V}_2 + \underline{I}_2 \frac{\underline{Z}}{2}$$

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_2 + \left( \underline{V}_2 + \underline{I}_2 \frac{\underline{Z}}{2} \right) \underline{Y}$$

Spodnjo enačbo vstavimo  
še v zgornjo



$$\underline{V}_1 = \left( 1 + \frac{\underline{ZY}}{2} \right) \underline{V}_2 + \left( \underline{Z} + \frac{\underline{Z}^2 \underline{Y}}{4} \right) \underline{I}_2$$



$$\underline{I}_1 = \underline{Y} \underline{V}_2 + \left( 1 + \frac{\underline{ZY}}{2} \right) \underline{I}_2$$

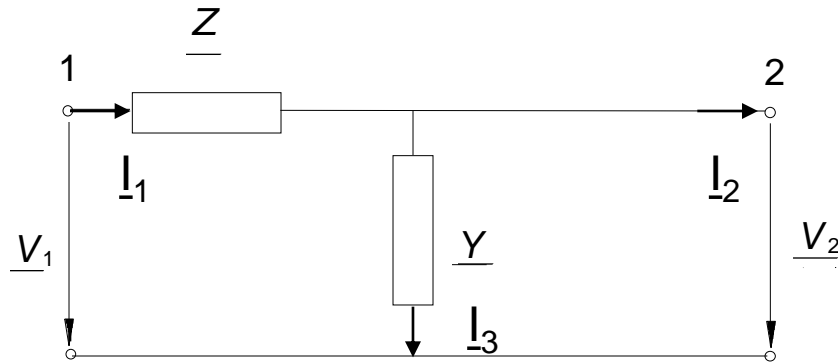
$$\underline{a} = \left( 1 + \frac{\underline{ZY}}{2} \right) \quad \underline{b} = \left( \underline{Z} + \frac{\underline{Z}^2 \underline{Y}}{4} \right) \quad \underline{c} = \underline{Y} \quad \underline{d} = \left( 1 + \frac{\underline{ZY}}{2} \right)$$

$$\underline{\mathbf{A}} = \begin{bmatrix} 1 + \frac{\underline{Z} \cdot \underline{Y}}{2} & \underline{Z} + \frac{\underline{Z}^2 \cdot \underline{Y}}{4} \\ \underline{Y} & 1 + \frac{\underline{Z} \cdot \underline{Y}}{2} \end{bmatrix}$$

Če je  $\underline{Z}$  celotna impedanca voda na določeni dolžini, sta obe polovični impedanci  $\underline{Z}/2$  uporabljeni v T modelu, da njuna vsota ustreza celotni impedanci voda.



# Model voda z vzdolžno impedanco in prečno admitanco



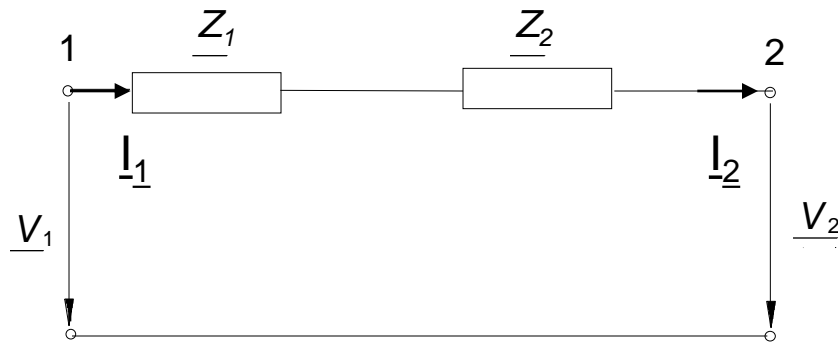
$$\underline{V}_1 = \underline{V}_2 + \underline{Z} \cdot (\underline{I}_2 + \underline{I}_3) = \underline{V}_2 + \underline{Z} \cdot (\underline{I}_2 + \underline{Y} \cdot \underline{V}_2) = (1 + \underline{Z} \cdot \underline{Y}) \cdot \underline{V}_2 + \underline{Z} \cdot \underline{I}_2$$

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_2 + \underline{I}_3 = \underline{I}_2 + \underline{Y} \cdot \underline{V}_2$$

$$\begin{bmatrix} \underline{V}_1 \\ \underline{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + \underline{Y} \cdot \underline{Z} & \underline{Z} \\ \underline{Y} & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{V}_2 \\ \underline{I}_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \underline{V}_2 \\ \underline{I}_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{\det \underline{A}} \begin{bmatrix} 1 & -\underline{Z} \\ -\underline{Y} & 1 + \underline{Y} \cdot \underline{Z} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{V}_1 \\ \underline{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\underline{Z} \\ -\underline{Y} & 1 + \underline{Y} \cdot \underline{Z} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{V}_1 \\ \underline{I}_1 \end{bmatrix}$$

## Model dveh vodov z vzdolžno impedanco



$$\underline{V}_1 = \underline{V}_2 + (\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2)\underline{I}_2$$

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_2$$

$$\underline{\mathbf{A}} = \underline{\mathbf{A}}_1 \cdot \underline{\mathbf{A}}_2 = \begin{bmatrix} 1 & \underline{Z}_1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & \underline{Z}_2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- Srednje dolgi vodi se običajno smatrajo do dolžin 250 ali 300 km.
- Pri izvajanju klasične transformacije Y/Δ lahko spoznamo, da tako dobljeni vezji  $\pi$  in T nista ekvivalentni. V obeh primerih predstavljata le električno aproksimacijo voda. Dejanskim razmeram se bolj približamo, če vod razdrobimo na večje število manjših delov. V primeru več zaporedno vezanih enih ali drugih modelov velja, da je skupna verižna matrika enaka produktu vseh verižnih matrik.

$$\underline{A} = \underline{A}_1 \underline{A}_2 \underline{A}_3 \cdots \underline{A}_n$$

Pri daljših vodih upoštevamo, da so kapacitivnosti vsakega voda dejansko enakomerno porazdeljene po vsej njegovi dolžini. Vod si lahko predstavljamo razdeljen na neskončno število takih delcev dolžine dx.

Predpostavljajmo napetosti in toke čiste sinusne oblike. Z  $\underline{Z}'$  pa označimo obratovalno impedanco na enoto dolžine in z  $\underline{Y}'$  obratovalno admitanco voda na enoto dolžine.

# Prenosni sistem: AC proti DC – prednosti in slabosti

- Slabosti AC:
  - izgube zaradi efekta korone.
  - Izgube zaradi kapacitivnosti med fazami (posebej pri kablh je to problem).
- Prednosti DC:
  - Manjše izgube (e.g. 3% namesto 7%).
  - Cenejša izvedba.
  - Večje kapacitete prenosa pri enakih kablh (prihranek pri materialu vodov, kablov). Pri enaki izgubi moči in pri enakem izolacijskem nivoju je prenesena moč pri DC dvakrat večja.
  - Manj izolacije, ker ne potrebujemo 3 faz in ker ni kožnega efekta kot pri AC.
  - Preprečevanje kaskadnih efektov – če bi imeli DC med nesinhroniziranimi podomrežji, bi DC povezava težila k stabiliziranju (velikost in smer toka je laže voditi).
  - Ker ni problemov stabilnosti tudi ni potrebe po kompenzaciji jalove moči.
  - Efektivna napetost je tudi največja napetost – izolacijo dimenzioniramo nanjo (pri AC pa je efektivna napetost bistveno manjša od vršne: faktor  $1/\sqrt{2}$ ).
  - Konstrukcija stebrov za daljnovod je enostavnejša (le dva vodnika, manj izolacije, manjše razdalje med vodnikoma)
- Slabosti DC:
  - Transformatorji, ki pomagajo pri transformacijah napetosti po nivojih delujejo pri AC (za učinkovitejši prenos potrebujemo več napetostnih nivojev, ker motorji in osvetlitev kot porabniki bolje delujejo pri napetostih, ki so nižje od prenosnih).
  - Konverzija AC - DC je draga. Pri kratkih vodih so lahko izgube pri konverziji večje kot v vodih (izgube konverzije: 1-2%).
  - Regulacija je zahtevnejša, ker rabimo sistem regulacije, medtem ko imamo pri AC sistemu kar obnašanje omrežja, ki vleče toke, kot zahtevajo razmere omrežja oz. sistema.
  - Stikalni aparati so zahtevnejši in dražji!!!

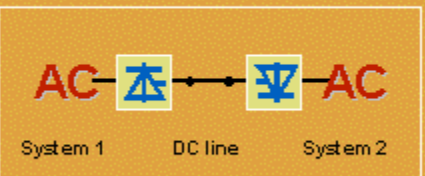
# Prenosni sistem: AC proti DC – prednosti in slabosti

- primerjava

## Simplified Block Diagram



## Long Distance

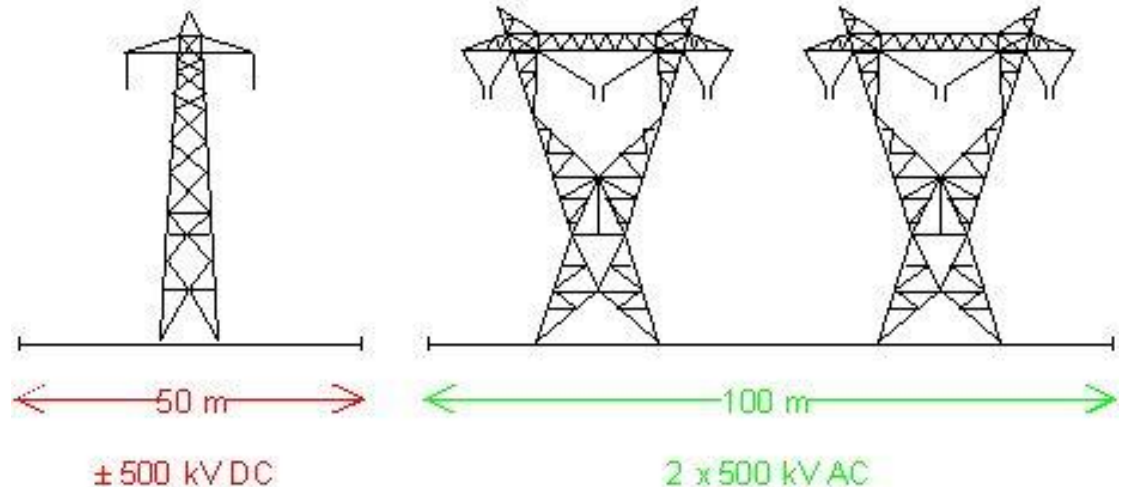


## Sea Cable



relat-cost for:	2000 MW DC transmission	2000 MW AC transmission
land	50%	100%
line	33%	100%
tower	30%	100%

Typical Transmission Line Structures for approx. 2000 MW

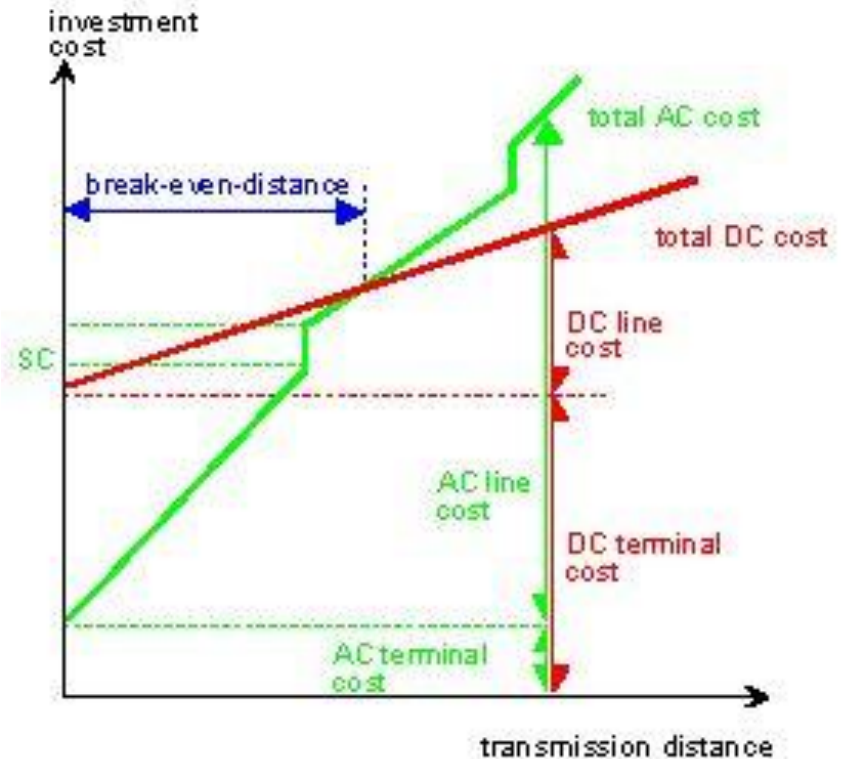
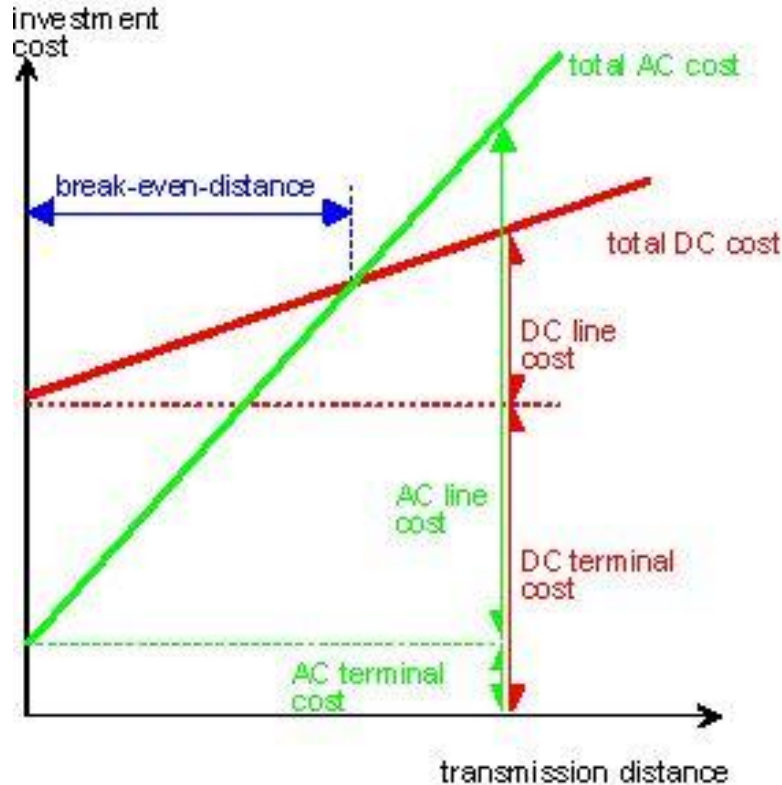


# Prenosni sistem: AC proti DC – prednosti in slabosti

Optimizacija stroškov glede na dolžino daljnovoda za prenos električne energije

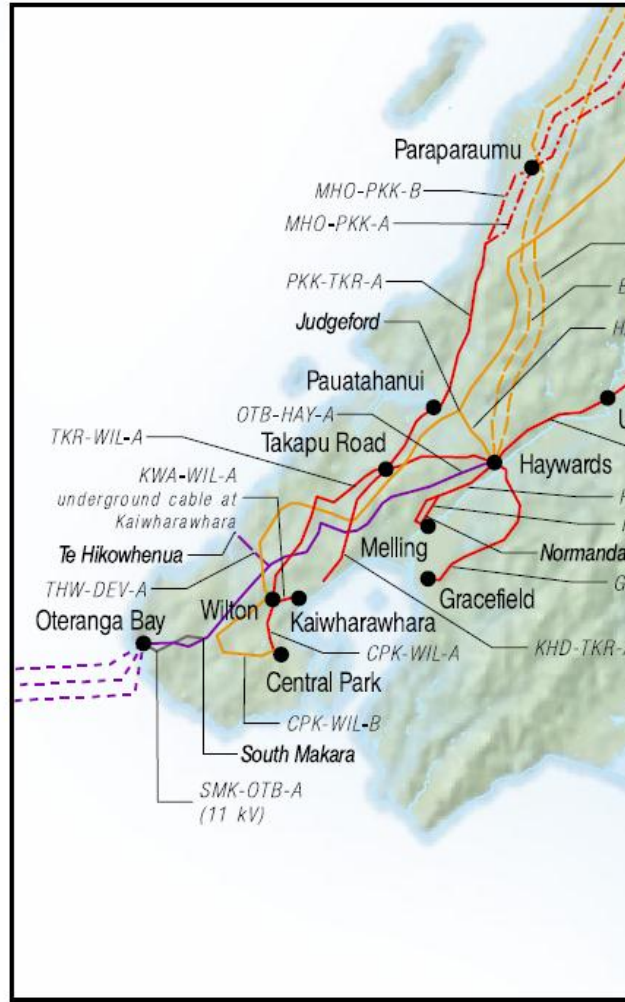
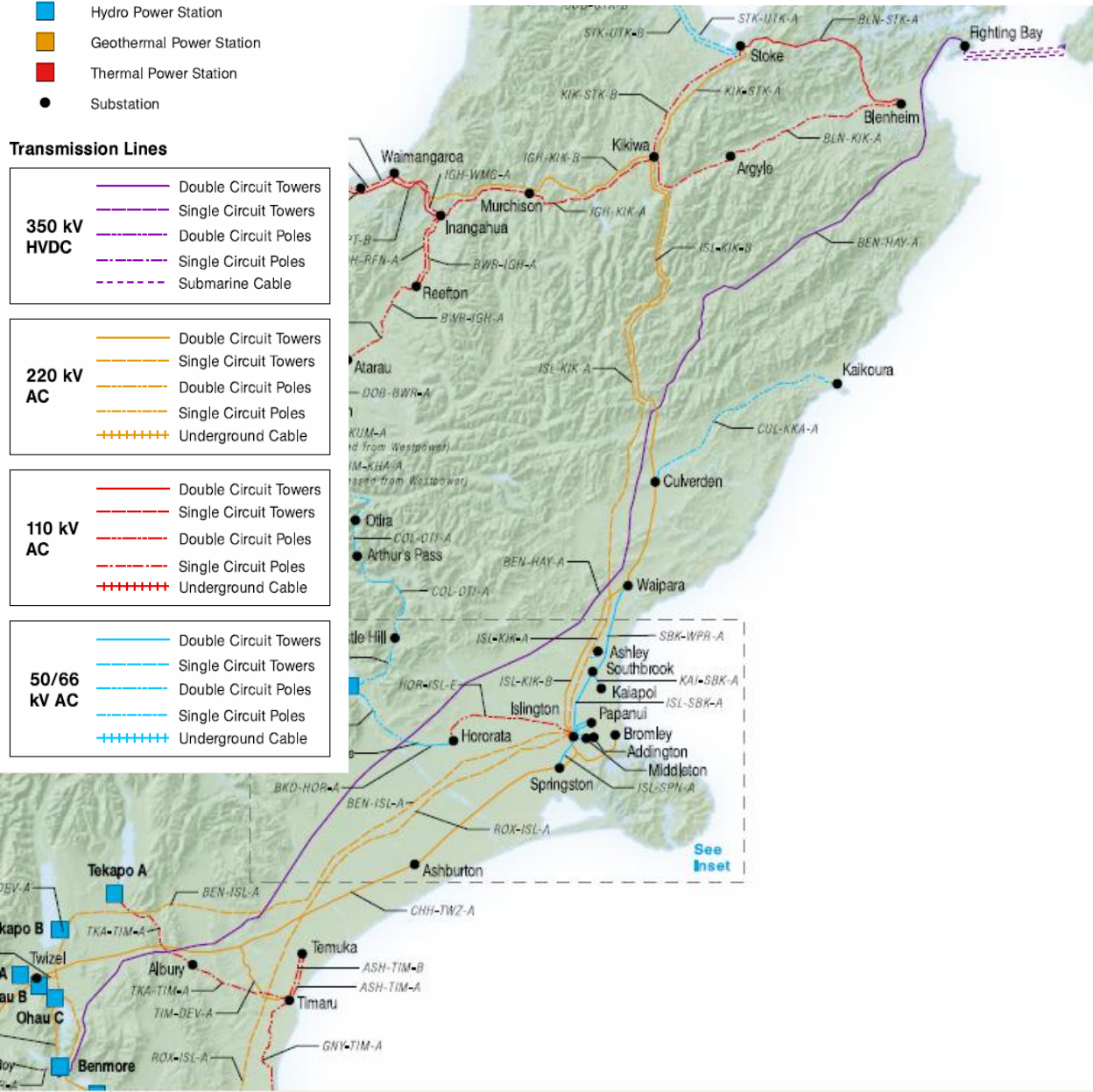
- Pred desetletji – okoli 500km – točka enakih stroškov

Z upoštevanjem opreme za kompenzacijo je DC izvedba cenejša še pri manjših dolžinah prenosa



- Stations**
- Wind Power Station
  - Hydro Power Station
  - Geothermal Power Station
  - Thermal Power Station
  - Substation

- Transmission Lines**
- |             |                       |
|-------------|-----------------------|
| 350 kV HVDC | Double Circuit Towers |
| 350 kV HVDC | Single Circuit Towers |
| 350 kV HVDC | Double Circuit Poles  |
| 350 kV HVDC | Single Circuit Poles  |
| 350 kV HVDC | Submarine Cable       |
| 220 kV AC   | Double Circuit Towers |
| 220 kV AC   | Single Circuit Towers |
| 220 kV AC   | Double Circuit Poles  |
| 220 kV AC   | Single Circuit Poles  |
| 220 kV AC   | Underground Cable     |
| 110 kV AC   | Double Circuit Towers |
| 110 kV AC   | Single Circuit Towers |
| 110 kV AC   | Double Circuit Poles  |
| 110 kV AC   | Single Circuit Poles  |
| 110 kV AC   | Underground Cable     |
| 50/66 kV AC | Double Circuit Towers |
| 50/66 kV AC | Single Circuit Towers |
| 50/66 kV AC | Double Circuit Poles  |
| 50/66 kV AC | Single Circuit Poles  |
| 50/66 kV AC | Underground Cable     |



# Spekter sončnega sevanja

Posledica jedrskih reakcij in drugih fizikalnih pojavov v Soncu je elektromagnetno valovanje, ki ga na zemlji občutimo kot sončno sevanje. Sonce seva elektromagnetne valove od najkrajših pa do zelo dolgih valovnih dolžin. Spekter sončnega sevanja zajema radijske valove, mikrovalove, infrardeče sevanje, vidno svetlobo, ultravijolično sevanje, rentgenske žarke (x-žarke) in gama žarke. Največji del energije sončnega sevanja predstavljajo infrardeče (IR) sevanje (valovne dolžine >760nm), vidna svetloba (valovne dolžine 400 nm - 760 nm) in ultravijolična (UV) svetloba.

Valovne dolžine posameznih delov elektromagnetnega spektra, ki ga seva Sonce so:

- kozmično sevanje <1 pm
- gama žarki 1 pm - 1 nm
- rentgenski žarki 1 nm - 10 nm
- ultravijolični žarki 10 nm - 400 nm
- vidna svetloba 400 nm - 800 nm
- toplotno (infrardeče) sevanje 800 nm - 1.000 μm
- mikrovalovi 0.1 nm - 100 nm (3000GHz - 3GHz)
- radijski valovi 0.1 m - 10 km (3 GHz - 30 kHz)
- valovi zelo nizkih frekvenc 10 km - 30 km (30kHz - 10 kHz)
- dolgovalovna sevanja (motnje) >30 km



# Sevanje

- Atom sestavljata jedro in oblak elektronov. Jedro sestavljajo pozitivno nabiti protoni in nevtralni delci nevtroni. Elektroni so v primerjavi s protoni zelo lahki delci z negativnim nabojem, ki krožijo okrog atomskega jedra. Nekatera jedra so stabilna, nekatera so nestabilna. Pravimo, da so nestabilna jedra radioaktivna. Razpadejo v druga jedra, pri čemer izsevajo enega ali več delcev. Radioaktivnost je torej pojav, pri katerem nestabilno atomsko jedro razpade. Radioaktivna jedra lahko nastanejo tudi pri obstreljevanju stabilnih jeder z visokoenergijskimi delci, ki jih dobimo v pospeševalnikih in v jedrskih reaktorjih. Pri obstreljevanju jeder govorimo o umetni radioaktivnosti.
- Jedrski razpad je naključen proces. To pomeni, da ne moremo napovedati, kdaj bo določeno jedro razpadlo. Če obravnavamo vzorec, v katerem je veliko število radioaktivnih jeder, lahko napovemo, koliko jeder v vzorcu bo razpadlo v določenem časovnem intervalu.
- Atomska jedra ob razpadu sproščajo energijo v obliki elektromagnetnega valovanja ali delcev. To s skupnim imenom imenujemo radioaktivni žarki ali sevanje radioaktivnih snovi. Radioaktivnost merimo s številom razpadlih jeder njenih atomov v časovni enoti. To količino imenujemo aktivnost. Enota za aktivnost je becquerel (Bq).
- Doza je merilo za količino energije ionizirajočih sevanj, ki jo prejme posamezno tkivo, organ ali telo človeka. Doze so ekvivalentne in ефективne.
- Ekvivalentna doza je merilo za različne učinke oziroma za nastanek učinkov, ki jih ima posamezna vrsta ionizirajočih sevanj na posamezno tkivo ali organ.

# Sevanje

- Efektivna doza izraža verjetnost škode za zdravje ljudi, ki nastane zaradi izpostavljenosti ionizirajočim sevanjem. Izračuna se jo kot vsota uteženih ekvivalentnih doz za posamezna tkiva ali organe.
- Dozo izražamo v sievertih (Sv).
- Ker je 1 Sv precej velika enota, uporabljamo za doze, s katerimi imamo običajno opravka pri obsevanosti delavcev, tisočkrat manjšo enoto milisievert ( $1\text{mSv} = 1/1000\text{ Sv}$ ), izpostavljenost pri posamezniku med prebivalstvom pa se navadno meri v enotah mikrosievertih ( $1\mu\text{Sv} = 1/1000\text{ mSv}$ ). Naravno ozadje se giblje od 1 do 3 mSv/leto.
- Kolektivna efektivna doza je vsota vseh individualnih efektivnih doz, ki jih prejme neka skupina ljudi. Enota je Sv na osebo (človekSv).
- Mejne doze so največje vrednosti efektivnih in ekvivalentnih doz, ki jih lahko prejmejo izpostavljeni delavci, praktikanti, študentje ter posamezniki med prebivalstvom zaradi izpostavljenosti ionizirajočim sevanjem.

# Mejne doze v Sloveniji

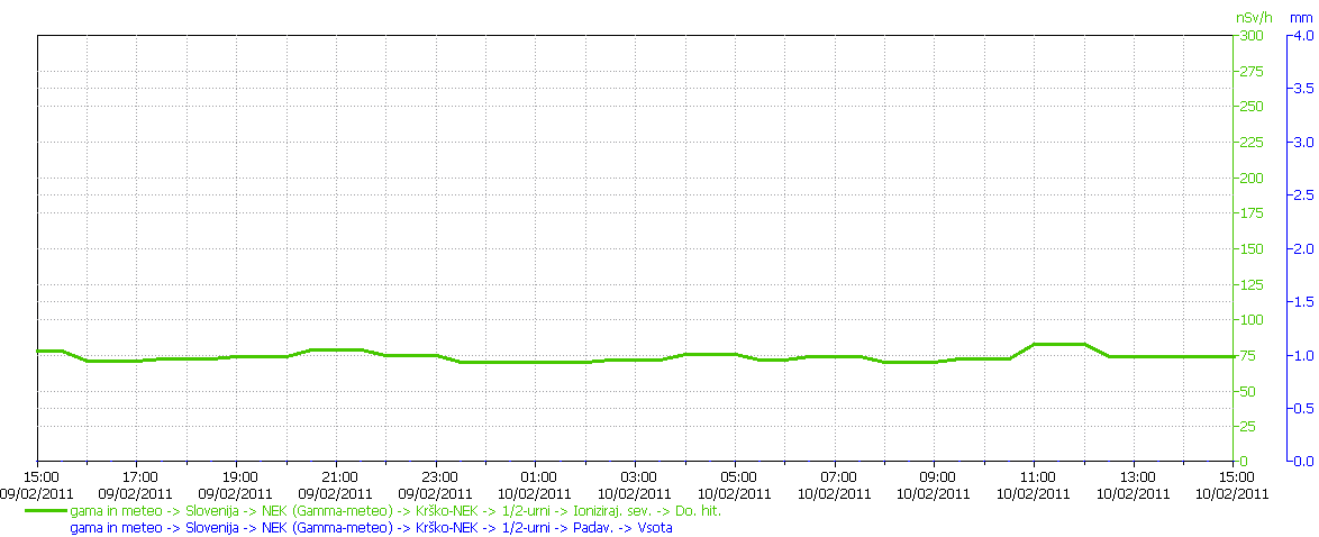
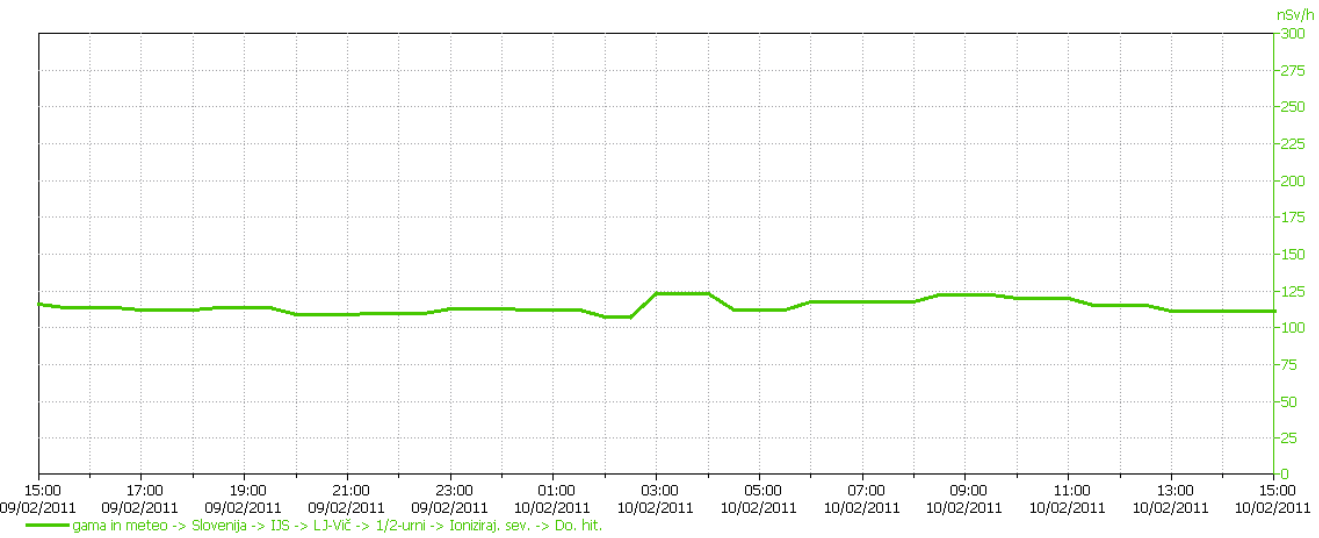
	Mejna doza	Mejna doza v izjemnih primerih
Za delavce	20 mSv/leto	do 50 mSv v posameznem letu, če v zaporednih petih letih ne presega 100 mSv.
Za prebivalstvo	1 mSv/leto	večja od mejne doze, če v zaporednih petih letih skupaj ne presega 5 mSv.

Pri mejnih dozah za prebivalstvo in za delavce predstavljajo mejne doze dovoljen dodatek k dozam, ki so rezultat ozadja.

Po mednarodnih priporočilih lahko v izjemnih primerih mejne doze povečamo do 500mSv/leto. Ta meja je določena, ker se nad to mejo začenjajo poslabševati možnosti povezane z zdravjem izpostavljenih večji dozi.

V Fukušimi so mejno dozo za saniranje posledic nesreče zaradi izrednih okoliščin dvignili na 250mSv/leto. Le nekaj ljudi je dobilo dozo okoli 200mSv v letu 2011.

# Meritve sevanja v Sloveniji



# Ocena doze kadilca

Količina pokajenih cigaret	Prejeta doza
½ zavitka cigarete/dan	5 mSv/leto
1 zavitek cigaret/dan	10 mSv/leto
1 ½ zavitka cigaret/dan	15 mSv/leto
2 zavitka cigaret/dan	20 mSv/leto

# Ocena doze letalskega potnika

Avionski leti	Prejeta doza
1500 km	0,005 mSv/leto
3000 km	0,01 mSv/leto
4500 km	0,025 mSv/leto
6000 km	0,035 mSv/leto
7500 km	0,045 mSv/leto
9000 km	0,055 mSv/leto
10500 km	0,065 mSv/leto
12000 km	0,075 mSv/leto
več kot 12000 km	0,085 mSv/leto

## Doza astronautov na Apollo misijah

številka misije	Datum izstrelitve	opis poti	trajanje misije [h]	Doza [mSv]	povprečna hitrost doze [mSv/h]
VII	Avg. 1968	orbita Zemlje	260	1.20	0.0046
VIII	Dec. 1968	okoli Lune	147	1.85	0.0126
IX	Feb. 1969	okoli Zemlje	241	2.10	0.0087
X	May 1969	okoli Lune	192	4.70	0.0245
XI	Jul. 1969	pristanek na Luni	182	2.00	0.0110
XII	Nov. 1969	pristanek na Luni	236	2.00	0.0085
XIV	Jan. 1971	pristanek na Luni	286	5.00	0.0175
XV	Jul. 1971	pristanek na Luni	286	5.00	0.0175

# Učinki zelo velikih doz sevanja na človeški organizem (samo takojšnji učinki)

Manj kot 1 Sv	Brez simptomov, včasih občasne spremembe krvne slike.
Okrog 2 Sv	Nobenih zaznavnih simptomov bolezni. Začasno zmanjšanje trombocitov v krvi.
Okrog 3 Sv	Sevalna bolezen (slabost, utrujenost, izguba apetita, tudi bruhanje, driska, vročina), po okrevanju po nekaj tednih ponoven izbruh bolezni, velike možnosti preživetja, a tudi verjetnost smrti.
4–6 Sv	Življenje je ogroženo – poškodbe sluznice, črevesja in kostnega mozga. 5 Sv – velika verjetnost smrti. 6 Sv – skoraj gotova smrt.
Več kot 6 Sv	Možnosti preživetja več kot nekaj tednov zelo majhne. 10 Sv – smrt v nekaj tednih. 50 Sv – smrt v nekaj dneh. 100 Sv – takojšnja smrt.

# Izračun starosti

Izotop ogljika C-14 je prisoten v izjemno malih količinah v rastlinah, ljudeh, živalih.

Ko organizem umre, preneha z vnosom novega ogljika.

V trenutku smrti je odstotek izotopa C-14 v njem enak vsebnosti v kateremkoli drugem živem bitju.

Atomi C-14 razpadajo in niso nadomeščeni z novimi, medtem ko je vsebnost atomov običajnega ogljika C-12 v organizmu tudi po smrti konstantna.

Tako se glede na koncentracijo C-14 lahko izračuna starost vzorca.

$$t = [ \ln (N_f/N_o) / (-0.693) ] \times t_{1/2}$$

kjer je  $t$  starost predmeta,

$N_f/N_o$  razmerje med odstotkom ogljika C-14 v vzorcu, ki mu določamo starost in siceršnjim odstotkom ogljika C-14 v živih organizmih,

$\ln$  je naravni logaritem,

$t_{1/2}$  pa je razpolovna doba ogljika C-14 (približno 5700 let)

<http://www.anycalculator.com/carbon14calculator.htm>



## Poraba električne energije v praksi – primerjava podatkov glede na način porabe električne energije

	Dan [kWh]	Teden [kWh]	Mesec [kWh]	Leto [kWh]
Hiša - potratna poraba	50,69	354,81	1537,51	18450,12
Hiša - varčna poraba	38,68	270,73	1173,16	14077,96
Stanovanje - potratna poraba	19,51	136,57	591,81	7101,64
Stanovanje - varčna poraba	12,18	85,25	396,42	4433,00

Razlika med varčnim ter potratnim načinom porabe električne energije v stanovanjski hiši je približno 12,01 kWh na dan, v stanovanju pa okoli 7,33 kWh. Razlika porabe električne energije v enem tednu za hišo je približno 84,08 kWh, v stanovanju pa približno 51,32 kWh.

Razlika električne energije porabljene na teden preračunamo v evre: med 2 in 4 €.

V stanovanjski hiši lahko prihranimo okoli 30 € na mesec.

V stanovanju pa se lahko na mesec prihrani do 20 €.

# Približna poraba električne energije posameznih naprav v stanju pripravljenosti

	Moč [W]	Stanje v stand-by [ure/dan]	Dan [Wh]	Teden [kWh]	Mesec [kWh]	Leto [kWh]
Štedilnik	2	23,5	47,000	0,329	1,426	17,108
Pomivalni stroj	2,3	22	50,571	0,354	1,534	18,408
Pralni stroj	1	23,1	23,000	0,161	0,698	8,372
Sušilni stroj	1	23,1	23,000	0,161	0,698	8,372
Televizorji	8	20	160,000	1,12	4,853	58,24
Mikrovalovna pečica	1	23,8	23,857	0,167	0,724	8,684
Računalnik	11	18	19,857	0,139	0,602	7,228
Rač zaslona	1,8	18	32,429	0,227	0,984	11,804
DVD	1	23	23,000	0,161	0,698	8,372
Radio ura	1	23	23,000	0,161	0,698	8,372
Hi-Fi	3	18	54,000	0,378	1,638	19,656
Modem	5,1	24	122,429	0,857	3,714	44,564
Kavni avtomat	0,8	23,6	18,857	0,132	0,572	6,864
Telefon	1,2	23,4	28,143	0,197	0,854	10,244
Klima	0,9	18	16,286	0,114	0,494	5,928
Bojler	5	12	60,000	0,42	1,820	21,84
SKUPAJ			725,429	5,078	22,005	264,056

## Približna poraba električne energije v stanovanjski hiši – potratno, za posamezno časovno obdobje

	Dan [kWh]	Teden [kWh]	Mesec [kWh]	Leto [kWh]
Hladilnik	1,32	9,27	40,17	482,04
Zamrzovalnik	1,44	10,06	43,59333	523,12
Štedilnik	1,18	8,28	35,88	430,56
Pomivalni stroj	1,59	11,12	48,18667	578,24
Pralni stroj	0,90	6,3	27,3	327,6
Sušilni stroj	1,67	11,68	50,61333	607,36
Luči	8,56	59,89	259,5233	3114,28
Televizorji	1,21	8,45	36,61667	439,4
Mali aparati	0,79	5,54	24,00667	288,08
Zabavna elektronika	0,98	6,89	29,85667	358,28
Računalnik	1,15	8,07	34,97	419,64
Klima naprave	4,29	30,06	130,26	1563,12
Bojler(kopalnica)	13,14	91,95	398,45	4781,4
Bojler (kuhinja)	2,16	15,13	65,56333	786,76
Toplotna črpalka	10,30	72,12	312,52	3750,24
<b>SKUPAJ</b>	<b>50,69</b>	<b>354,81</b>	<b>1537,51</b>	<b>18450,12</b>

# Potratna poraba

- hladilnik in zamrzovalnik sta stara 10 - 15 let, kar pomeni, da je poraba električne energije znatno večja kot novega aparata višjega razreda (A++), ki je energijsko varčnejši;
- kuhanje v posodi brez pokrova;
- pranje posode v pomivalnem stroju, ki je le polovico poln. Kar pomeni tudi, da je potrebno večkrat na teden posodo oprati (3-krat na teden). Uporablja se stroj s porabo 1,197 kWh;
- pranje perila v ne polnem bobnu pralnega stroja nižjega razreda ter pri višji temperaturi (belo perilo 95°C dvakrat na teden in barvno perilo pri 60°C prav tako dvakrat na teden);
- uporaba sušilnega stroja nižjega energijskega razreda (C), 3-krat na teden;
- uporaba navadnih žarnic (60W) ter neredno ugašanje luči;
- gledanje televizije približno 5 ur dnevno (LCD s priključno močjo 203W);
- hlajenje prostorov v poletnih mesecih s klima napravo (priključna moč 8kW), in sicer približno 193 ur letno (odvisno od vremenskih razmer);
- uporaba računalnika 5 ur na dan (priključna moč 220W);
- po novih evropskih standardih obstajajo standardne ocene dnevne porabe električne energije grelnika vode (bojlerja), in sicer je ta za 80 litrski grelec cca. 11,65 kW/dan, ter dodaten grelnik vode v kuhinji, ki je manjše izvedbe, namenjen umivanju rok, posode ipd. porabi cca. 2,1 kWh/dan;
- hiša je talno ogrevana s toplotno črpalko;
- vsi gospodinjski aparati imajo vgrajeno elektroniko in so vključeni ves čas, kar pomeni, da so pod »stand-by« porabo, ki se ne izključi.

## Približna poraba električne energije v stanovanjski hiši – potratno, za posamezno časovno obdobje glede na tarifno postavko

	Dan [kWh]	Teden [kWh]	Mesec [kWh]	Leto [kWh]	MT [kWh]	VT [kWh]	Vikend [kWh]
Hladilnik	1,32	9,27	40,17	482,04	0,441429	0,882857	1,324286
Zamrzovalnik	1,44	10,06	43,59333	523,12	0,479048	0,958095	1,437143
Štedilnik	1,14	7,96	34,49333	413,92		1,137143	1,137143
Štedilnik - stand-by	0,05	0,32	1,386667	16,64	0,015238	0,030476	0,045714
Pomivalni stroj	1,54	10,77	46,67	560,04		0,718	3,59
Pomivalni stroj - stand-by	0,05	0,35	1,516667	18,2	0,016667	0,033333	0,05
Pralni stroj	0,88	6,14	26,60667	319,28		0,614	1,535
Pralni stroj - stand-by	0,02	0,16	0,693333	8,32	0,007619	0,015238	0,022857
Sušilni stroj	1,65	11,52	49,92	599,04		0,768	3,84
Sušilni stroj - stand-by	0,02	0,16	0,693333	8,32	0,007619	0,015238	0,022857
Luči	8,56	59,89	259,5233	3114,28		8,555714	8,555714
Televizorji	1,02	7,11	30,81	369,72	0,761786	0,253929	1,015714
Tv - stand-by	0,19	1,34	5,806667	69,68	0,06381	0,127619	0,191429
Mali aparati	0,79	5,54	24,00667	288,08		0,791429	0,791429
Zabavna elektronika	0,73	5,12	22,18667	266,24	0,522449	0,20898	0,731429

## Približna poraba električne energije v stanovanjski hiši – potratno, za posamezno časovno obdobje glede na tarifno postavko

Zabavna - stand-by	0,25	1,77	7,67	92,04	0,084286	0,168571	0,252857
Računalnik	1,10	7,7	33,36667	400,4	0,785714	0,314286	1,1
Računalnik - stand-by	0,05	0,37	1,603333	19,24	0,017619	0,035238	0,052857
Klima naprave	4,29	30,06	130,26	1563,12	3,680816	0,613469	4,294286
Bojler (kopalnica)	13,08	91,53	396,63	4759,56	4,358571	8,717143	13,07571
Bojler - stand-by	0,06	0,43	1,863333	22,36	0,020476	0,040952	0,061429
Bojler (kuhinja)	2,10	14,7	63,7	764,4	0,7	1,4	2,1
Bojler - stand-by	0,06	0,43	1,863333	22,36	0,020476	0,040952	0,061429
Toplotna črpalka	10,30	72,12	312,52	3750,24	3,434286	6,868571	10,30286
SKUPAJ	50,69	354,82	1537,553	18450,64	15,41791	33,30923	55,59214
				Teden [kWh]	77,08954	166,5462	111,1843
				Mesec [kWh]	308,3582	666,1847	555,9214

## Približna poraba električne energije v stanovanjski hiši – potratno, za mesec januar

	Dan [kWh]	Teden [kWh]	Mesec [kWh]
Hladilnik	1,32	9,27	40,17
Zamrzovalnik	1,44	10,06	43,59333
Štedilnik	1,18	8,28	35,88
Pomivalni stroj	1,59	11,12	48,18667
Pralni stroj	0,90	6,3	27,3
Sušilni stroj	1,67	11,68	50,61333
Luči	8,56	59,89	259,5233
Televizorji	1,21	8,45	36,61667
Mali aparati	0,79	5,54	24,00667
Zabavna elektronika	0,98	6,89	29,85667
Računalnik	1,15	8,07	34,97
Toplotna črpalka	26,79	187,512	750,048
<b>SKUPAJ</b>	<b>51,87</b>	<b>363,122</b>	<b>1511,025</b>

## Približna poraba električne energije v stanovanjski hiši – potratno, januar

	Dan [kWh]	Teden [kWh]	Mesec [kWh]	MT [kWh]	VT [kWh]	Vikend [kWh]
Hladilnik	1,32	9,27	40,17	0,441429	0,882857	1,324286
Zamrzovalnik	1,44	10,06	43,59333	0,479048	0,958095	1,437143
Štedilnik	1,14	7,96	34,49333		1,137143	1,137143
Štedilnik stand-by	0,05	0,32	1,386667	0,015238	0,030476	0,045714
Pomivalni stroj	1,54	10,77	46,67		0,718	3,59
Pomivalni stroj - stand-by	0,05	0,35	1,516667	0,016667	0,033333	0,05
Pralni stroj	0,88	6,14	26,60667		0,614	1,535
Pralni stroj - stand-by	0,02	0,16	0,693333	0,007619	0,015238	0,022857
Sušilni stroj	1,65	11,52	49,92		0,768	3,84
Sušilni stroj - stand-by	0,02	0,16	0,693333	0,007619	0,015238	0,022857
Luči	8,56	59,89	259,5233		8,555714	8,555714
Televizorj	1,02	7,11	30,81	0,761786	0,253929	1,015714
Tv - stand-by	0,19	1,34	5,806667	0,06381	0,127619	0,191429



# Približna poraba električne energije v stanovanjski hiši – potratno, januar

Mali gospodinjski aparati	0,79	5,54	24,00667		0,791429	0,791429
Zabavna elektronika	0,73	5,12	22,18667	0,522449	0,20898	0,731429
Zabavna el - stand-by	0,25	1,77	7,67	0,084286	0,168571	0,252857
Računalnik	1,10	7,7	33,36667	0,785714	0,314286	1,1
Računalnik - stand-by	0,05	0,37	1,603333	0,017619	0,035238	0,052857
Toplotna črpalka	26,79	187,51	750,04	8,929048	17,8581	26,78714
SKUPAJ	51,87	363,12	1511,017	15,81315	34,09971	56,77786
			Teden [kWh]	79,06573	170,4986	113,5557
			Mesec [kWh]	316,2629	681,9942	511,0007

## Cene električne energije glede na tarifni razred

Visoka tarifa (VT)	0,06140 €/kWh
Mala tarifa (MT)	0,03095 €/kWh
Enotna tarifa (ET)	0,05555 €/kWh





# Varčna poraba

- hladilnik in zamrzovalnik sta nova, višjega razreda (A++), ki je energijsko varčnejši, kar pomeni, da je poraba električne energije znatno manjša, kot starega aparata;
- pri kuhanju se uporablja posoda s pokrovko in dobro izolirana posoda;
- pranje posode v pomivalnem stroju, ki je poln. Posoda se pere 2-krat tedensko, in sicer se uporablja varčen stroj, s porabo 1,05 kWh;
- pranje perila pri polnem pralnem stroju višjega razreda ter pri ekonomični temperaturi (belo perilo 60°C enkrat na teden in barvno perilo pri 40°C dvakrat na teden);
- uporaba sušilnega stroja višjega energijskega razreda (B), 3-krat na teden (v poletnih mesecih se suši le enkrat na teden);
- uporaba varčnih žarnic (14W);
- gledanje televizije približno 5 ur dnevno (LCD s priključno močjo 203W);
- hlajenje prostorov v poletnih mesecih s klima napravo (priključna moč 8kW), in sicer približno 193 ur letno (odvisno od vremenskih razmer);
- uporaba računalnika 5 ur na dan (priključna moč 220W);
- po novih evropskih standardih obstajajo standardne ocene dnevne porabe električne energije grelnika vode (bojlerja), in sicer je ta za 80-litrski grelec cca. 11,65 kW/dan, ter dodaten grelnik vode v kuhinji, ki je manjše izvedbe, namenjen umivanju rok, posode ipd. porabi cca. 2,1 kWh/dan;
- hiša je talno ogrevana s toplotno črpalko.

## Približna poraba električne energije v stanovanjski hiši – varčno, za posamezno časovno obdobje

	Dan [kWh]	Teden [kWh]	Mesec [kWh]	Leto [kWh]
Hladilnik	0,56	3,92	16,98667	203,84
Zamrzovalnik	0,69	4,85	21,01667	252,2
Štedilnik	0,72	5,03	21,79667	261,56
Pomivalni stroj	0,90	6,3	27,3	327,6
Pralni stroj	0,82	5,74	24,87333	298,48
Sušilni stroj	1,44	10,08	43,68	524,16
Luči	2,00	13,97	60,53667	726,44
Televizorji	1,02	7,11	30,81	369,72
Mali aparati	0,79	5,54	24,00667	288,08
Zabavna elektronika	0,73	5,12	22,18667	266,24
Računalnik	1,15	8,07	34,97	419,64
Klima naprave	4,29	30,06	130,26	1563,12
Bojler (kopalnica)	11,65	81,55	353,3833	4240,6
Bojler (kuhinja)	1,61	11,27	48,83667	586,04
Toplotna črpalka	10,30	72,12	312,52	3750,24
<b>SKUPAJ</b>	<b>38,68</b>	<b>270,73</b>	<b>1173,163</b>	<b>14077,96</b>

## Približna poraba električne energije v stanovanju – potratno, za mesec januar

	Dan [kWh]	Teden [kWh]	Mesec [kWh]
Kombiniran hladilnik	1,32	9,27	40,17
Štedilnik	1,18	8,28	35,88
Pomivalni stroj	1,59	11,12	48,18667
Pralni stroj	0,90	6,3	27,3
Sušilni stroj	1,67	11,68	50,61333
Luči	8,56	59,89	259,5233
Televizorji	1,21	8,45	36,61667
Mali aparati	0,79	5,54	24,00667
Zabavna elektronika	0,98	6,89	29,85667
Računalnik	1,15	8,07	34,97
<b>SKUPAJ</b>	<b>16,86</b>	<b>118,01</b>	<b>511,3767</b>

	Dan [kWh]	Teden [kWh]	Mesec [kWh]	MT [kWh]	VT [kWh]	Vikend [kWh]
Kombiniran hladilnik	1,32	9,27	40,17	0,441429	0,882857	1,324286
Štedilnik	1,14	7,96	34,49333		1,137143	1,137143
Štedilnik stand-by	0,05	0,32	1,386667	0,015238	0,030476	0,045714
Pomivalni stroj	1,54	10,77	46,67		0,718	3,59
Pomivalni stroj - stand-by	0,05	0,35	1,516667	0,016667	0,033333	0,05
Pralni stroj	0,88	6,14	26,60667		0,614	1,535
Pralni stroj - stand-by	0,02	0,16	0,693333	0,007619	0,015238	0,022857
Sušilni stroj	1,65	11,52	49,92		0,768	3,84
Sušilni stroj - stand-by	0,02	0,16	0,693333	0,007619	0,015238	0,022857
Luči	8,56	59,89	259,5233		8,555714	8,555714
Televizorj	1,02	7,11	30,81	0,761786	0,253929	1,015714
Tv - stand-by	0,19	1,34	5,806667	0,06381	0,127619	0,191429
Mali gospodinjski aparati	0,79	5,54	24,00667		0,791429	0,791429
Zabavna elektronika	0,73	5,12	22,18667	0,522449	0,20898	0,731429
Zabavna el - stand-by	0,25	1,77	7,67	0,084286	0,168571	0,252857
Računalnik	1,10	7,7	33,36667	0,785714	0,314286	1,1
Računalnik - stand-by	0,05	0,37	1,603333	0,017619	0,035238	0,052857
SKUPAJ	16,86	118,01	511,3767	2,615687	12,28146	21,76214
			Teden [kWh]	13,07844	61,40728	43,52429
			Mesec [kWh]	52,31374	245,6291	217,6214



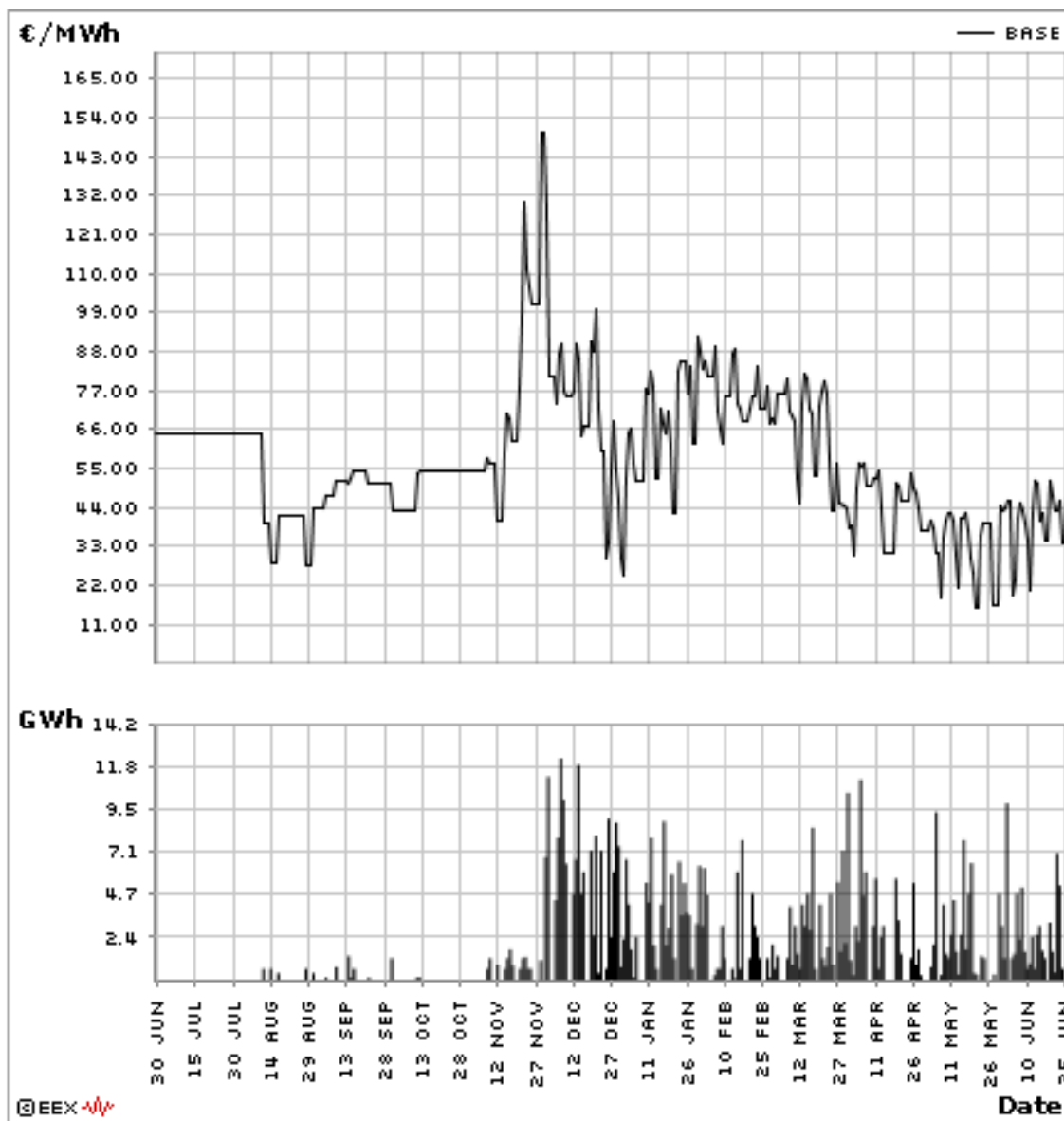




## Cene goriva z avtomobile

Nemčija	1,53 EUR (1,53 EUR)	1,61 EUR (1,61 EUR)	1,41 EUR (1,41 EUR)
Nizozemska	1,69 EUR (1,69 EUR)	1,75 EUR (1,75 EUR)	1,39 EUR (1,39 EUR)
Norveška	13,44 NOK ( <b>1,71 EUR</b> )	13,94 NOK (1,77 EUR)	13,04 NOK (1,66 EUR)
Poljska	4,83 PLN (1,23 EUR)	4,99 PLN (1,28 EUR)	4,72 PLN (1,21 EUR)
Portugalska	1,50 EUR (1,50 EUR)	1,57 EUR (1,57 EUR)	1,32 EUR (1,32 EUR)
Romunija	5,09 RON (1,19 EUR)	5,30 RON (1,24 EUR)	5,02 RON (1,18 EUR)
Rusija	26,13 RUB (0,65 EUR)	27,08 RUB (0,67 EUR)	24,84 RUB (0,62 EUR)
Slovaška	1,38 EUR (1,38 EUR)		1,26 EUR (1,26 EUR)
Slovenija	<b>1,279 EUR</b>	<b>1,290 EUR</b>	<b>1,237 EUR</b>
Srbija	128,60 RSD (1,23 EUR)		123,50 RSD (1,18 EUR)
Španija	1,31 EUR (1,31 EUR)	1,40 EUR (1,40 EUR)	1,25 EUR (1,25 EUR)
Švedska	13,93 SEK (1,57 EUR)	14,33 SEK (1,61 EUR)	13,94 SEK (1,57 EUR)
Švica	1,74 CHF (1,34 EUR)	1,80 CHF (1,39 EUR)	1,87 CHF (1,44 EUR)
Turčija	4,08 TRL (1,86 EUR)	4,12 TRL (1,88 EUR)	3,51 TRL (1,60 EUR)
Ukrajina	8,74 UAH (0,80 EUR)		8,16 UAH (0,75 EUR)
V. Britanija	1,30 GBP (1,53 EUR)	1,37 GBP (1,62 EUR)	1,35 GBP (1,60 EUR)

# Cene električne energije Potek doseženih cen za pasovno energijo in obseg trgovanja na nemški borzi EEX v času Julij 2005-Julij 2006

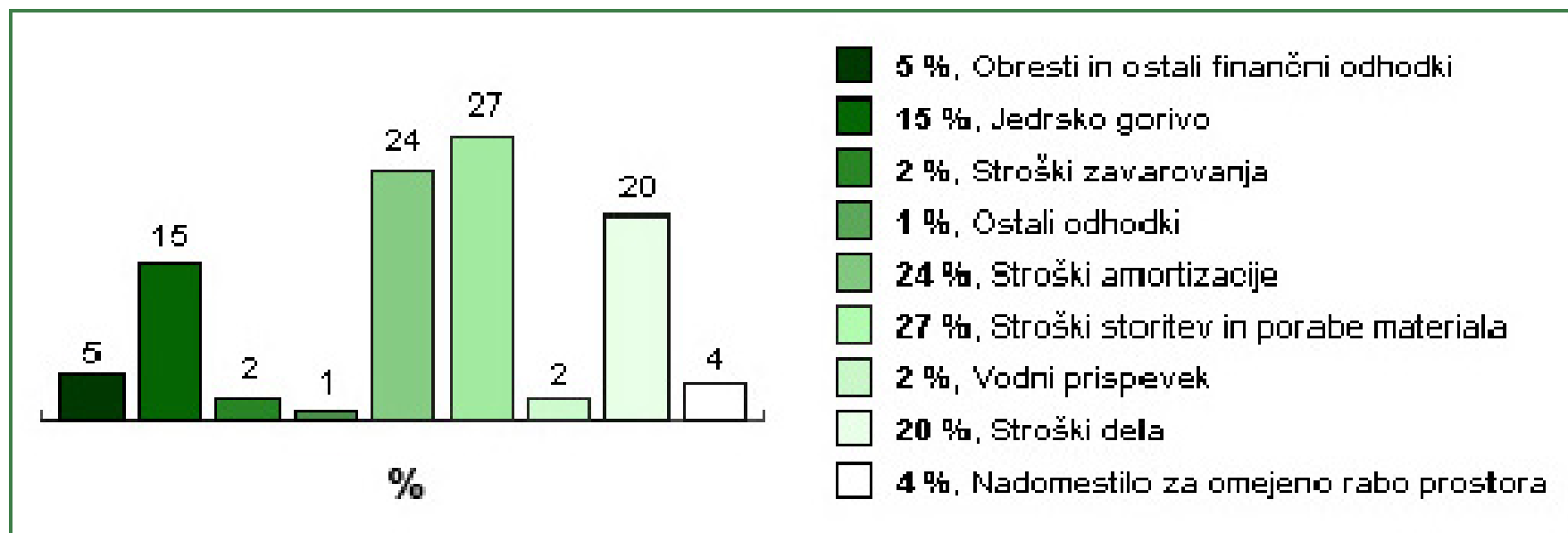


# Dosežene cen in obseg trgovanja za energijo v pasu za dobavo v 2007

total overview : Cal-07 base



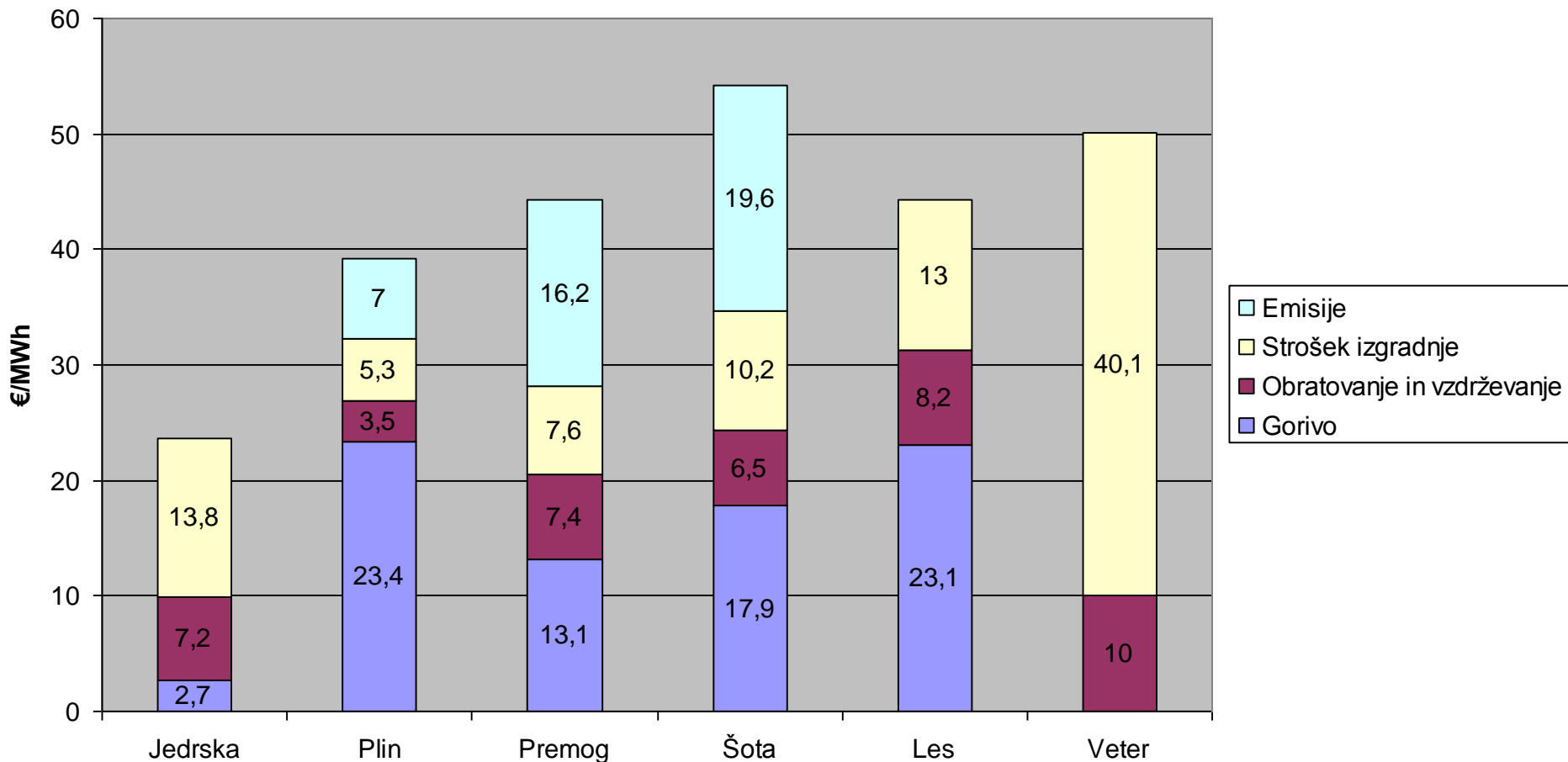
# Struktura cene proizvodnje električne energije v NEK



# Struktura cene proizvodnje električne energije za različna goriva vključno s stroški emisij.

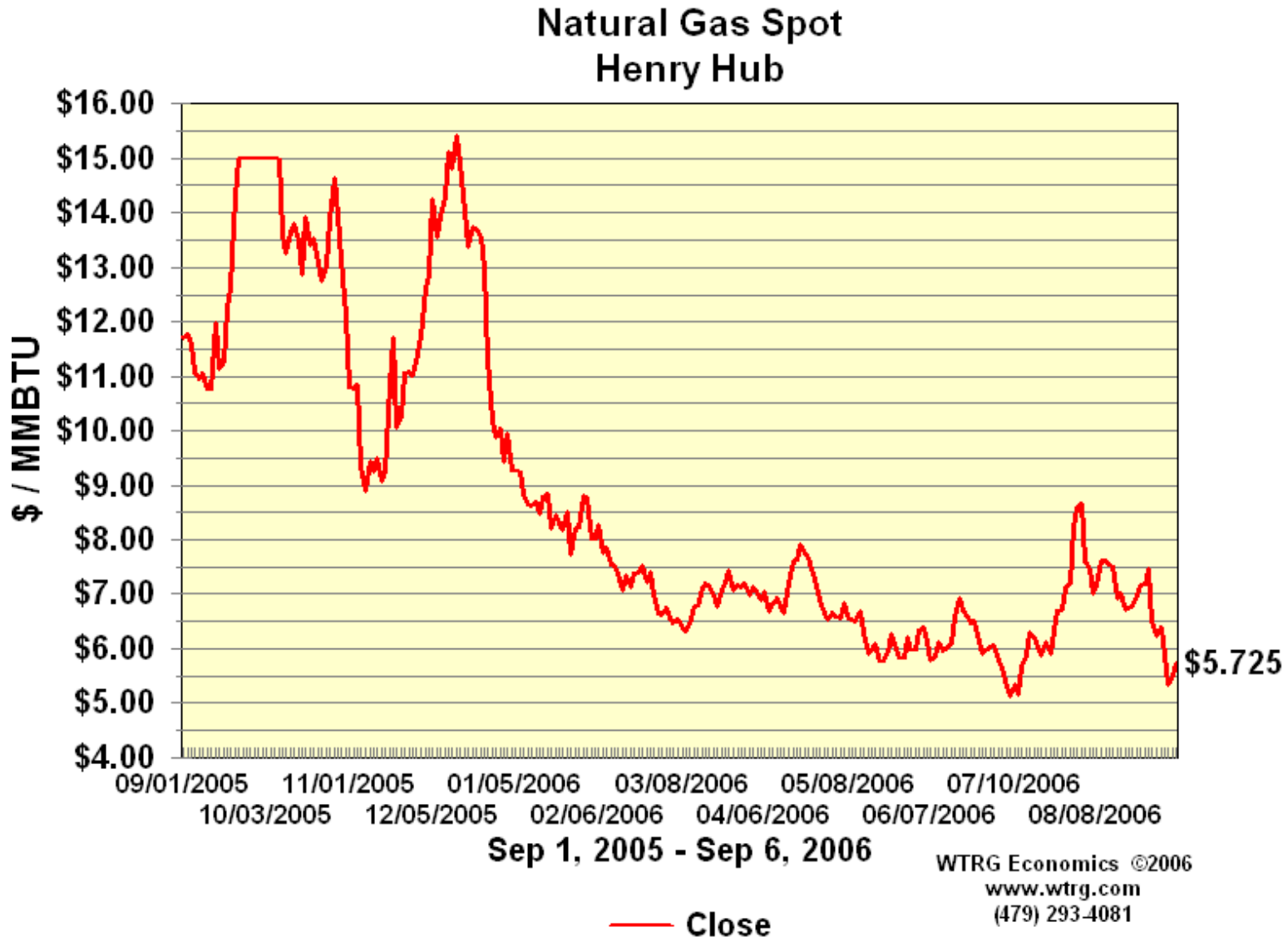
Vir: Tarjanne, Risto; Luostarinen, Kari (2003), University of Technology in Lappeenranta:  
Competitiveness comparison of the electricity production alternatives

## Struktura cene proizvodnje električne energije



# Potek cen zemeljskega plina na svetovni borzi

Vir: WTRG Economics ([www.wtrg.com](http://www.wtrg.com))

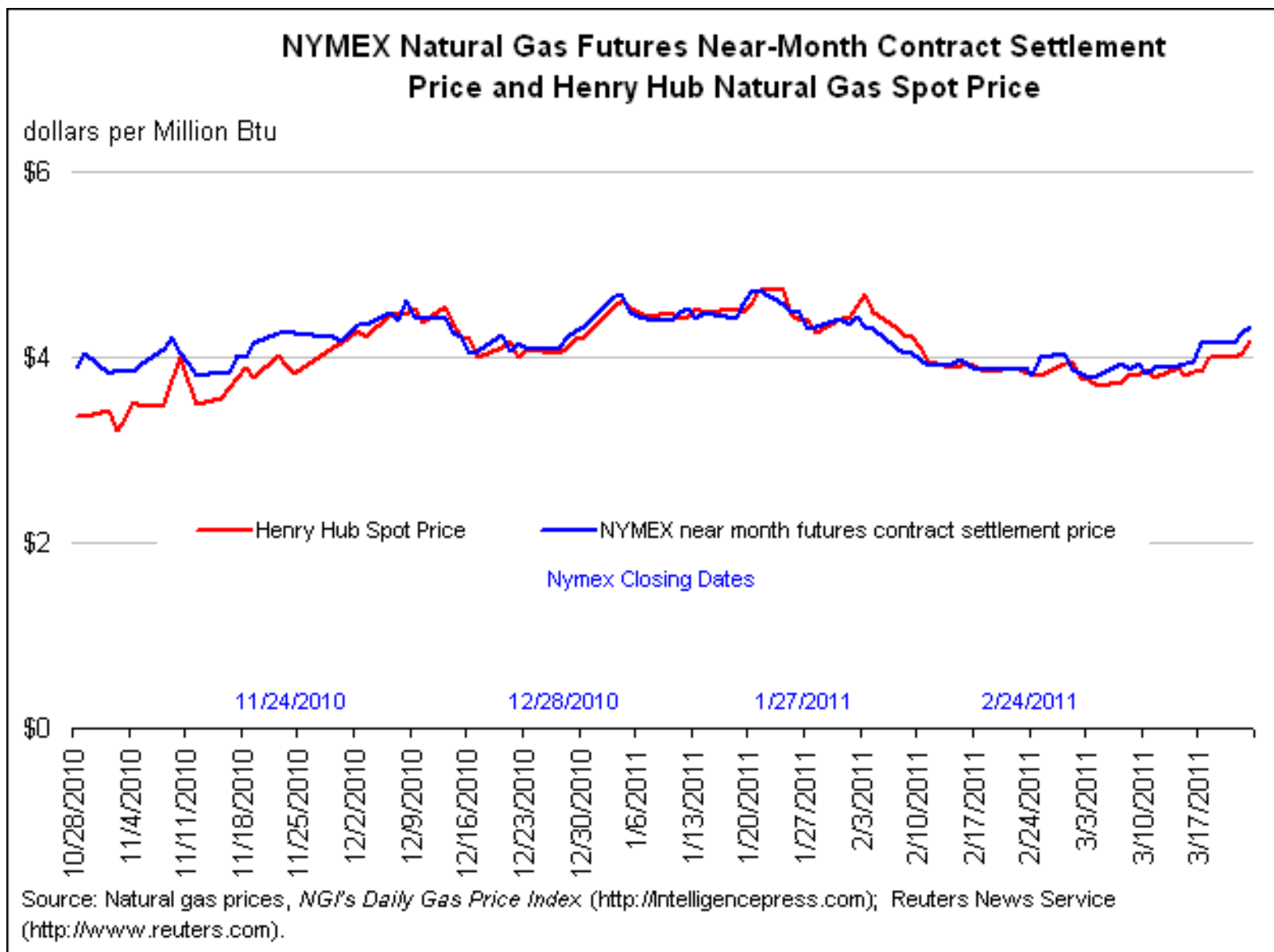




- British Thermal Unit (BTU), MBTU, MMBTU
- A standard unit of measurement used to denote both the amount of heat energy in fuels and the ability of appliances and air conditioning systems to produce heating or cooling. A BTU is the amount of heat required to increase the temperature of a pint of water (which weighs exactly 16 ounces) by one degree Fahrenheit. Since BTUs are measurements of energy consumption, they can be converted directly to kilowatt-hours (3412 BTUs = 1 kWh) or joules (1 BTU = 1,055.06 joules). A wooden kitchen match produce approximately 1 BTU, and air conditioners for household use typically produce between 5,000 and 15,000 BTU.
- MBTU stands for one million BTUs, which can also be expressed as one decatherm (10 therms). MBTU is occasionally used as a standard unit of measurement for natural gas and provides a convenient basis for comparing the energy content of various grades of natural gas and other fuels. One cubic foot of natural gas produces approximately 1,000 BTUs, so 1,000 cu.ft. of gas is comparable to 1 MBTU. MBTU is occasionally expressed as MMBTU, which is intended to represent a thousand thousand BTUs.

# Cen plina

<http://www.eia.doe.gov/oog/info/ngw/ngupdate.asp>



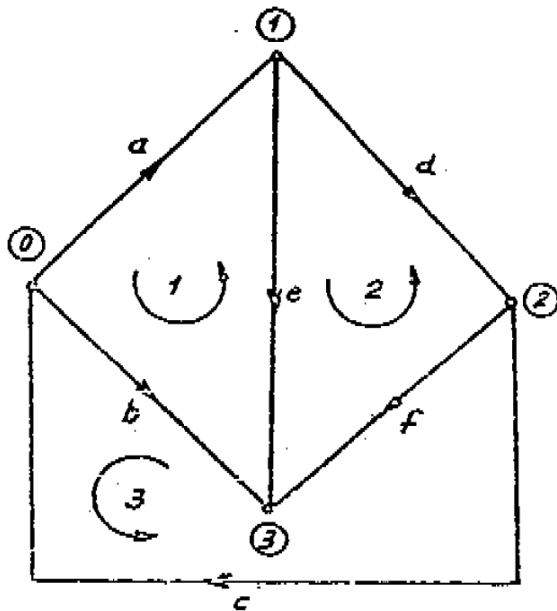
# Topološki matriki omrežja

- Prva topološka matrika – vozliščna ali incidenčna (povezovalna) matrika
- Ena vrstica ustreza enemu vozlišču (z izključitvijo bilančnega vozlišča).
  
- Druga topološka matrika – zančna ali druga incidenčna matrika
- Vrstice ustrezajo neodvisnim zankam
  
- Opcija: matriki pišemo transponirano: veje so pisane v vrsticah namesto v stolpcih (ameriška literatura).

# Prva topološka matrika omrežja

- Prva topološka matrika – vozliščna ali incidenčna (povezovalna) matrika
- Ena vrstica ustreza enemu vozlišču (z izključitvijo bilančnega vozlišča).
- Odvisno ali bilančno vozlišče – naredi se bilanca tokov vsega omrežja in manjkajoči tok se praktično krije s primernim izvorom.
- V matriko se vpiše 0, če veja ni povezana z vozliščem, kateremu ustreza vrstica.
- Če je veja povezana z vozliščem, pa napišemo v matriko +1 ali -1 v odvisnosti od smeri v orientiranem grafu.
- Če je zadevno vozlišče začetek veje in je veja usmerjena proč od vozlišča, postavimo v matriko 1.
- Če veja usmerjena k vozlišču postavimo v matriko -1.

# Prva topološka matrika omrežja - primer



$$\begin{array}{c}
 \text{Veje (v)} \\
 \overbrace{\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad} \\
 a \quad b \quad c \quad d \quad e \quad f \\
 \\
 [T_1] = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & -1 \end{bmatrix} \left. \begin{array}{l} 1 \\ 2 \\ 3 \end{array} \right\} \text{Neodvisna} \\
 \hspace{15em} \text{vozlišča (s)}
 \end{array}$$

V matriko se vpiše 0, če veja ni povezana z vozliščem, kateremu ustreza vrstica.

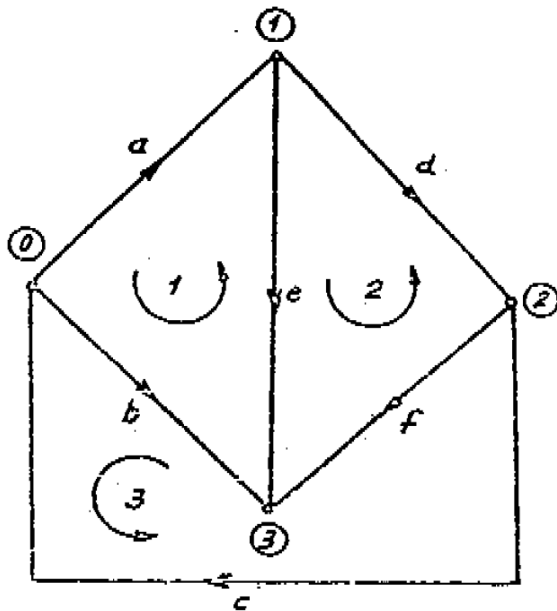
Če je zadevno vozlišče začetek veje in je veja usmerjena proč od vozlišča, postavimo v matriko 1.

Če veja usmerjena k vozlišču postavimo v matriko -1.

## Druga topološka matrika omrežja

- Druga topološka matrika – zračna ali druga incidenčna matrika
- Vrstice ustrezajo neodvisnim zankam
- Če se veja pojavi v zanki, na presečišču ustrezne vrstice in stolpca postavimo v matriko 1 ali -1 glede na to, ali smer veje in zanke sovpadata (1) ali ne (-1).
- Če veja ni zajeta v opazovani zanki, vstavimo na ustreznem presečišču ustrezne veje in zanke 0.

## Druga topološka matrika omrežja - primer



$$\begin{array}{c}
 \text{Veje (v)} \\
 \overbrace{\quad\quad\quad} \\
 \begin{array}{cccccc}
 a & b & c & d & e & f
 \end{array} \\
 [T_{II}] = \begin{bmatrix}
 -1 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & -1 \\
 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 1
 \end{bmatrix} \left. \begin{array}{l} 1 \\ 2 \\ 3 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Neodvisne} \\ \text{zanke (z)} \end{array}
 \end{array}$$

Če se veja pojavi v zanki, na presečišču ustrezne vrstice in stolpca postavimo v matriko 1 ali -1 glede na to, ali smer veje in zanke sovpadata (1) ali ne (-1). Če veja ni zajeta v opazovani zanki, vstavimo na ustreznem presečišču ustrezne veje in zanke 0.

# Drevesa in tetive omrežja

Ločimo dve vrsti vej:

- drevo: najmanjši možni radialni del zančnega omrežja, katerega veje se združujejo z bilančnim vozliščem in zajemajo vsa vozlišča;
- tetive grafa: ostale veje.

V kompleksnih shemah je možnih več dreves.

Število vej  $v$  v splošnem ustreza številu neodvisnih vozlišč.

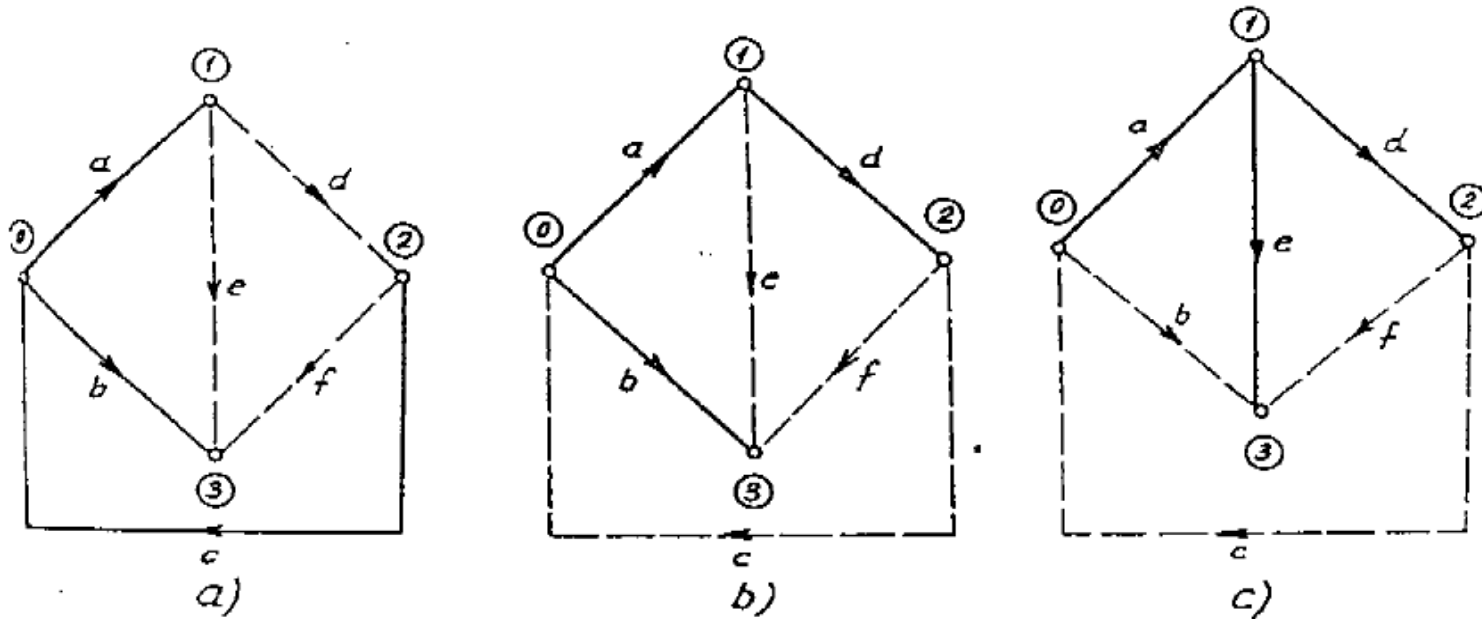
Število tetiv je enako številu neodvisnih zank.

$$v = s + z$$



# Drevesa in tetive omrežja

Za prejšnji primer so možna tri drevesa.



# Podmatrike

$$[T_I] = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & -1 \end{bmatrix} = [T_I]^\alpha [T_I]^\beta$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{[T_I]^\alpha} \quad \underbrace{\hspace{10em}}_{[T_I]^\beta}$

$[T_I]^\alpha$

Podmatrika karakterizira zvezo vej drevesa z vozlišči.

$[T_I]^\beta$

Podmatrika karakterizira zvezo med tetivami in vozlišči.

Radialna omrežja so brez tetiv in zanje velja enakost števila vej  $v_r$  in števila neodvisnih vozlišč  $s_r$ .  $v_r = s_r$

Prva topološka matrika takih omrežij je torej kvadratna in regularna. Njena inverzija je načelno izvedljiva.  $[T_I]_r$

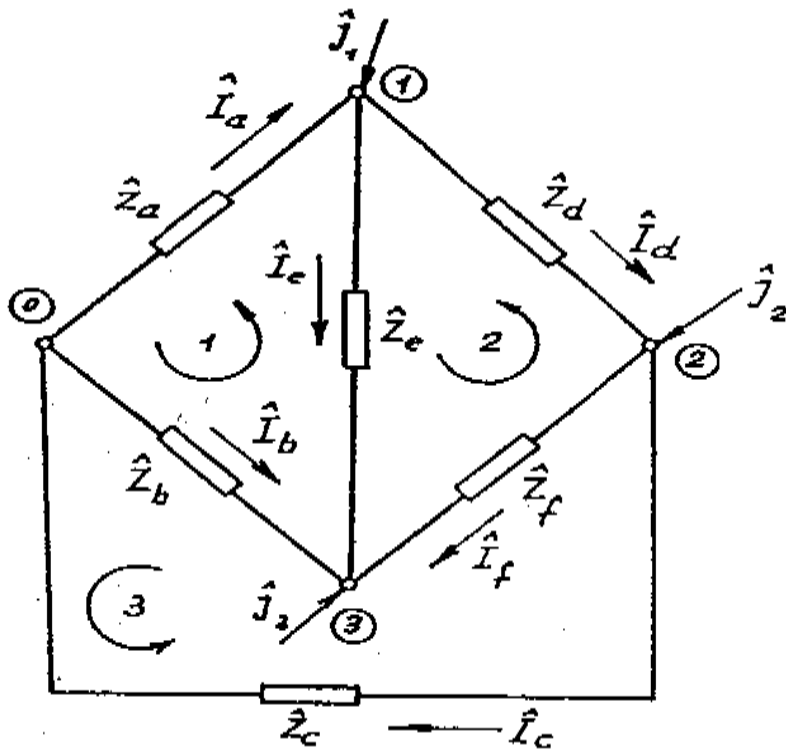
# 1. Kirchoffov zakon v matričnem zapisu

Tokom v vejah predpišimo enako smer, kot je označena v vejah orientiranega grafa.

Predpostavimo injicirane toke  $\underline{J}$  v neodvisna vozlišča.

Zapišimo produkt prve topološke matrike z vektorjem vejskih tokov:

$$[T_I] \cdot [I_v] = [J]$$



$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{I_a} \\ \underline{I_b} \\ \underline{I_c} \\ \underline{I_d} \\ \underline{I_e} \\ \underline{I_f} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\underline{I_a} & +\underline{I_d} & +\underline{I_e} \\ \underline{I_c} & -\underline{I_d} & +\underline{I_f} \\ -\underline{I_b} & -\underline{I_e} & -\underline{I_f} \end{bmatrix}$$

Vozlišče 1:  $-\underline{I_a} + \underline{I_d} + \underline{I_e} = \underline{J_1}$

Vozlišče 2:  $\underline{I_c} - \underline{I_d} + \underline{I_f} = \underline{J_2}$

Vozlišče 3:  $-\underline{I_b} - \underline{I_e} - \underline{I_f} = \underline{J_3}$

# 1. Kirchoffov zakon v matričnem zapisu

$$[T_I] \cdot [I_v] = [J] \quad 1. \text{ Kirchoffov zakon v matričnem zapisu}$$

Vejskih tokov ne moremo izračunati iz injiciranih, ker topološka matrika ni pravokotna in je njena inverzija neizvedljiva.

Vendar je to možno za radialna omrežja, za katera velja:

$$[I_v] = [T_I]^{-1} \cdot [J]$$

## 2. Kirchoffov zakon v matričnem zapisu

Zapišemo produkt druge topološke matrike in matrike padcev napetosti, ki v splošnem prinaša matriko padcev napetosti, katere členi so v našem primeru enaki nič.

V splošnem pa bi lahko imeli v vseh zankah še vire napetosti  $E_z$ .

$$\begin{aligned} [T_{II}] \cdot [U_v] &= [E_z] \\ \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \\ U_d \\ U_e \\ U_f \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} -U_a & +U_b & -U_e \\ -U_d & +U_e & -U_f \\ -U_b & -U_c & +U_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Enačba predstavlja vire napetosti, kot da so vključeni v vsako vejo.

# Ohmov zakon v matričnem zapisu

Padci napetosti v vejah so odvisni od tokov v vejah in od impedanc teh vej. Zapišemo jih lahko v matrični pisavi, če nastopajo impedance vej v glavni diagonali kvadratne matrike vejskih impedanc z vsemi izvendiagonalnimi členi enakimi 0.

$$\begin{bmatrix} \underline{Z}_a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \underline{Z}_b & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \underline{Z}_c & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \underline{Z}_d & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \underline{Z}_e & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \underline{Z}_f \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{I}_a \\ \underline{I}_b \\ \underline{I}_c \\ \underline{I}_d \\ \underline{I}_e \\ \underline{I}_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{Z}_a \cdot \underline{I}_a \\ \underline{Z}_b \cdot \underline{I}_b \\ \underline{Z}_c \cdot \underline{I}_c \\ \underline{Z}_d \cdot \underline{I}_d \\ \underline{Z}_e \cdot \underline{I}_e \\ \underline{Z}_f \cdot \underline{I}_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{U}_a \\ \underline{U}_b \\ \underline{U}_c \\ \underline{U}_d \\ \underline{U}_e \\ \underline{U}_f \end{bmatrix}$$

$$\underline{[Z_v]} \cdot \underline{[I_v]} = \underline{[U_v]}$$

$$\underline{[T_{II}]} \cdot (\underline{[Z_v]} \cdot \underline{[I_v]} - \underline{[E_v]}) = 0$$

$$\underline{[Z_v]} \cdot \underline{[I_v]} - \underline{[E_v]} = \underline{[U_{vV}]}$$

$$\underline{[T_{II}]} \cdot \underline{[U_{vV}]} = 0$$

Matrika padcev napetosti v vejah v splošnem primeru z vključenimi viri napetosti.

# Elektrarne

- Splošne informacije o elektrarnah
- Vrste elektrarn
- Energetske karakteristike elektrarn
- Diagrami obremenitev elektrarn

# Sončne elektrarne

Sonce je vir energije na Zemlji, ki med drugim omogoča tudi fotosintezo.

Sonce je eden najbolj obetajočih virov energije za nove generacije in hkrati največji rezervoar energije v našem sistemu kroženja snovi.

Naš planet sončno energijo sprejema že pet milijard let in zaenkrat ni bojazni, da bi usahnila. Zemlja vsak dan sprejme toliko sončne energije, kot jo vso človeštvo ne porabi v enem letu. Sevalna moč Sonca je  $3.8 \cdot 10^{23}$  W, zemeljska površina pa sprejme  $1.2 \cdot 10^{17}$  W in je od Sonca oddaljena približno 150 milijonov kilometrov.

To pomeni, da lahko v eni uri obsevanja zemeljske površine sprejme toliko energije, da lahko napajamo vso Zemljo oz. vso ljudstvo z električno energijo, pridobljeno od sonca. Od sončne energije, ki pride do Zemlje, se je 30 % odbije v vesolje, 46.5 % se spremeni v toploto, ki izžari v vesolje, 23 % se je uporabi v biosferi za kroženje vode (padavine in izhlapevanje), manj kot 0,5 % energije pa predstavlja energija vetra, valov in uskladiščene energije fotosinteze v rastlinah.

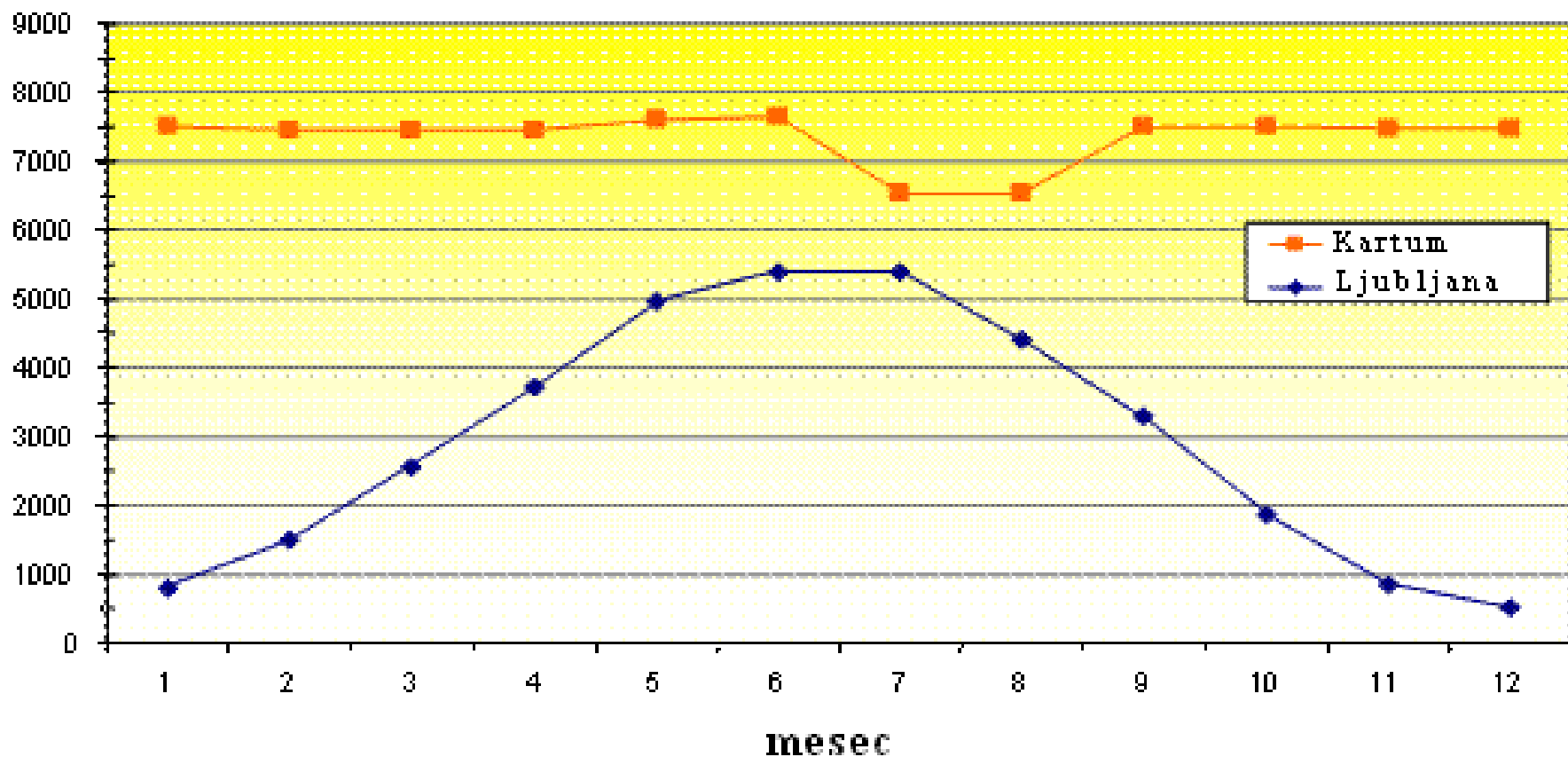
Letno na Zemljo prispe  $4 \cdot 10^{24}$  J energije.

Gostota moči sončnega sevanja, ki pada na Zemljo, se stalno spreminja glede na del dneva, vremenske razmere in letni čas. Gostoto moči sevanja merimo v vatih na kvadratni meter [ $W/m^2$ ]. Energijo sevanja, to je integrirano moč prek določene časovne periode, imenujemo obsevanje in jo podajamo v vatnih urah na kvadratni meter [ $Wh/m^2$ ]. Gostota moči sončnega sevanja nad zemeljsko atmosfero je med 1325 in 1420  $W/m^2$ . Povprečje tega zunajzemeljskega sončnega sevanja znaša 1367  $W/m^2$ .



# Letna porazdelitev sevanja na različnih lokacijah: Kartum (Sudan) in Ljubljana

povprečno dnevno obsevanje [ Wh/m<sup>2</sup>d ]



## Prikaz podatkov o oblačnosti in trajanju sončnega obsevanja za izbrane lokacije

Povprečna oblačnost v desetinah			Število jasnih dni		Število oblačnih dni		Število ur sončnega obsevanja	
Leto	1990-2000	2007	1991-2000	2007	1991-2000	2007	1991-2000	2007
Kredarica	6,2	5,9	46	55	119	112	1753	1882
Lesce	5,9	5,8	66	71	122	124	1954	2043
Ljubljana	6,4	6,0	37	46	134	112	1940	2010
Murska Sobota	5,9	5,9	54	53	115	104	2020	2091
Novo mesto	5,9	5,7	56	70	116	113	1990	2012
Portorož	4,9	4,5	79	109	72	76	2386	2526

# Sončne elektrarne

Beseda fotonapetost (PV – angl. »Photovoltaics«) izvira iz grških besed »phos«, ki pomeni svetloba, in »volt«, ki je enota za napetost.

Pod pojmom fotonapetostna pretvorba razumemo neposredno pretvorbo svetlobne energije sončnega sevanja v električno energijo.

Ta pretvorba se zgodi v sončnih celicah, ki se po zgradbi lahko ločijo na:

- amorfne
- polikristalne
- monokristalne

V večini primerov so izdelane iz silicija. Z združevanjem več sončnih celic dobimo fotonapetostne module, ki so povezani kot neločljiva celota.

Učinkovitost pretvorbe svetlobne energije v električno je močno odvisna od tipa sončnih celic in pogojev delovanja.

Razpon učinkovitosti pretvorbe sega od nekaj odstotkov pri najbolj cenjenih celicah ali modulih in celo preko 40 % pri najbolj zahtevnih in najdražjih izvedbah.

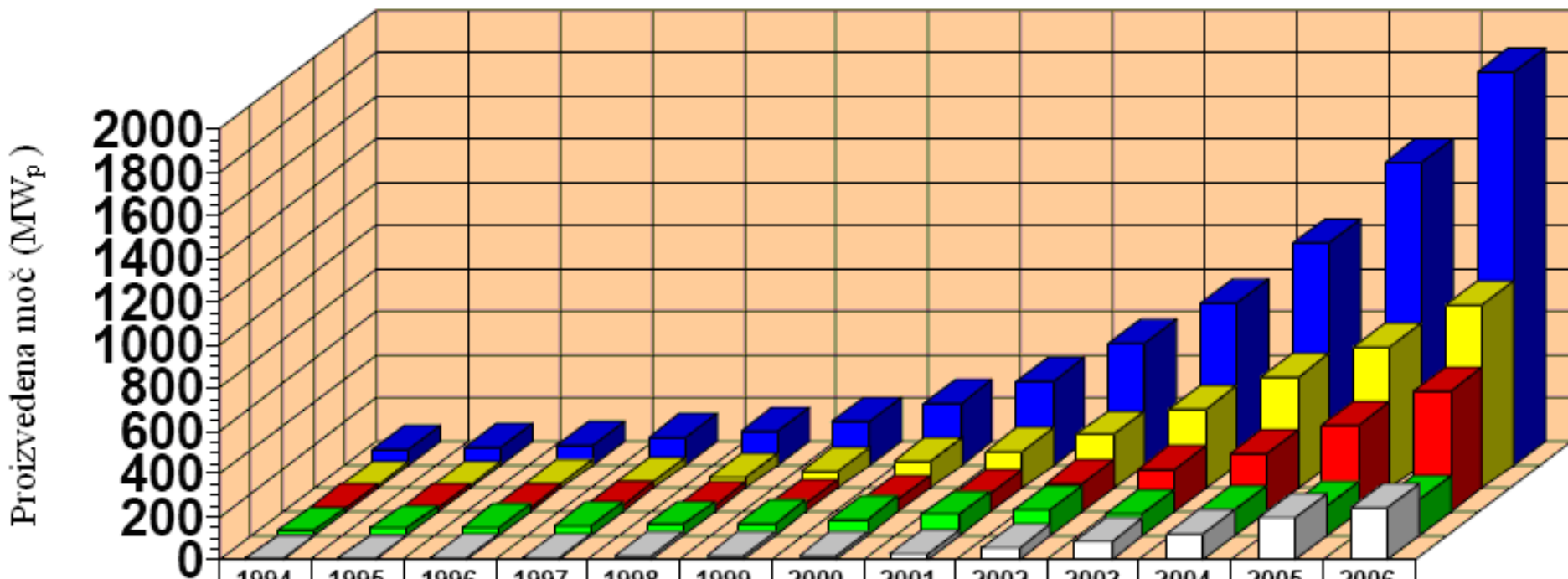
Modularna zasnova fotonapetostnih sistemov omogoča izdelovanje sistemov za oskrbo z električno energijo zelo različnih moči – od samo nekaj tisočink vata za zapestne ure do sistemov z nazivno močjo nekaj kW za samostojne porabnike, kot so na primer gorske kočice, in celo do omrežnih fotonapetostnih sistemov t. i. sončnih elektrarn z nazivno močjo nekaj deset MW.

# Zgodovina

- 1839 – Edmond Becquerel odkrije fotonapetostni pojav.
- 1876 – Adams in Day napišeta poročilo fotonapetostnega pojava v trdni strukturi selena.
- 1900 – Planck domneva o kvantni naravi svetlobe.
- 1930 – Wilson predstavi kvantno teorijo o trdnih snoveh.
- 1940 – Mott in Schottky razvijeta teorijo rektifikatorja v trdnem stanju (diode).
- 1949 – Bardeen, Brattain in Shockley izumijo tranzistor.
- 1954 – Chapin, Fuller in Pearson objavijo prvo sončno celico iz silicija s 6-odstotnim izkoristkom.
- 1954 – Reynolds objavi novico o sončni celici, ki temelji na kadmijevem sulfidu.
- 1958 – Prva uporaba sončne celice v orbitalnem satelitu Vanguard 1
- 1963 – Podjetje Sharp Corporation izdelava prvi fotonapetostni modul iz silicija, ki je bil praktično uporaben.
- 1969 – Po tem letu so bila ustanovljena večja podjetja, ki so proizvajala sončne celice (Spire Corporation, Solar Power Corporation, Solarex Corporation, Solec International ...).
- 1972 – Začetek uporabe fotonapetostnih sistemov za napajanje odročnih krajev oz. raziskovalnih centrov
- 1983 – Vozilo "Solar Trek" s fotonapetostnim sistemom z močjo 1 kW je v dvajsetih dneh na dirki po Avstraliji prevozilo 4000 km. Maksimalna hitrost je bila 72 km/h, povprečna pa 24 km/h.
- 1986 – Podjetje ARCO Solar je predstavilo G-4000, prvi komercialni tankoplastni fotonapetostni modul.
- 1990 – Podjetja se začnejo združevati (Siemens kupil ARCO Solar in osnoval podjetje Siemens Solar Industries).
- 2000 – Manjša podjetja v Nemčiji, ki so se ukvarjala z obnovljivimi viri, so začela kotirati na borzi.

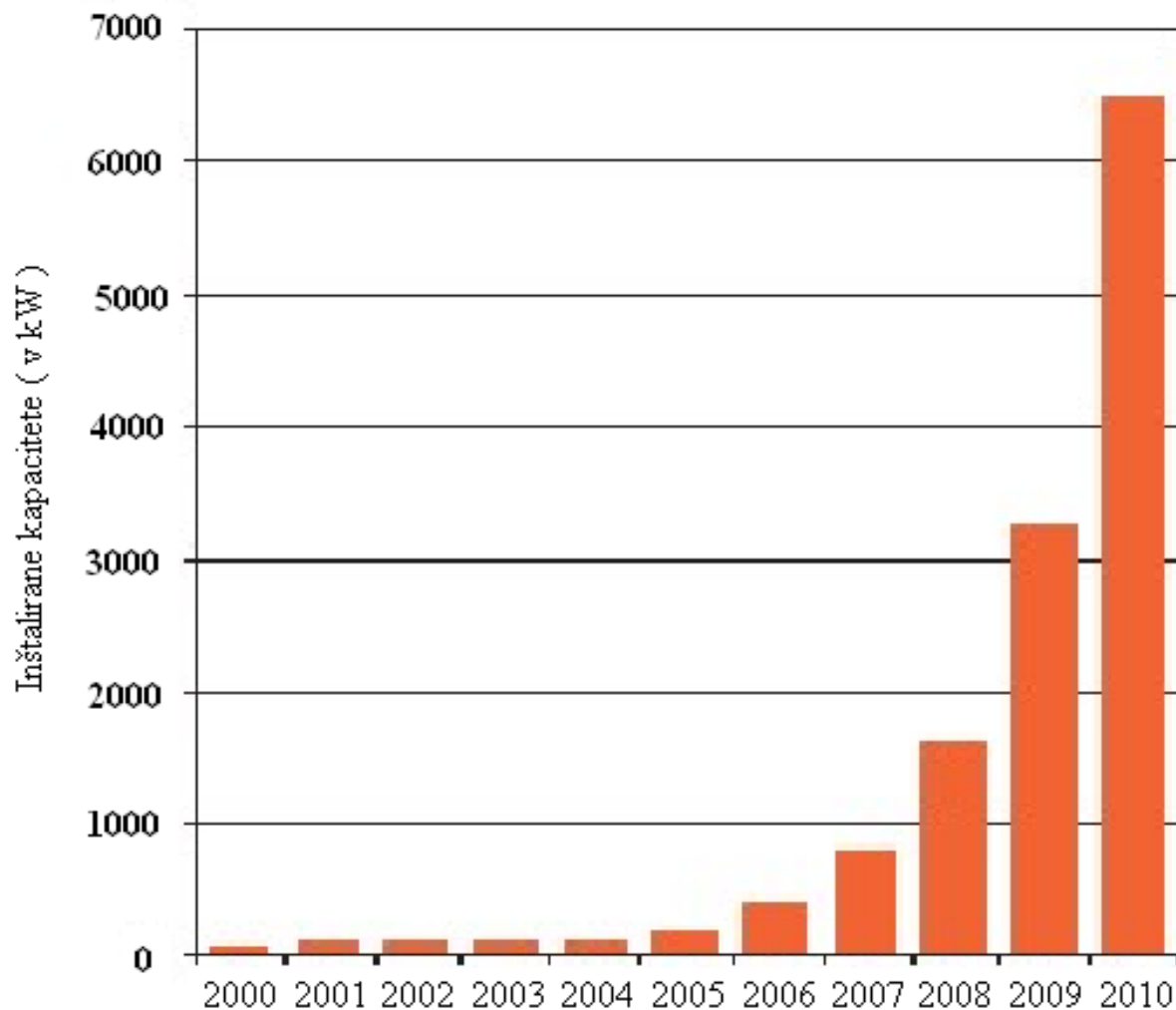
# Proizvodnja električne energije s fotonapetostnimi sistemi po svetu

Wp – vršna moč pri najboljših pogojih sončne svetlobe

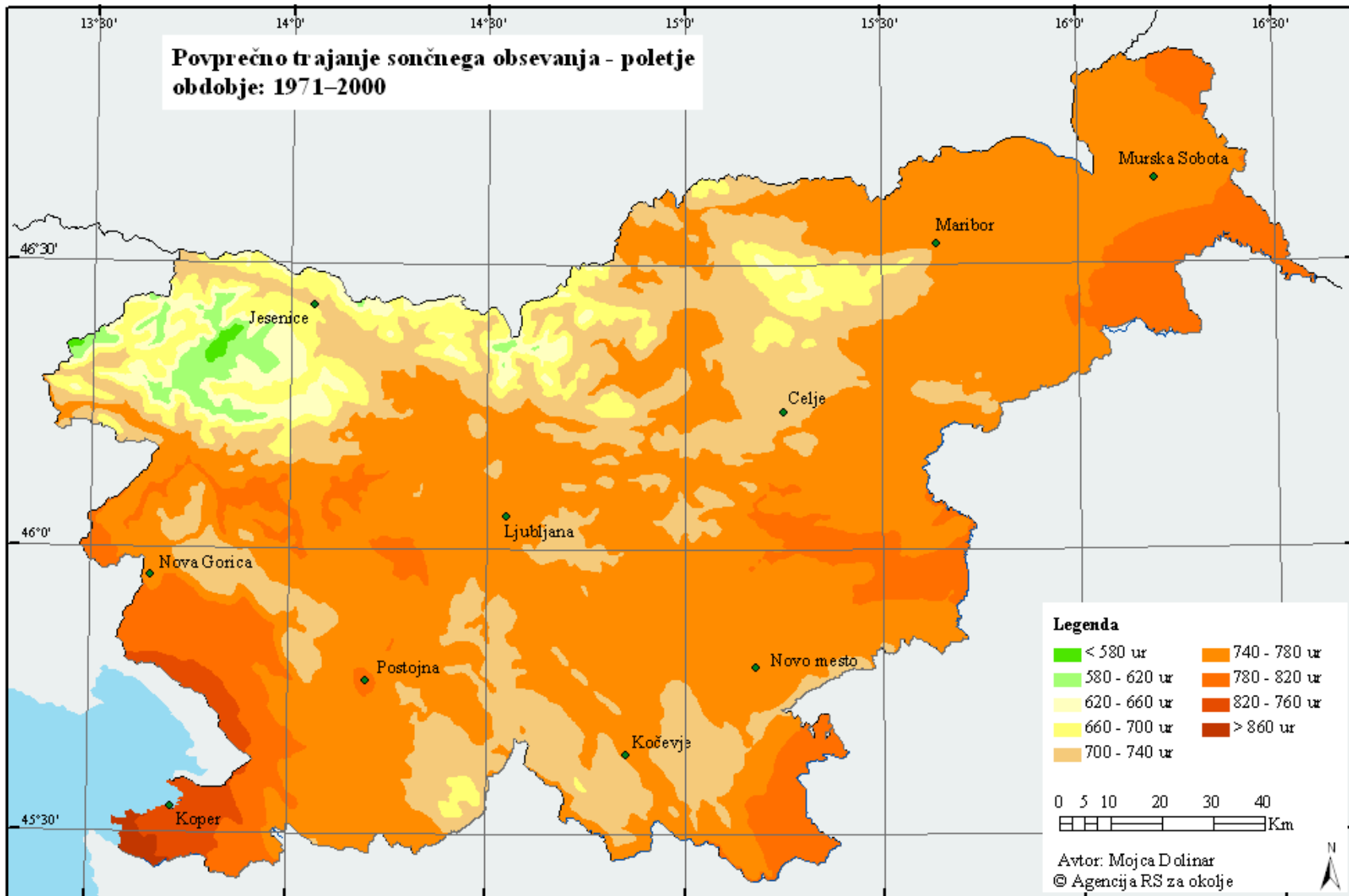


	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
□ Ostali svet	5.6	6.4	9.8	9.4	18.7	20.5	23.4	32.6	55.5	83.8	120	200	240
■ ZDA	25.6	34.8	38.9	51.0	53.7	60.8	75.0	100.0	120.6	104.2	120	140	170
■ Evropa	21.7	20.1	18.8	30.4	33.5	40.0	60.7	86.4	135.1	199.4	270	400	560
■ Japonska	16.5	16.4	21.2	35.0	49.0	80.0	128.6	171.2	251.1	363.9	520	660	850
■ Vsota	69.4	77.6	88.6	125.8	154.9	201.3	287.7	390.2	561.8	753.0	1030	1400	1820

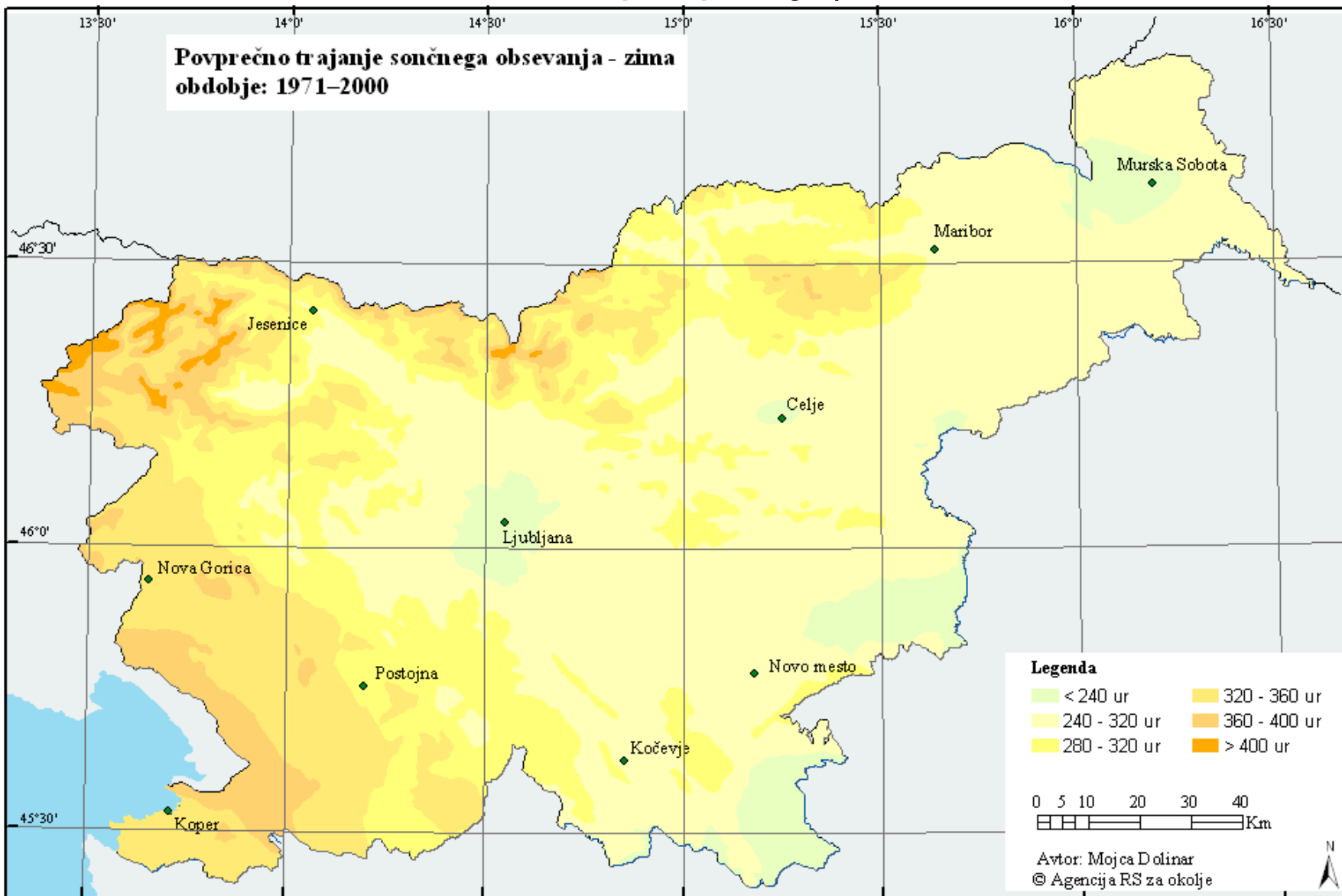
# Obseg izgradenj sončnih elektrarn v Sloveniji do leta 2007 in napoved do leta 2010



# Povprečno trajanje sončnega obsevanja poleti (30-letno povprečje)



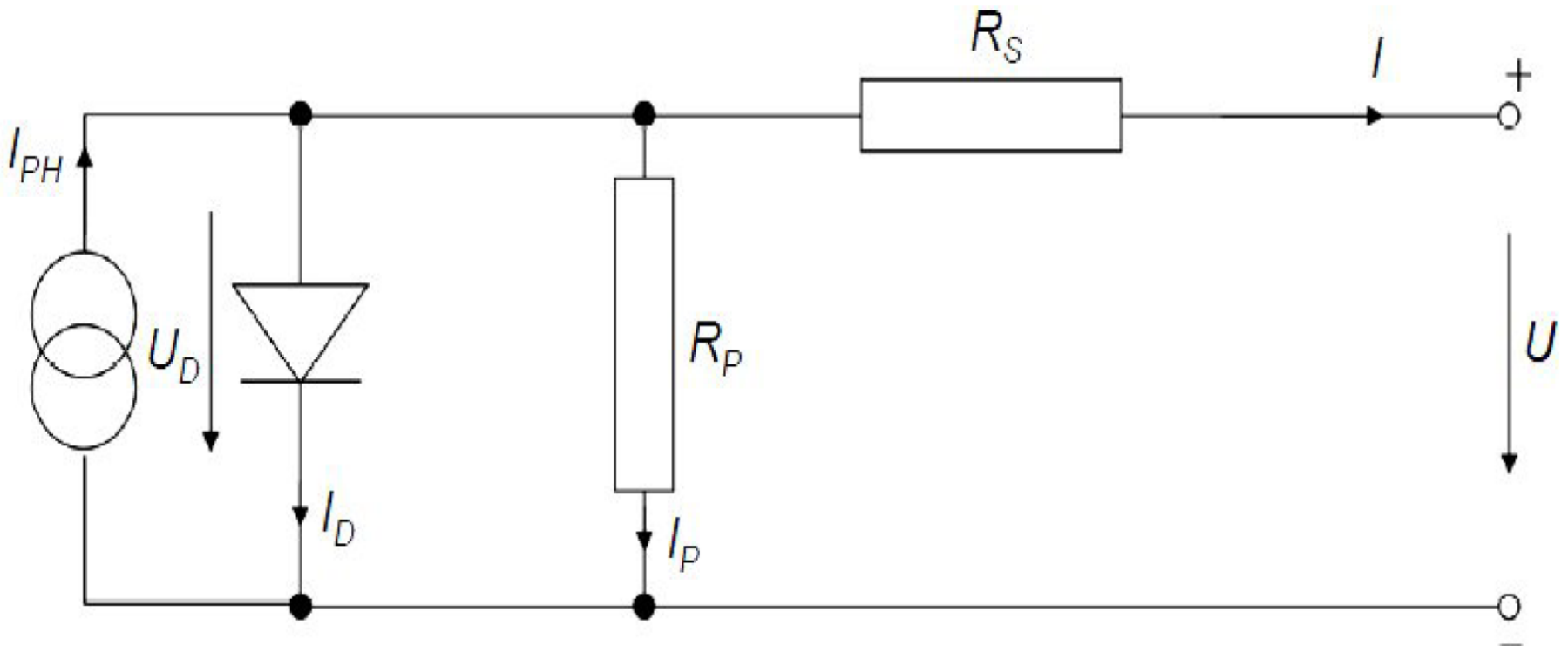
# Povprečno trajanje sončnega obsevanja pozimi (30-letno povprečje)





# Fotovoltaika

- Standardna, na silicijevi rezini izdelana sončna celica je polprevodniška dioda z veliko površino. Njena temna tokovno - napetostna karakteristika je enaka karakteristiki standardne diode. Pod osvetlitvijo pa deluje sončna celica kot električni generator.
- Serijska upornost  $R_S$  predstavlja predvsem upornost kontaktov. Vzporedna upornost  $R_P$  pa je posledica neidealne diode. Idealna sončna celica ne upošteva teh dveh upornosti. Njeno nadomestno vezje sestavljata dioda in tokovni izvor (idealni vir električnega toka). Tok tokovnega izvora je neposredno sorazmeren vrednosti sončnega sevanja.



## Enačba

$I_{SC}$  - tok kratkega stika

$I_S$  - zaporni tok diode

$U_T$  - termična napetost diode (za idealno diodo velja  $U_T = 25,7 mV$  pri temperaturi  $25^\circ C$ )

$I$  - tok sončne celice

$e$  - naboj elektrona  $1,6 \times 10^{-19} As$

$$I = I_{SC} - I_S \left( e^{\frac{U}{U_T}} - 1 \right)$$

Model realne sončne celice pa opišemo s spodnjo enačbo

$$I = I_{SC} - I_S \left( e^{\frac{e(U_S + R \cdot I)}{n \cdot k \cdot T}} - 1 \right) - \frac{I + R_S}{R_p}$$

$n$  - faktor kakovosti diode (vrednost med 1 in 2)

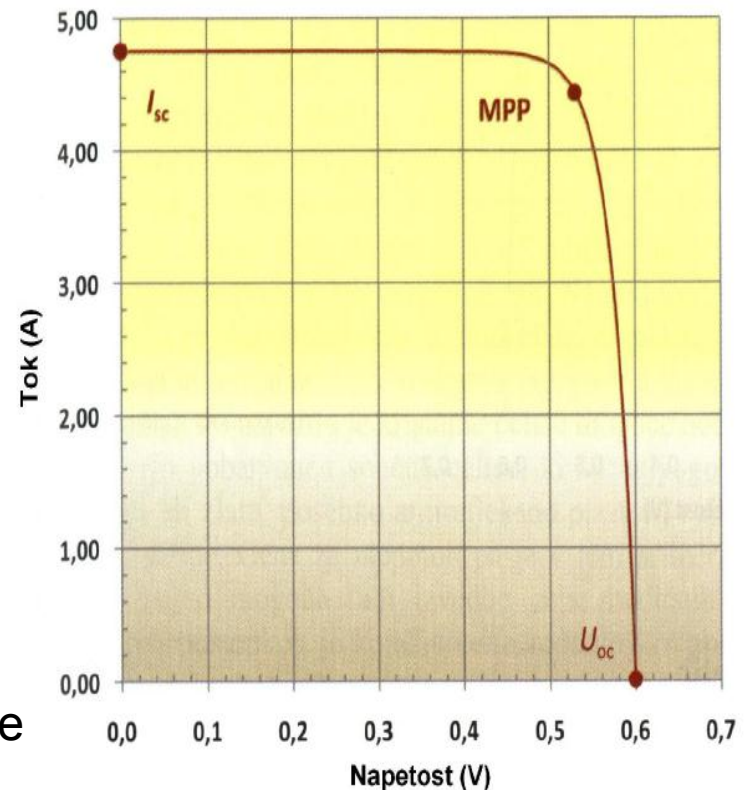
$k$  - Boltzmanova konstanta  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} J / K$

$T$  - temperatura v Kelvinih

# Moč sončne celice

- Zelo pomembna je točka  $P_{\max}$ , ki označuje točko največje moči (maximum power point – MPP). Ta točka se v praksi zelo redko dosega, saj ob ustrezni vrednosti sončnega obsevanja, ki bi to moč zagotavljalo naraste tudi temperatura sončne celice, kar pa zmanjša izhodno moč.
- Merilo za kakovost sončne celice je tudi faktor polnjenja (fill factor – FF). V spodnji enačbi  $U_{\text{MPP}}$  pomeni napetost v točki največje moči,  $I_{\text{MPP}}$  tok v točki največje moči,  $U_0$  napetost odprtih sponk,  $I_{\text{SC}}$  pa tok kratkega stika.

$$FF = \frac{U_{\text{MPP}} \cdot I_{\text{MPP}}}{U_0 \cdot I_{\text{SC}}}$$



Primer karakteristike  $U-I$  sončne celice

# Vetrne elektrarne

- Neenakomerna razporeditev zračnega pritiska, tako horizontalno kot vertikalno, povzroča gibanje zraka v atmosferi in to gibanje imenujemo veter.
- Kakor teče voda z višje ležečih predelov v nižje, tako se giblje tudi zrak iz področij visokega zračnega pritiska v področja nizkega zračnega pritiska.
- Vendar veter ne piha vedno samo direktno iz področij visokega zračnega pritiska v področja nizkega. Na njegovo smer vplivajo štiri sile.



3000 pred našim štetjem Egipčani uporabljajo primitivna jadra za pogon njihovih ladij po Nilu navzgor proti toku.

3000 let pred našim štetjem - v Egiptu - prvi mline na veter, (mogoče že Babilonci in Asirci)

V 12. stoletju - prvi mlini na veter na Evropskih tleh.

V 15. stoletju se pojavijo prvi zidani ali leseni mlini na veter, ki so bili fiksni in se je vrtel samo vrhnji del

V 18. stoletju so izumili izboljšano verzijo krila (Andrew Muckle). Sestavljeno je bilo iz vrtljivih letvic, ki jih je zapirala vzmet. Kadar je bil veter premočan, so se letvice odprle in veter je lahko pihal skozi krilo, ne da bi ga poškodoval

# Vetrne elektrarne

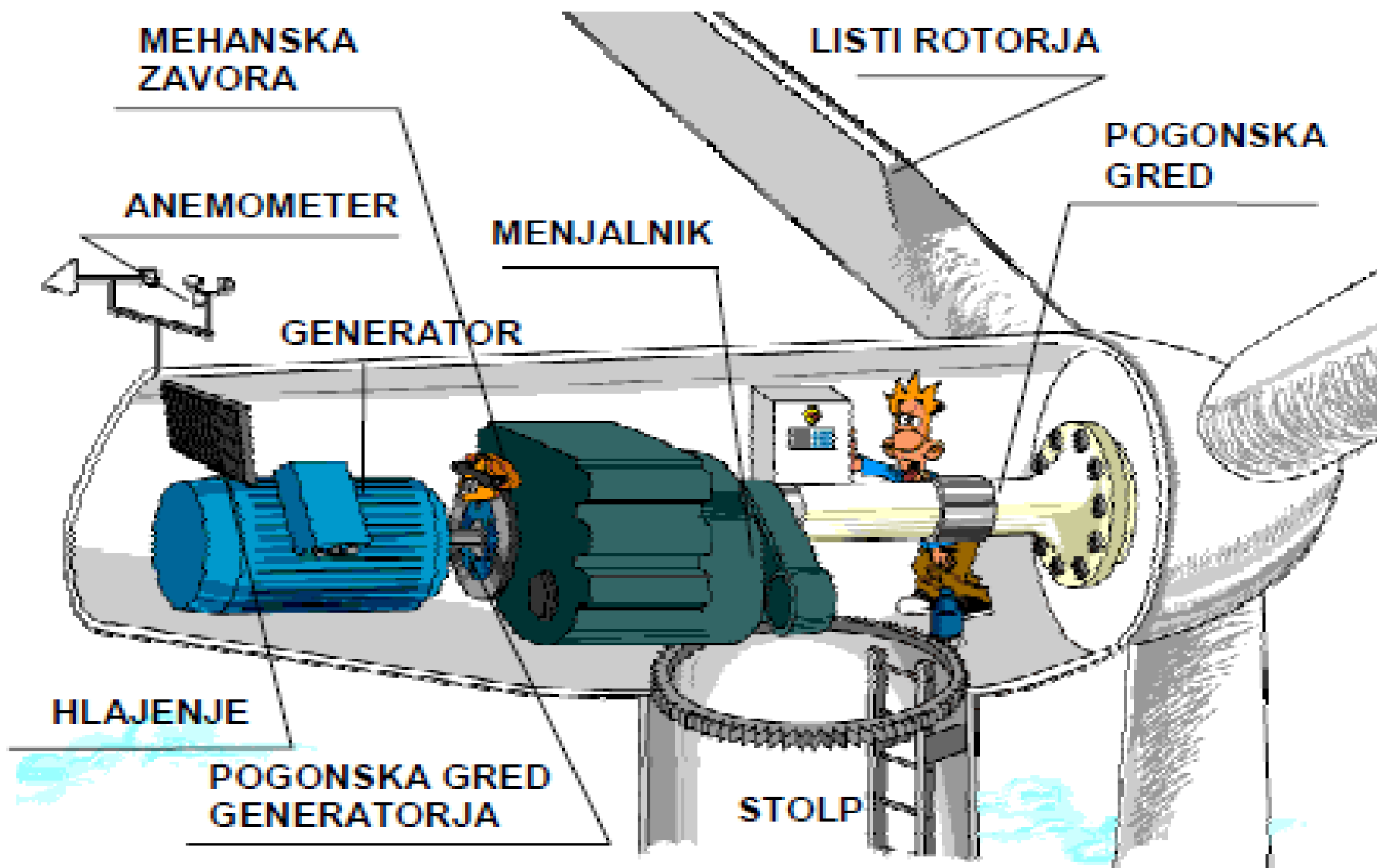
**Gradientna sila**, ki je posledica različnih pritiskov v ozračju, ki so zaradi različnih temperatur zraka in raznih dinamičnih efektov različni na zemeljski površini. Deluje pravokotno na izobaro v smeri od visokega zračnega pritiska k nizkemu. V kolikor so izobare na neki vremenski karti bliže ena drugi, toliko je horizontalni gradient večji in je zaradi tega tudi gradientna sila večja.

**Odklonska sila** nastaja zaradi zemeljske rotacije. Zemlja se vrti od zahoda proti vzhodu in odklanja gibanje zraka na severni polobli na desno ter deluje pravokotno na smer gibanja. Pojavlja se šele tedaj, ko se zrak že giblje in je posledica hitrosti vetra in vrtenja Zemlje. Odklonska sila je odvisna tudi od geografske širine in sicer je na severu večja, na ekvatorju pa enaka ničli. Zaradi odklonske sile ne piha zrak direktno iz anticiklonalnega področja v ciklonalno, ampak ima določen odklon.

**Sila trenja zraka** vpliva v nasprotni smeri gibanja zraka, torej zavira oziroma zmanjšuje hitrost zračnega gibanja. Sila trenja je večja nad kopnim in v nižjih plasteh ozračja, kakor pa nad morjem in v višjih plasteh. Torej se zmanjšuje z naraščanjem višine. Silo trenja delimo v silo zunanjega in silo notranjega trenja. Prava je posledica trenja gibajočega se zraka ob zemeljsko površino in je pomembna nekako do višine 15 metrov. Druga pa je posledica medsebojnega trenja volumskih elementov zraka in vrtincev. Je posebno pomembna v planetarni mejni plasti, ki sega do višine kakšnih 1000 metrov.

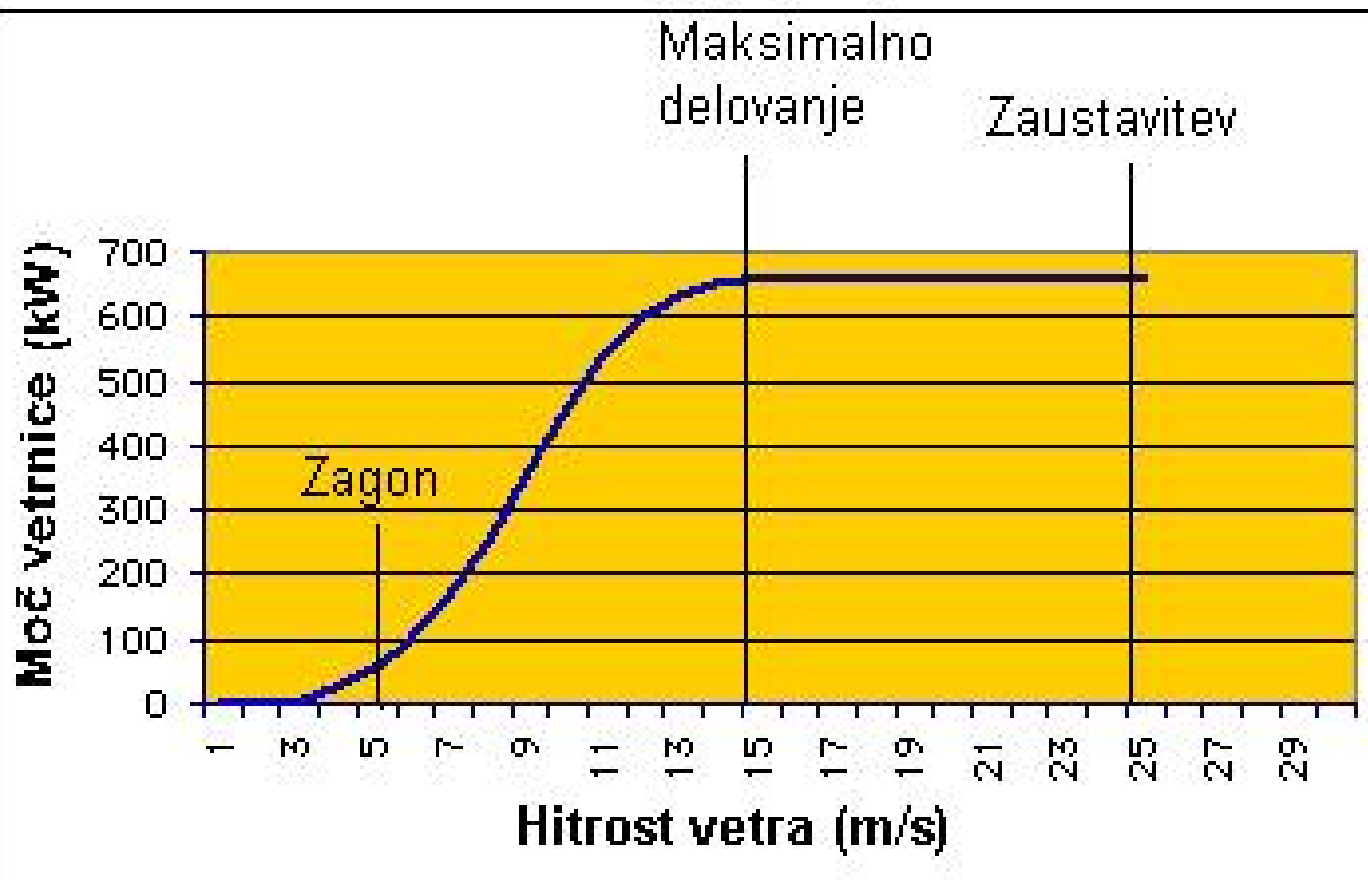
**Centrifugalna sila** se pojavi, kadar se zrak ne giblje premočrtno. Odvisna je od hitrosti in ukrivljenosti poti, po kateri se giblje. Čim večja je hitrost, tem večja je ukrivljenost, tem večja je sila, ki vleče zrak v smeri poti navzven. Centrifugalna sila, ki deluje na gibanje po krivulji, se spreminja od točke do točke. Pri gibanju po krožnici je centrifugalna sila konstantna.

# Sestavni deli



# Karakteristika moči

Večina vetrnih elektrarn potrebuje veter s hitrostjo okoli 5 m/s, da prične obratovati. Pri previsokih hitrostih, običajno nad 25 m/s, se vetrne elektrarne ustavijo, da ne bi prišlo do poškodb. Maksimalne moči se dobijo pri hitrosti okoli 15 m/s. Med 15 in 25 m/s proizvedejo vetrnice največ električne energije. Pri previsokih ali prenizkih hitrostih vetra je vetrna elektrarna zaustavljena in takrat ne proizvaja električne energije.



# Energija in moč – osnovne enačbe

Kinetična energija zraka:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$m$  – masa zraka

$v$  – hitrost zraka

Pretočna hitrost zraka:

$$\dot{V} = v \cdot A$$

$A$  - prerez zračnega pretoka

Masni pretok:

$$\dot{m} = \rho \cdot v \cdot A$$

$\rho$  - gostota zraka

Moč vetra:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot A$$

+ izkoristek iz podrobnejše enačbe

$$\eta_{\max} = \frac{16}{27} = 0,593$$



Pri tehničnem izkoriščanju vetra z vetrnicami pretvarjamo kinetično energijo vetra v mehansko.

Moč vetra, ki teče skozi namišljeno okroglo površino  $A$  (površina, ki jo opiše vetrnica) je:

$$P = \frac{1}{2} v_0^3 \rho A$$

kjer je:

$P$  – moč vetra (W)

$A$  – površina krožne ploskve, ki jo opiše vetrnica ( $m^2$ )

$v_0$  – hitrost vetra v nemotenem prostoru pred vetrnico (m/s)

$\rho$  – gostota zraka ( $kg/m^3$ )

Zgornji izraz navaja moč vetra, če bi imel zrak za vetrnico hitrost 0 in bi se celotna kinetična energija pretvorila v opravljeno delo. Ker pa mora biti izpolnjena kontinuitetna enačba

$$A_0 v_0 = A v$$

in ima površina krožne ploskve, ki jo opiše rotor neko končno velikost, mora biti hitrost na izstopu iz vetrnice večja od 0.

Na spodnji sliki je prikazana tokovna cev in kontrolni volumen. Zrak ki vstopa v kontrolni volumen s hitrostjo  $v_1$ , deluje na liste rotorja s silo  $F$ , če obstaja razlika v tlakih. Tako velja, da je sila, ki jo ustvari tok zraka skozi kontrolni volumen na liste rotorja enaka:

$$F = (p_2 - p_3) A$$

kjer je  $F$  sila na lopatice rotorja (N),  $p_2$  tlak tik pred namišljeno ravnino rotorja (Pa),  $p_3$  pa za ravnino rotorja,  $A$  je pa površina namišljene krožne ploskve rotorja.

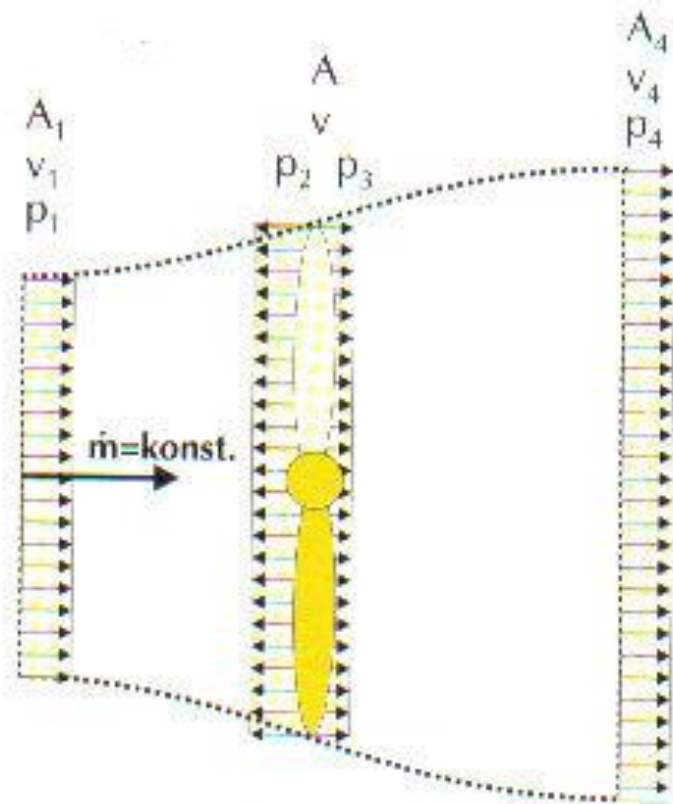
- Moč vetra, ki teče skozi namišljeno okroglo površino A (površina, ki jo opiše vetrnica)

$$P = \frac{1}{2} v_0^3 \rho A$$

$$A_0 \cdot v_0 = A \cdot v$$

sila, ki jo ustvari tok zraka skozi kontrolni volumen na liste rotorja enaka

$$F = (p_2 - p_3) A$$



Glede na to, da je sila zraka na liste rotorja edina sila v kontrolnem volumnu lahko drugi Newtonov zakon zapišemo v obliki ohranitve gibalne količine ( $v_1 > v_4$ ).

Iz tega sledi, da lahko silo s katero deluje zrak na liste rotorja določimo iz razlike tlakov ali razlike gibalne količine:

$$(p_2 - p_3)A = F = (v_1 - v_4)\rho Av$$

Zapišemo še Bernoulijeve enačbe za različne točke v kontrolnem volumnu in z upoštevanjem, da je  $p_1 = p_4$ ,  $v_2 = v_3 = v$  preoblikujemo enačbi in dobimo razliko tlakov :

$$p_2 - p_3 = \frac{1}{2}\rho(v_1^2 - v_4^2)$$

Ob upoštevanju izrazov za silo, ki deluje na lopatice rotorja in razliko tlakov sledi:

$$v = \frac{v_1 + v_4}{2}$$

Torej je hitrost v preseku rotorja enaka matematičnemu povprečju vstopne in izstopne hitrosti zraka v kontrolnem volumnu. Pri rotorjih definiramo izkoristek kot razmerje med močjo vetrnice, ki jo določimo na osnovi razlike v gibalnih količinah na meji kontrolnega volumna  $P_v$  in teoretično močjo  $P$ . Če bi se izrabila vsa kinetična energija vetra

$$\eta = \frac{P_v}{P} = \frac{(v_1 + v_4)(v_1^2 - v_4^2)}{2v_1^3}$$

Z odvajanjem dobimo razmerje teh dveh hitrosti, kjer bo izkoristek vetrnice največji

$$\frac{dP}{dv} \xrightarrow{0} \frac{v_4}{v_1} = \frac{1}{3}$$

Če upoštevamo to razmerje v izrazu za izkoristek vetrnice, dobimo izraz, ki opredeljuje največji izkoristek vetrnice:

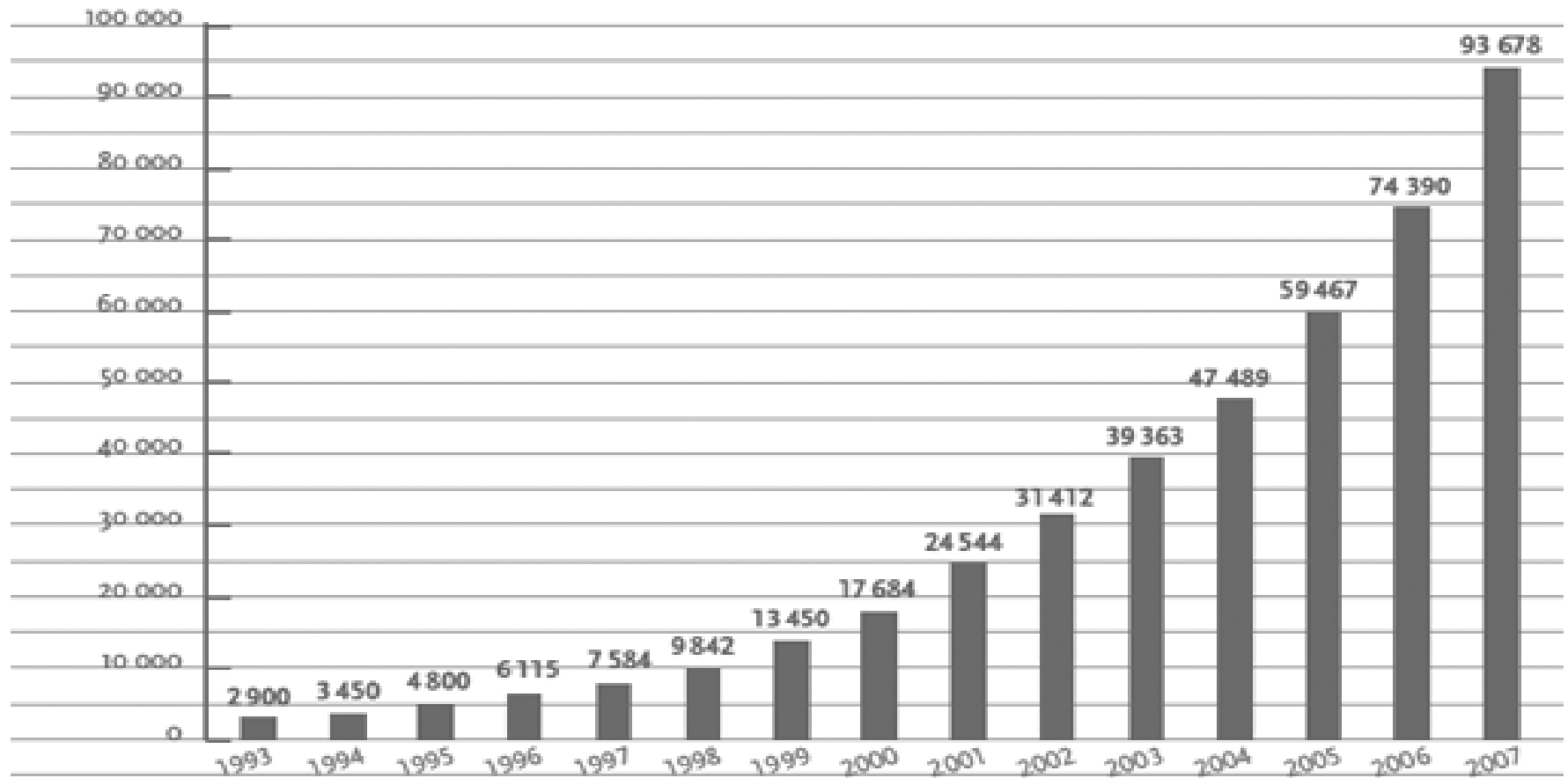
$$\eta_{\max} = \frac{16}{27} = 0,593 \rightarrow P_{\max} = \eta_{\max} \frac{1}{2} \rho A v^3$$

Ta izraz  $\eta_{\max}$  imenujemo maksimalni koeficient moči ali tudi Betzov koeficient, po nemškem aerodinamiku.

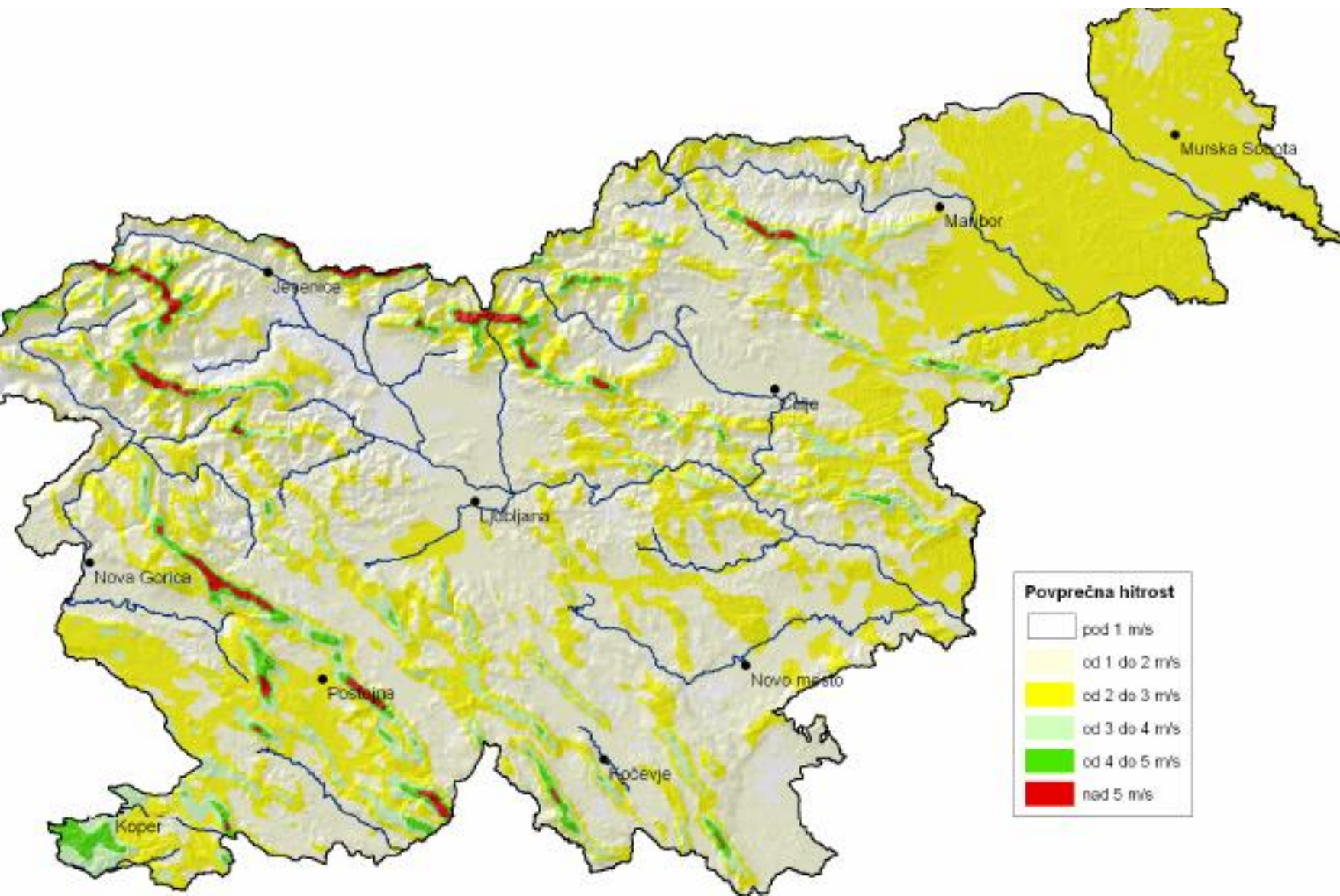
Zaradi vrtnčenja in trenja zraka ob vetrnici, v realnosti koeficient moči nikoli ne doseže teoretične vrednosti. Koeficient se spreminja s hitrostjo vetra in obliko vetrnice, kar vpliva tudi na izkoriščeno moč.

# Porast porabe vetrne energije

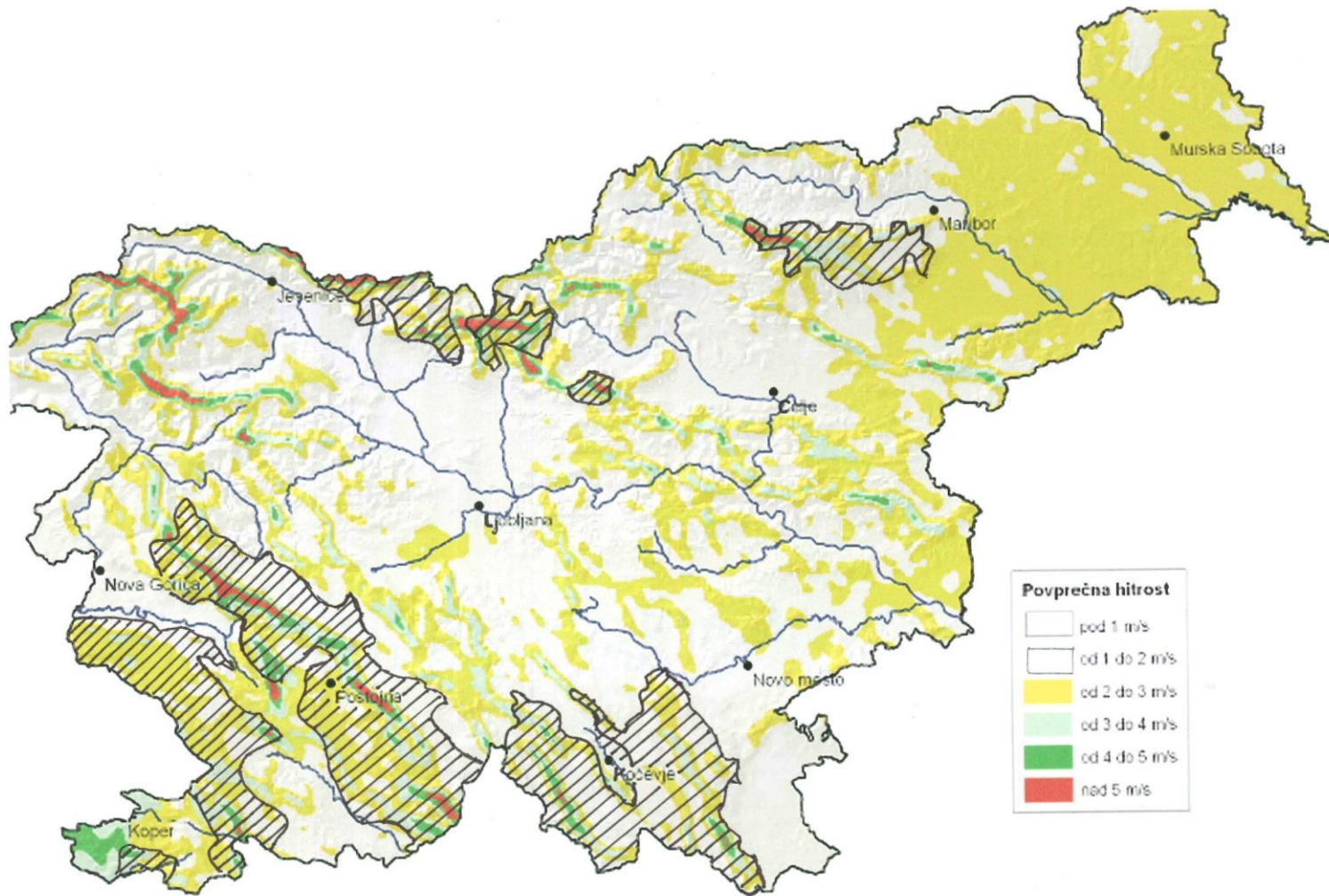
en MW/in MW



# Celoletno povprečje hitrosti vetra na višini 50 m



Večja zavarovana območja - ugodna območja so označena z rdečo in temno zeleno barvo



# Največja vetrna enota

V severni Nemčiji so postavili največjo vetrno enoto.

Pričakujejo, da bodo v prihodnjih letih tovrstne gigante uporabljali na vodi.

Ko je steber postavljen, segajo vetrnice do 155 m visoko, kar pomeni, da so deli elektrarne preveliki za kopenski transport.

Proizvedla bo 6 MW energije, dovolj za potrebe 5769 gospodinjstev.

Rotor se bo začel vrteti šele pri hitrosti 12,6 km/h ali več.

Če pa je hitrost vetra več kot 90 km/h se vetrnice avtomatsko prilagodijo, tako da spuščajo veter mimo.

Na sliki je svetilka primerna za mestno razsvetjavo.

Deluje kot hibrid med sončno celico in vetrnico.

Začetek trženja je predviden čez 3-5 let.





# Dva tipa vetrnic

- VETRNICICE Z VODORAVNO OSJO VR TENJA ROTORJA
- Počasi tekoče ( rotor z velikim številom listov)
- Hitro tekoče ( rotor z enim, dvema ali tremi listi)
- VETRNICICE Z NAVPIČNO OSJO VR TENJA ROTORJA
- Savoniusov rotor
- Darrieusov rotor
- Flettnerjev rotor



# Hitro tekoče vetrnice

Hitro tekoče vetrnice imajo rotor z enim, dvema ali tremi listi. Za zagon rotorja potrebujejo določeno hitrost (večjo od 4m/s) ter imajo pri nizkih hitrostih vetra majhno moč in moment.

## Enolistni rotorji

Imajo teoretično prednost v nižji ceni in lažji prilagoditvi hitrosti in smeri vetra. Kot nadomestilo za drug list potrebuje rotor protiutež. Zaradi velikega števila vrtljajev je omejena dolžina lista, katerega konica se lahko giblje s hitrostjo višjo od zvoka. V primerjavi z več listnimi rotorji pretvorijo 10% manj energije, so hrupnejši, mehanske obremenitve pa so bolj dinamične (časovno neenakomerne). Razen prototipov se niso uveljavile.

## Dvo in trolistni rotorji

So najbolj razširjeni med vsemi tipi vetrnic. Prednost dvolistnih rotorjev je nižja cena in lažja namestitvev rotorja na stolp. Ker je prečna površina lopatic manjša, morajo imeti pri enaki velikosti rotorja večje hitrostno število (večjo vrtilno hitrost) in so zato hrupnejše. Izkušnje kažejo, da so vetrnice z trilistnim rotorjem zaradi vtisa enakomernejšega vrtenja rotorja tudi vizualno manj moteče. Zaradi enakomernejše obremenitve so se pri večjih vetrnicah uveljavili predvsem trilistni rotorji.

Ker se smer vetra spreminja, morajo biti opremljena z mehanizmom za prilagajanje smeri vetra. Pri majhnih vetrnicah uporabljajo krilo, pri večjih pa mehanski pogon, ki je voden na osnovi meritev smeri vetra z anemometrom na vetrnici.

# Vetrnice z navpično osjo vrtenja - Darreiusov rotor

Leta 1926 je Francoz Darrieus razvil rotor z ukrivljenimi lopaticami (zelo podoben je stepalniku jajc). Je najbolj razširjena vetrnica z navpičnim rotorjem, ima dve ali tri lopatice.

Ukrivljene lopatice rotorja zmanjšajo obremenitve, ki so posledica centrifugalne sile. List »prečka« tok vetra dvakrat (pred osjo vrtenja in za osjo vrtenja), zato je koeficient moči primerljiv s hitro tekočimi vetrnicami z vodoravno osjo vrtenja.

Delujejo neodvisno od smeri vetra, toda ne štartajo samodejno, temveč potrebujejo dodatni zaganjač. Namesto tega lahko pri manjših vetrnicah na os rotorja dogradimo Savoniusov rotor.



# Vetrnice z navpično osjo vrtenja - Savoniusov rotor

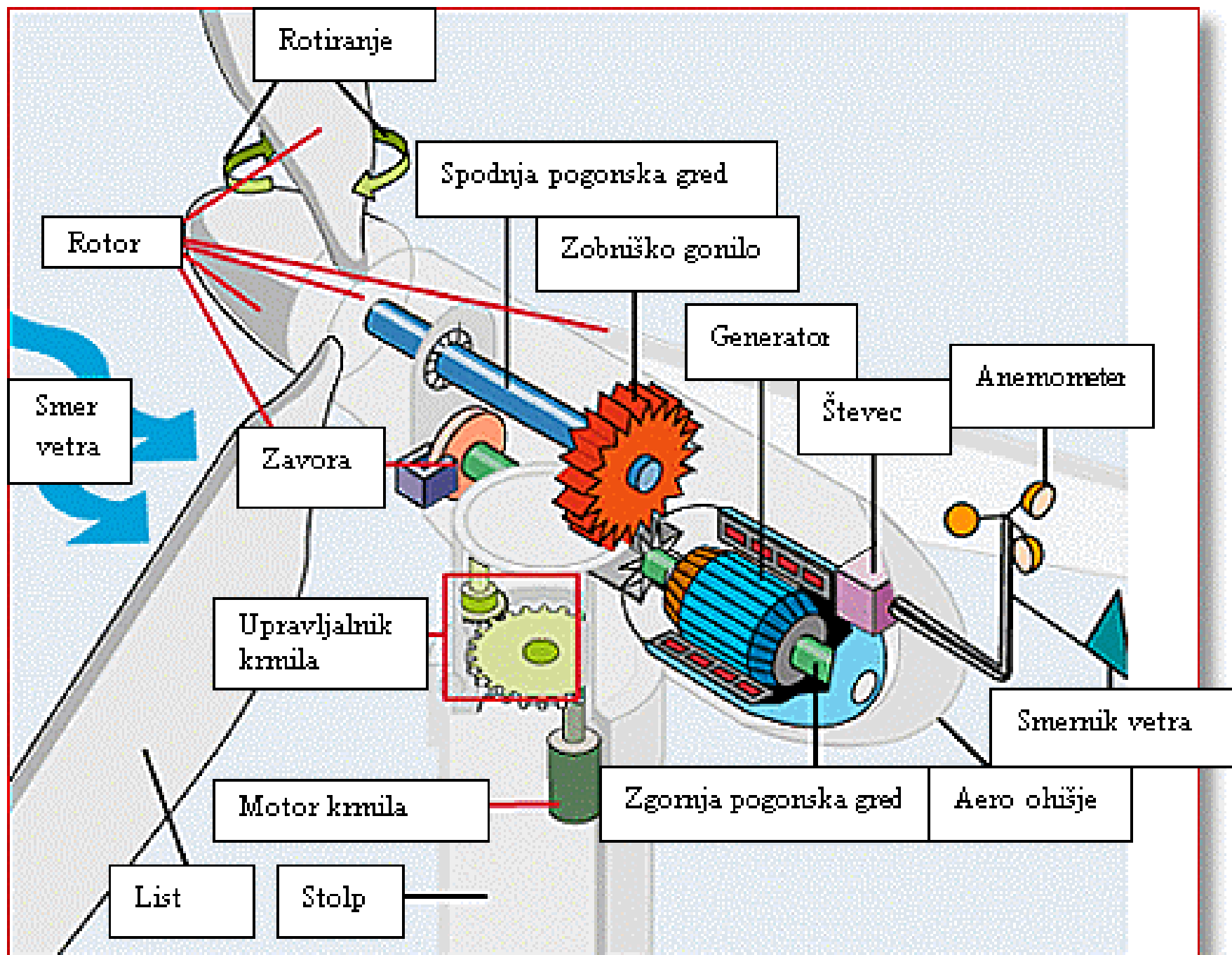
Leta 1924 je Finec Savonius predstavil enostavno vetrnico z rotorjem, ki sta ga sestavljala pokončna polkrožna valja, ki sta z zamikom nameščena eden proti drugemu. Vrtenje rotorja je posledica razlike v sili upora, ki jo povzroča veter na konkavni in konveksni pol valj(koeficient upora konkavnega pol valja je 2,3, konveksnega pa 1,2).

Prednosti Savoniusovega rotorja so enostavnost, neodvisnost delovanja od smeri vetra(obstaja mrtva točka, ko je smer vetra  $180^\circ$ ) in velik zagonski moment. Glavni pomanjkljivosti pa sta hrupnost in nizek koeficient moči. Novejše izvedbe, kot je Windside rotor s spiralnima pol valjema, izkoriščajo tudi Magnusov učinek.

Deluje že pri zelo majhnih hitrostih vetra, 2 do 3m/s.

Deluje neodvisno od smeri vetra, je tišji od Savoniusovega rotorja in zdrži visoke hitrosti vetra(do 60m/s).





# Generator

Generator je člen, ki pretvarja mehansko energijo v električno. Pri vetrnih elektrarnah z konstantno hitrostjo vrtenja se skoraj izključno uporablja asinhronske generatorje. Eden od razlogov za to izbiro je, da se pri vetrnih elektrarnah z sinhronskim generatorjem lahko pojavi nezaželene resonance, ki jo lahko povzroči sinhronski generator s svojo konstantno frekvenco ter turbina s svojim pulzirajočim navorom na gredi generatorja. Ta problem učinkovito odpravlja asinhronski generator, ki take pulzirajoče spremembe navora elegantno absorbira s svojim slipom. Generatorji v takšnih elektrarnah običajno obratujejo na napetostnem nivoju 690 V. Slabe lastnosti asinhronskih generatorjev, kot je velik zagonski tok, rešujemo z mehkim zagonom s pomočjo tiristorjev. Nekoliko slabši pa popravljamo z kondenzatorskimi baterijami, ki so locirani ob vznožju stolpa.

Za vetrne turbine s spremenljivo hitrostjo vrtenja se uporabljajo tako sinhronski kot asinhronski generatorji. Nadaljnji razvoj pa gre v smeri generatorjev, ki ne bi potrebovali menjalnika med propelerjem in generatorsko osjo. Velika pozornost pa se posveča tudi konverterjem, kjer bi glavno vlogo preklapljanja imeli močnostni tranzistorji. Tak konverter bi imel nizek faktor popačenja, žal pa pri velikih močeh nastopajo tudi precejšnje toplotne izgube.

# Zavorni sistem

- Ker je moč vetra sorazmerna tretji potenci hitrosti vetra se ob visokih hitrostih vetra pojavljajo sile znatnih veličin. Zato v vsaki vetrni elektrarni obstajata najmanj dva medsebojno neodvisna zavorna sistema, ki imata sposobnost popolne zaustavitve propelerja ali pa le njegovo zmanjšanje hitrosti. Zavorni sistem pride v uporabo predvsem pri močnih vetrovih, kjer je potrebno zmanjšati obrate ali pa med vzdrževalnimi deli, ki zahtevajo mirujoč sistem. Tudi izpad električnega omrežja ter s tem izguba nasprotujočega delovnega momenta gredi lahko hitro privede do nevarnih hitrosti rotorja.
- Pri regulaciji z uravnavanjem  $C_p$  (pitch control), kjer spreminjamo naklonski kot lopatic nam zasuk vpadnega kota vetra na  $0^\circ$  ali celo v negativno stran povzroči upočasnitev propelerja. Kjer uporabljamo drugačno regulacijo (stall control) nimamo možnosti rotiranja lopatic rotorja. Zato imajo navadno na koncu propelerskih lopatic vgrajene zavorne lopute, ki se ob aktivaciji postavijo v položaj največjega zračnega upora.
- Za popolno zaustavitev rotorja pa uporabljamo mehanske zavore, ki se ponavadi zaradi manjših zavornih momentov nahajajo za menjalnikom, čeprav taka postavitve slednjega močno obremenjuje. Pri projektiranju zavor je posebno pomembno, da je sistem kljub kakšni okvari varen.

# Čeljustni sistem in stolp

## Čeljustni sistem

Horizontalno-osne turbine imajo čeljustni sistem, ki jim omogoča obračanje propelerja proti vetru. Na okrovu turbine se nahaja merilec hitrosti (anemometer) in smeri vetra. Ta nato svoje podatke posreduje regulacijskemu sistemu, ki nato z motornim pogonom obrača čeljustni sistem tako, da je smer vetra pravokotna na propelersko ploščino.

## Stolp

Naloga stolpa je držanje horizontalno-osne vetrne turbine skupaj z generatorjem na neki višini, ter zagotavljati dobro stabilnost in s tem nemoteno delovanje. Stolpi so lahko betonske ali pa železno konstrukcijske izvedbe, pri čemer je betonska različica dražja. Večji betonski stolpi so navadno votli, v njih pa se lahko povzpnejo do turbine oz. generatorja. Stolpi morajo biti postavljeni na resnično masivne temelje, ki pogostokrat dosežejo globino tudi 50 m. Pri prelahkih temeljih se pojavi tudi problem resonančnih frekvenc, ki lahko nastopijo ob določenih obratih propelerja.



# Ekološki vidiki izgradnje vetrnih elektrarn

S proizvodnjo 1 kWh električne energije iz vetra namesto iz premoga zmanjšamo emisijo 1 kg CO<sub>2</sub>. Proizvodnja električne energije iz vetra zmanjšuje tudi emisijo žvepla (20 g/kWh), ter dušika (4,5 g/kWh).

## Sožitje s kmetijstvom

Ker zavzema vetrna elektrarna zelo malo prostora (za temelje potrebujemo zanemarljiv delež zemljišča) lahko kmetje to zemljišče neomejeno uporabljajo za poljedelstvo in živinorejo. S tem zemljišča prinašajo dodaten zaslužek. Še posebej je to pomembno tam, kjer je zemljišče slabo rodovitno.

## Vizuelni vpliv na okolico

Velikost vetrnic in dinamika rotorjev moti mirno pokrajino, zato je potrebno natančno določiti lokacijo postavitve vetrnice. Le-te morajo biti postavljene stran od naselij. Upoštevati je treba tudi lokalne razmere, drevesa, zgradbe.

# Ekološki vidiki izgradnje vetrnih elektrarn

## Šum

Šum nastane kot posledica gibanja lopatic vetrnice skozi zrak ter vrtenja mehanskih sklopov kot so menjalnik, generator. Šum je najbolj moteč ob začetku delovanja vetrnice, ker je šum ozadja (drevesa, trava) takrat še zelo nizek. Z višjo hitrostjo vetra se šum ozadja veča ter prekorači šum turbine. Šume lahko zmanjšamo s pravilno postavitvijo vetrnice (upoštevamo topografske značilnosti). Skoraj v vseh državah, kjer izkoriščajo vetrno energijo velja zakon, ki dovoljuje maksimalno glasnost zvoka vetrnice 45 dB na oddaljenosti 400 m od vetrnice ali pri najbližji zgradbi.

## Elektromagnetni efekt

Vrteči se listi vetrnice ter stolp lahko povzročijo razpršitev elektromagnetnih signalov ter s tem poslabšanje sprejema TV signalov. Interference se lahko pojavijo tudi pri mikrovalovnih povezavah. Problemu se lahko izognemo s pravilno izbiro lokacije postavitve vetrnice.

## Flora, favna

Zaradi majhnega potrebnega prostora za postavitev vetrnice je vpliv na rastlinstvo v okolici minimalen. Vetrnica pa predstavlja večjo nevarnost za ptice zaradi možnih trkov z vrtečimi se listi, ter zaradi zmanjšanja njihovega življenjskega prostora. Pojavlja se tudi problem mrčesa, ki se prilepijo na liste vetrnice in s tem zmanjšujejo izkoristek vetrnice.

# 10 korakov za graditev vetrne elektrarne

1. Treba se je prepričati, da je na območju, kjer nameravamo zgraditi vetrno elektrarno, dovolj vetrovno. To območje mora imeti neko minimalno hitrost vetra na leto, kar je 6,875 m/s – 8,125 m/s. Podatke o vremenu pa dobimo v Atlasu vetra.
2. Priporočljivo je upoštevati kako blizu so že napeljani visoko napetostni električni vodi. Da bi bila izgradnja vetrne elektrarne cenejša, je potrebno minimizirati količino prenosne infrastrukture, ki bi jo bilo treba zgraditi. Gradnja visoko napetostne infrastrukture lahko stane tisoče dolarjev na kilometer.
3. Potrebno je zagotoviti neomejen dostop na območje vetrne elektrarne. Lastniki zemljišč, privatni ali država, pričakujejo delež zaslužka, ki bi ga imela elektrarna. Potrebno je urediti najemne pogodbe med strankami. Pri stroški je treba upoštevati je treba gradnjo cest, prenosne opreme, opreme za vzdrževanje, turbine. Gradnja take elektrarne zahteva tudi uporabo težke industrijske opreme. Načrtovalci morajo upoštevati težo tovora pri gradnji in vzdrževanju cest. Zato potrebujejo sodelovanje lastnikov zemljišč in lokalne skupnosti.
4. Priskrbeti je potrebno osnovni kapital, saj gradnja vetrne elektrarne ni poceni. V povprečju stane grajenje vetrne elektrarne približno 1.000.000 dolarjev na MW inštalirane moči. Če hočemo, da se nam postavitev vetrne elektrarne obrestuje, je potrebno inštalirati vsaj 20MW moči. To pomeni, da je treba zgraditi vsaj 26 vetrnih turbin (750 kW), kar je približno 20 milijonov dolarjev začetnega kapitala.

# 10 korakov za grajenje vetrne elektrarne

5. Zagotoviti je treba stalnega potrošnika električne energije, saj vsi potrošniki potrebujejo neki konstantni vir le te. V veliki večini nam konstantnost električne energije zagotavljajo plinske elektrarne, ki naj bi bile danes najcenejše in najbolj zanesljive. Vendar so danes v prid vetrnih elektrarn čedalje večje zahteve potrošnikov po čim manjšemu onesnaževanju okolja.
6. Poleg vetrovnega območja je potrebno upoštevati še druge faktorje pri načrtovanju gradnje vetrne elektrarne. Ali je na območju veliko ptic? Ali so tam ogrožene vrste živali, ki bi jih z gradnjo lahko ogrozili? Ali je sestava tal primerna za gradnjo? Kako bo lokalna skupnost sprejela vetrno elektrarno in hrup? Ali bodo turbine ovira lokalnemu zračnemu prometu?
7. Upoštevati je treba tudi, da se s spremembo hitrosti vetra močno spreminja količina proizvedene električne energije. Večja dolžina lopatic precej poveča zajeto energijo, ki se ujame v lopaticah (površina območja, ki ga zajame lopatica, je funkcija kvadrata dolžine lopatice).
8. Najti moramo strokovnjaka, ki se spozna na vsa pravila pri grajenju elektrarne. Poleg strokovnjaka za načrtovanja okolja je dobrodošla tudi pravna pomoč zaradi lokalne politike pri pridobivanju gradbenih in ostalih dovoljenj.

# 10 korakov za grajenje vetrne elektrarne

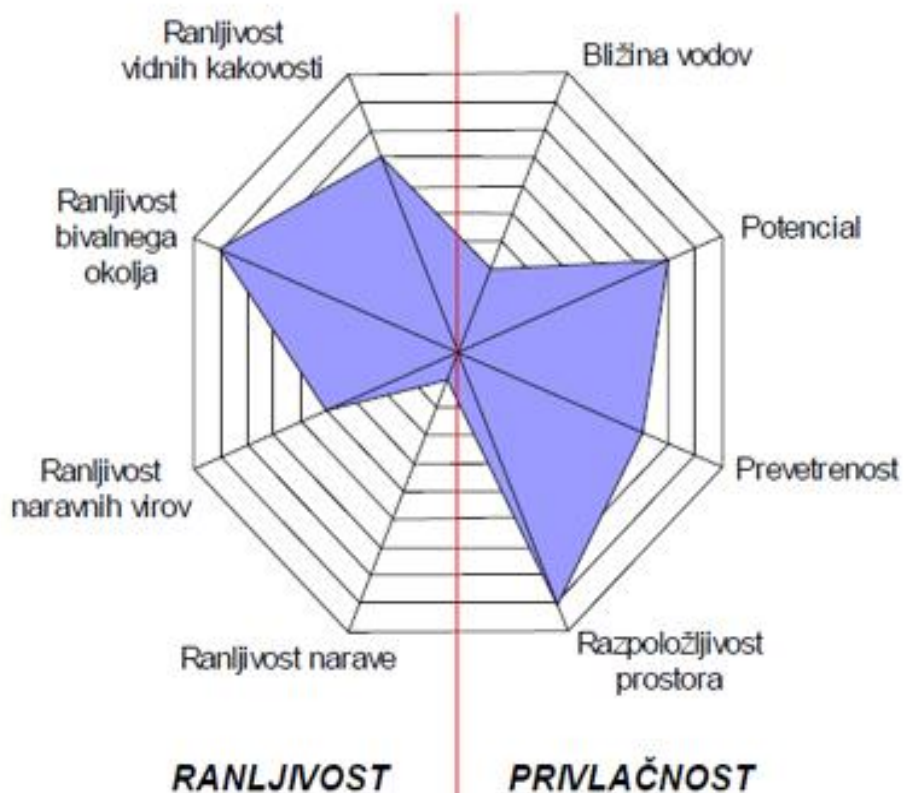
9. Glede na to, da je vsaka turbina drugačna, moramo pri postavitvi elektrarne upoštevati povprečno letno hitrost vetra in vgraditi temu primerne tipe turbin. Proizvajalci turbin nam lahko pri tem strokovno pomagajo.
10. Pri tem projektu je zelo pomembno, da so turbine zelo zanesljive. Današnji stroji so bolj učinkoviti in cenejši glede na starejše. Za isto ceno so novejšše turbine bolj učinkovite od starejših, proizvedejo več energije.

# Beaufortova lestvica

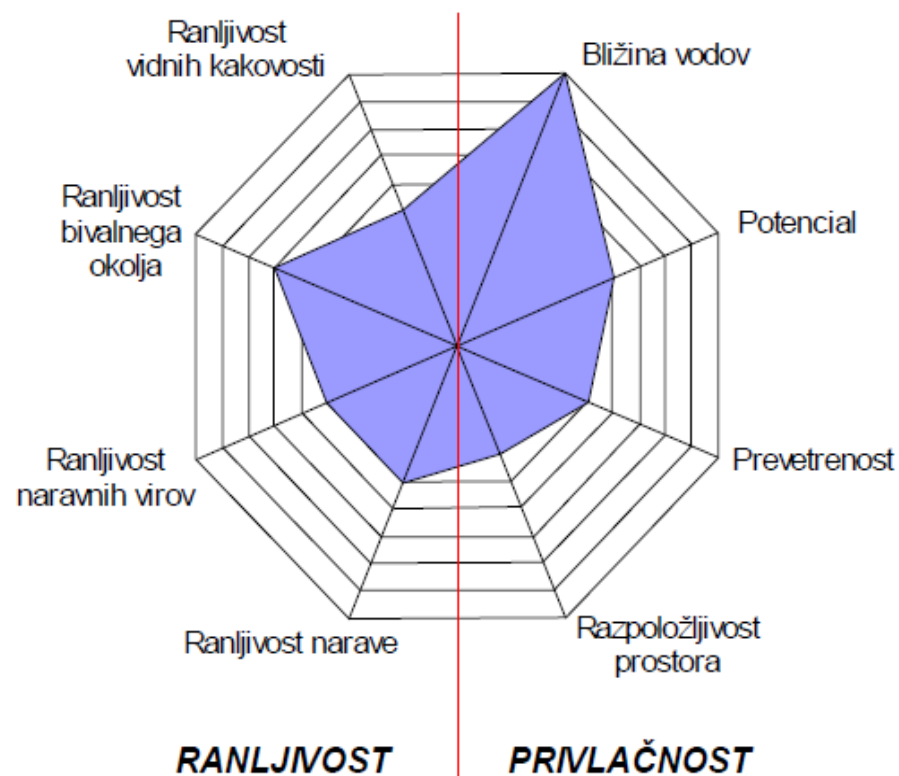
Moč vetra	Hitrost vetra		Oznaka moči vetra
	m/s	km/h	
0	do 1,3	do 4,68	Brezvetrje
1	1,4 – 2,7	5,04 – 9,72	Rahel piš
2	2,8 – 4,5	10,1 – 16,2	Rahla sapica
3	4,6 – 6,6	16,5 – 23,7	Šibka sapica
4	6,7 – 8,9	24,1 – 32,0	Zmerna sapica
5	9,0 – 11,3	32,4 – 40,7	Čvrsta sapica
6	11,4 – 13,8	41,0 – 49,7	Močan veter
7	13,9 – 16,4	50,0 – 59,0	Tog veter
8	16,5 – 19,2	59,4 – 69,1	Viharni veter
9	19,3 – 22,4	69,5 – 80,6	Vihar
10	22,5 – 26,0	81,0 – 93,6	Težak veter
11	26,7 – 30,1	93,9 – 108,0	Orkanski veter
12	30,2 in več	108,4 in več	Orkan

# Slike povzetkov rezultatov primerjalne študije variant za postavitev VE

## Volovja Reber



## Kokoš



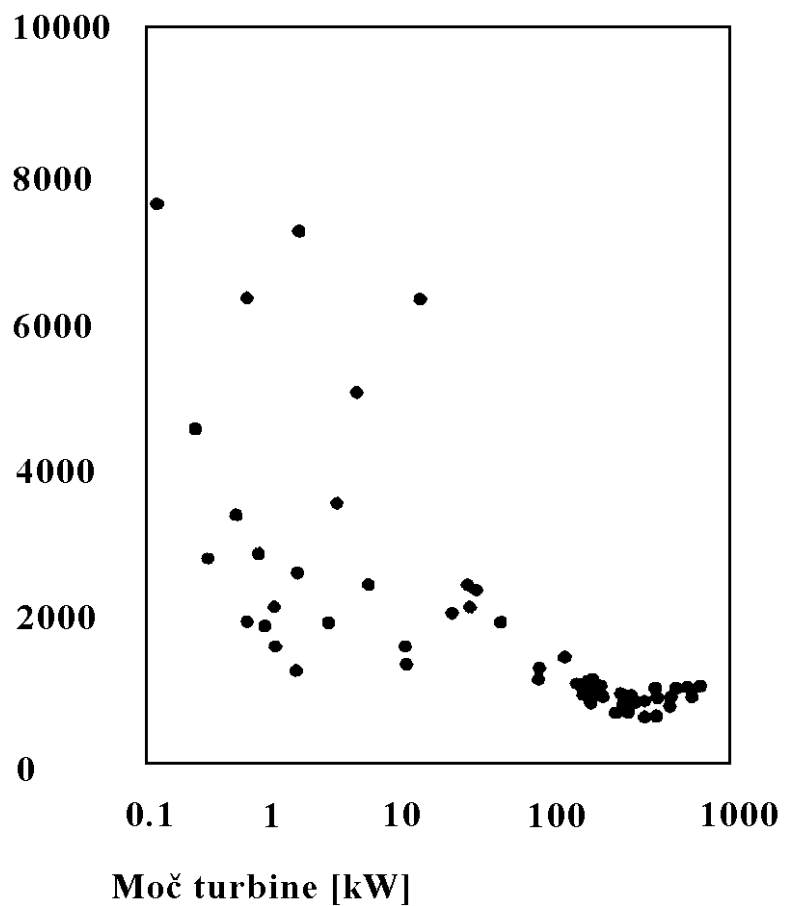
Zakoni, ki se neposredno ali posredno nanašajo na obnovljive vire energije in s tem tudi na VE ter obravnavajo pogoje o priključitvi na električno omrežje, umestitvi v prostor in njihovi gradnji

- Uredba o splošnih pogojih za dobavo in odjem električne energije, Ur. I. RS, št. 117/2002,
- Uredba o pravilih za določitev cen in za odkup električne energije od kvalificiranih proizvajalcev električne energije, Ur. I. RS, št. 25/2002,
- Uredba o pogojih za pridobitev statusa kvalificiranega proizvajalca električne energije (Ur.I. RS, št. 71/2007).
- Uredba o pogojih in postopku za izdajo ter odvzem licence za opravljanje energetske dejavnosti, Ur. I. RS, št. 21/2001,
- Uredba o načinu izvajanja gospodarske javne službe dejavnost systemskega operaterja distribucijskega omrežja električne energije in gospodarske javne službe dobava električne energije tarifnim odjemalcem, Ur.I. RS, št. 117/2004,
- Zakon o zemljiški knjigi /ZZK-1/, Ur.I. RS, št. 58/2003,
- Zakon o prostorskem načrtovanju /ZPNačrt/, Ur.I. RS, št. 33/2007,
- Zakon o graditvi objektov /ZGO-1-UPB1/ Ur.I. RS, št. 102/2004.

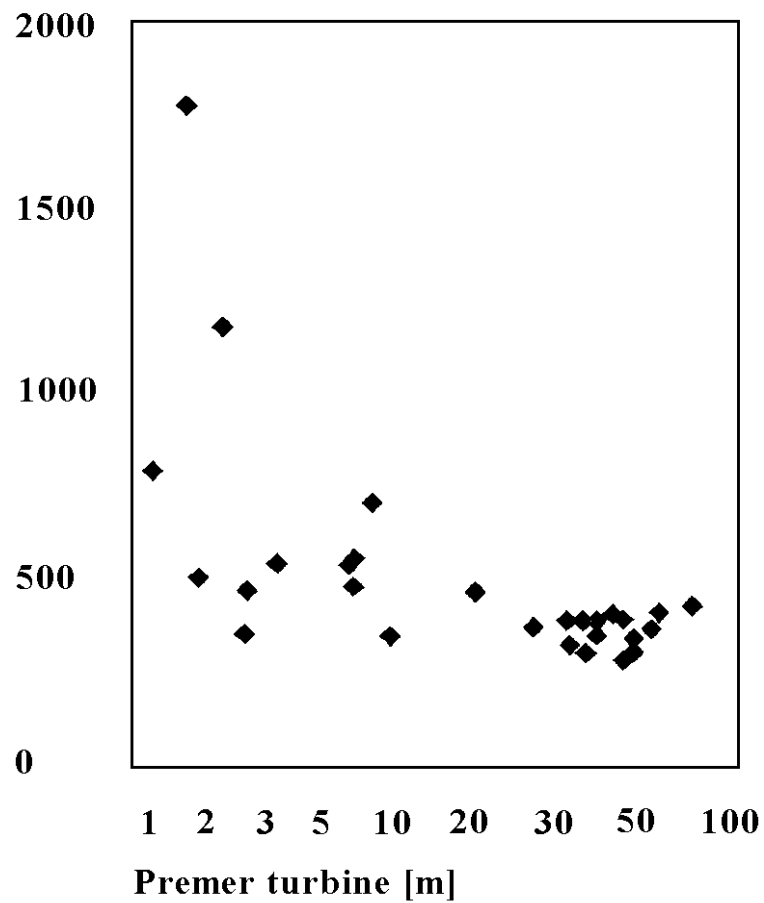


# Ekonomika vetrne energije

Cena [€/kW]



Cena [€/m<sup>2</sup>]



## Struktura stroškov

<b>Predmet</b>	<b>Delež celotnih stroškov (%)</b>	<b>Delež preostalih stroškov (%)</b>
Turbine	74 - 82	-
Temelji	1 - 6	20 - 25
Električne inštalacije	1 - 9	10 - 15
Povezava na omrežje	2 - 9	35 - 45
Svetovanje in načrtovanje	1 - 3	5 - 10
Zemljišče	1 - 3	5 - 10
Stroški financiranja	1 - 5	5 - 10
Ostala infrastruktura	1 - 5	5 - 10

# Hidroelektrarne

Pretvorba hidroenergije v električno energijo poteka v hidroelektrarnah. Z izjemo starih mlinov, ki jih poganja teža vode, izkoriščajo moderne hidroelektrarne kinetično energijo vode, ki jo le ta pridobi s padcem. Količina pridobljene energije je odvisna tako od količine vode kot od višinske razlike vodnega padca. Glede na to razlikujemo različne tipe hidroelektrarn:

- pretočne elektrarne,
- akumulacijske elektrarne,
- pretočno-akumulacijske elektrarne.

Pretok vode bolj niha v elektrarnah, ki so v zgornjem toku rek.

Pretok vode manj niha v elektrarnah, ki so v spodnjem toku rek.

# Pretočne hidroelektrarne

- Pretočne elektrarne nimajo možnosti, da bi za jezom zbirale vodo, temveč sproti izrabijo tisto količino vode, ki priteka po strugi reke. Ta količina se v teku leta močno spreminja. Število in velikost turbin v pretočnih hidroelektrarnah sta prilagojena le nekemu srednjemu pretoku. To pomeni, da ob večjem dotoku neizrabljeno vodo spuščamo preko jezua, ob zmanjšanem dotoku pa lahko obratujemo le s toliko agregati, kolikor je zanje vode.
- Osnovno načelo je, da pretočne hidroelektrarne po nepotrebem ne spuščajo vode preko jezua, energetsko izrabljajo vso dotekajočo vodo do meje, ki jo določa največja zmogljivost vseh turbin.
- Višina gladine vode nad jezom se skoraj ne spreminja. Obratujemo pri čim višjem padcu, to pomeni, da izpuščamo skozi turbine le toliko vode kot je priteka. Tako dobimo največjo moč. Tudi ob velikih vodah se zgornja gladina bistveno ne dvigne, ker se odvečna voda preliva preko jezua ali odteka skozi zapornice v jezua, ki jih odprejo zato, da voda nad jezom ne poplavlja.
- Spodnja vodna gladina pa se tekom leta spreminja, ob majhnih pretokih leži nizko, ob velikih vodah se dvigne, ker sicer voda nebi mogla odtekati po strugi naprej. Zaradi nihanja spodnje vode se spreminja bruto in neto padec; ob velikih vodah je manjši.

# Akumulacijske hidroelektrarne

Akumulacijske hidroelektrarne so za razliko od pretočnih, opremljene z zbiralniki imenovanimi tudi akumulacije, v katerih zbirajo ali akumulirajo vodo.

Zbiralnike v glavnem tvorijo umetna jezera, ki nastanejo z zaježitvijo.

Redkeje uporabljamo v ta namen naravna jezera.

Akumulacijski hidroelektrarni ni potrebno sproti uporabljati vode, ki priteka. Če je akumulacija dovolj obsežna, lahko zadrži vso vodo, dviga se le gladina jezera in povečuje v zbiralniku nakopičeno energijo.

Vodo izpuščajo iz zbiralnika skozi turbine takrat, ko je potrebna električna energija in samo toliko, kolikor terjajo potrebe moči po energiji.

Ureditev akumulacije na vodnih tokih nudi izredne in raznolike možnosti za izrabljanje vodnih sil. Predvsem pripomore do delne ali popolne izravnave vodnega toka.

## Pretočno-akumulacijske hidroelektrarne

pretočno-akumulacijske hidroelektrarne so kombinacija zgoraj omenjenih. Gradijo se v verigi, v kateri ima le prva elektrarna akumulacijsko jezero. Te elektrarne zbirajo vodo navadno krajši čas, medtem ko zbirajo akumulacijske elektrarne vodo daljše obdobje. Kateri način izrabe hidropotenciala je pravi, je odvisno od več dejavnikov, predvsem od lastnosti vodotoka. Najpomembnejša sta dva:

- pretočna količina
- višinski padeč vode.

# Male hidroelektrarne

Poleg različnih tipov ločimo hidroelektrarne tudi po velikosti. Majhne hidroelektrarne so manjši objekti postavljeni na manjših vodotokih. V svetu so različni kriteriji, kdaj neko hidroelektrarno štejemo za malo. Zgornja meja moči za definicijo MHE se sicer razlikuje od države do države (1,5 do 25 MW), vendar se v zadnjem času uveljavlja 10 MW, kot splošno priznana meja, ki jo uporablja tudi Evropsko združenje za male hidroelektrarne (ESHA; European Small Hydropower Association).

MHE ni zgolj pomanjšana različica običajne velike vodne elektrarne. Potrebna je posebna oprema, ki zagotavlja izpolnjevanje osnovnih zahtev: enostavnosti, visokega izkoristka, maksimalne zanesljivosti in preprostega vzdrževanja tudi za nestrokovnjake. Osnovni pogoj za izrabo vodne energije je ustrezen umetno ustvarjen vodni tlak, na primer z nivoja zajezitve do mesta turbine, med katerima vodi tlačni cevovod. Pri MHE pa gre načelno za prosti vodni tok reke, pri katerem izgradnja večjih jezov in rezervoarjev ni potrebna.

Tudi v Sloveniji štejemo za male hidroelektrarne tiste, ki imajo moč do 10 MW. V Evropi trenutno obratuje več kot 17800 MHE.

Majhne hidroelektrarne so lahko:

- povezane in oddajajo energijo v javno omrežje ali
- samostojne in napajajo omejeno število porabnikov.

Ker imajo velike hidroelektrarne ponavadi izjemno škodljive vplive tako na okolje kot tudi na družbo jih, čeprav so vodne, ponekod ne štejejo med obnovljive vire energije.

V Sloveniji je v hidroelektrarnah proizvedeno 24,5 odstotkov vse proizvedene električne energije.

# Opis in lokacija MHE

Majhne hidroelektrarne pa delimo tudi na:

- mikro elektrarne - manj kot 36 kW
- mini elektrarne - od 36 kW do 1 MW
- male elektrarne - od 1 MW do 10 MW

Po smeri toka vode je elektrarna sestavljena na splošno iz:

- zajetja z vtokom, peskolovom in vtokom v dovodni kanal ali cevovod,
- dovodnega objekta, ki je lahko kanal ali cevovod,
- zgradbe strojnice, v kateri se nahaja agregat, sestavljen iz turbine in generatorja, upravljalnega sistema ter povezave z distribucijskim omrežjem,
- odvodnega objekta.

Lokacijo MHE predstavljajo tisti pogoji, ki zagotavljajo energetska izkoriščanje vodotoka-potoka:

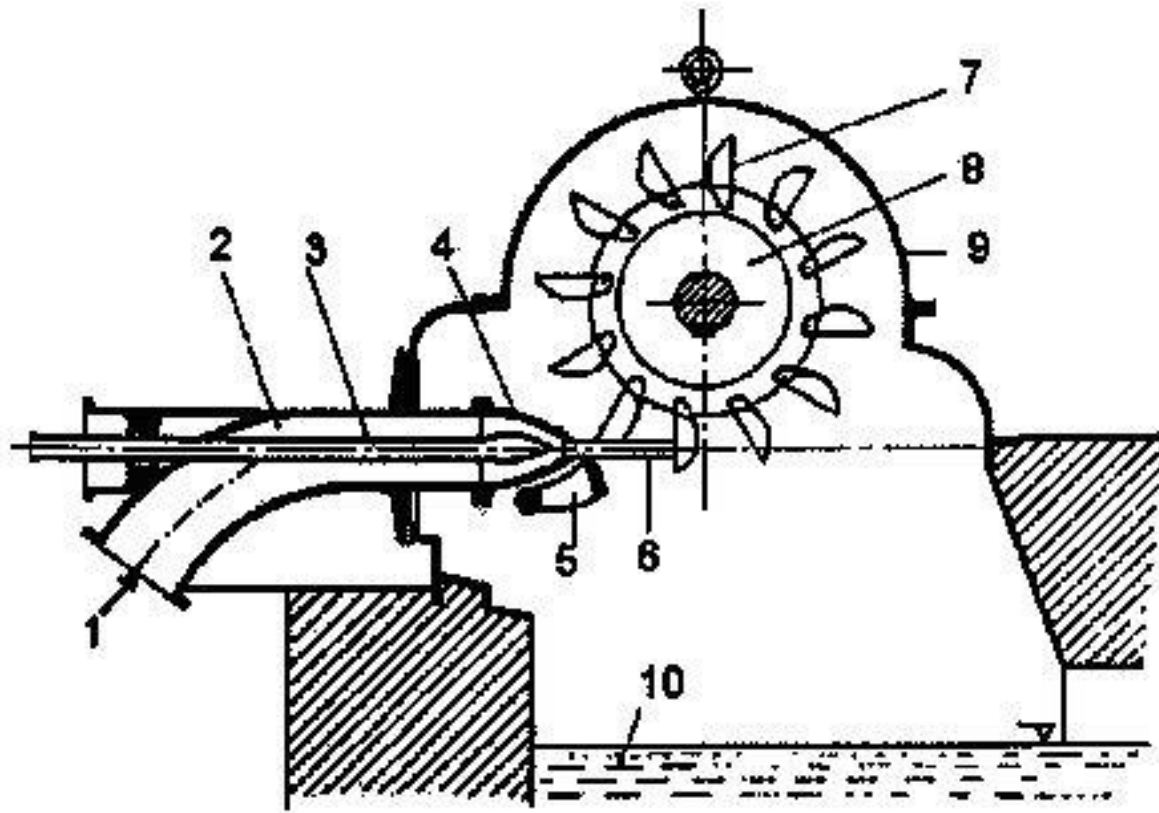
- padec od zajezitve do strojnice ter
- zadostna količina potrebna za proizvodnjo.

Padec je razlika med koto zajezitve na zajetju (jezovna zgradba) ter koto turbine. To je bruto padec objekta na določenem odseku.

Za izbor lokacije je pomembno predvsem, kako je oblikovan teren, da lahko po njem speljemo dovod vode do strojnice – torej moramo izbrati najugodnejši odsek potoka. Večji kot je padec, večja je moč elektrarne pri enakem pretoku vode. Zato je smiselno na najkrajšem odseku poiskati največji padec (slapovi, brzice...).

# Tipi turbin

- Impulzne (enakotlačne) turbine pri katerih vodni curek z veliko hitrostjo izstopa iz šobe in udarja v lopatice, na njih spremeni smer in odda kinetični energijo. Ta tip turbine je primeren za velike neto vodne padce in majhne volumenske tokove.
- Primer je Peltonova turbina.



- 1 – dovod vode,
- 2 – dovodna cev,
- 3 – zapiralna igla,
- 4 – šoba,
- 5 – usmerjevalec curka,
- 6 – curek,
- 7 – rotorske lopatice,
- 8 – rotor,
- 9 – pokrov,
- 10 – spodnji nivo vode



# Tipi turbin

- Reakcijske (nadtlačne) turbine pri katerih je gonilnik v celoti napolnjen z vodo. Ustvarijo se hidrodinamične dvižne sile, ki poganja lopatice (npr. Francisova in Kaplanova turbina).

Ta tip turbine je primeren za srednje in majhne neto vodne padce in srednje do velike volumenske tokove.

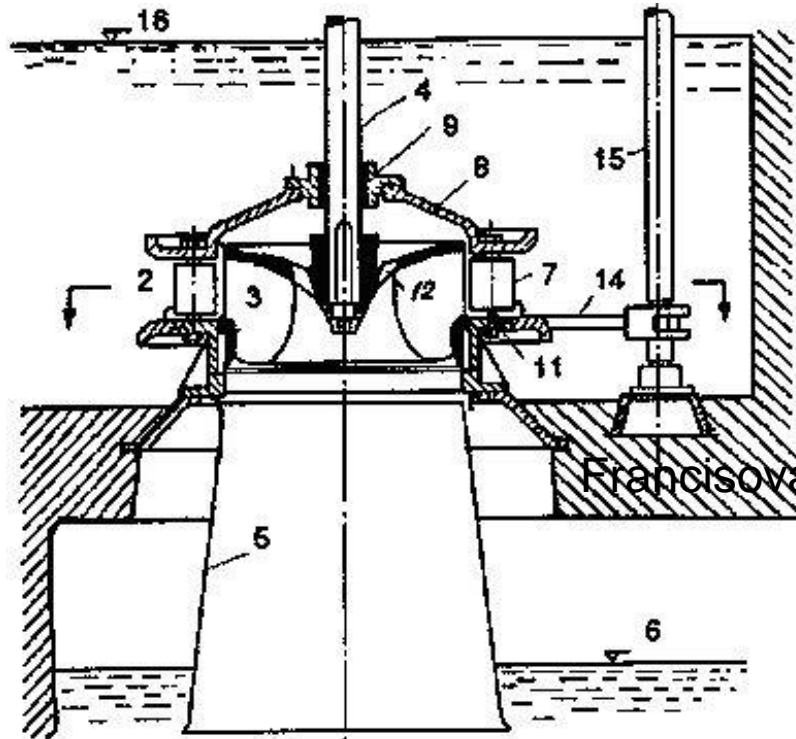
Obratovanje malih elektrarn je povezano predvsem z racionalnim izkoriščanjem naravnega obnovljivega energetskega vira in določene zagotovljenosti napajanja lokalnih odjemalcev.

Letna proizvodnja je odvisna od letnih hidroloških razmer.

Dinamika proizvodnje je neposredno odvisna od vodnih dotokov, saj male elektrarne niso opremljene z akumulacijami, ki bi lahko urejale dinamiko proizvodnje v daljšem časovnem obdobju.

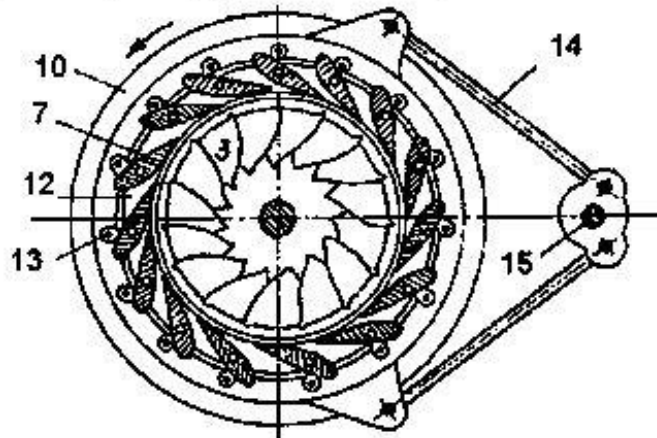


# Francisova turbina



Francisova turbina

- 1 – vodna komora,
- 2 – sistem vodilnih lopatic,
- 3 – rotorske lopatice,
- 4 – turbinska gred,
- 5 – sesalna cev,
- 6 – spodnji nivo vode,
- 7 – vodilna lopatica,
- 8 – zgornji pokrov,
- 9 – ležaj,
- 10 – regulacijski prstan,
- 11 – spodnji okrov turbine,
- 12 – fiksni obroč,
- 13 – ekscentrični členek,
- 14 – regulacijski vzvod,
- 15 – regulacijska gred,
- 16 – zgornji nivo vode



# Moč hidroelektrarne

Energija se v vsakem vodotoku neprestano sprošča zaradi padca pri pretoku vode v strugi. Moč na določenem odseku pa je enaka:

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H$$

pri čemer je:

Q (m <sup>3</sup> /s)	pretok vode (masa na sekundo oz. tona na sekundo)
H (m)	padec vode na izbranem odseku
P (kW)	moč vode na odseku s pretokom Q in padcem H

Dejanska moč, ki jo elektrarna doseže, je odvisna še od izkoristkov naprav. Pri čemer so odločilni turbina, generator in transformator. O energiji, ki jo hidroelektrarna tekom leta proizvede, odloča trajanje pretoka vode.

Za odločitev o gradnji hidroelektrarne je bistveno, koliko električne energije bo proizvedla v enem letu. Da pa lahko to določimo, je treba poznati hidroenergetski potencial vodotoka.

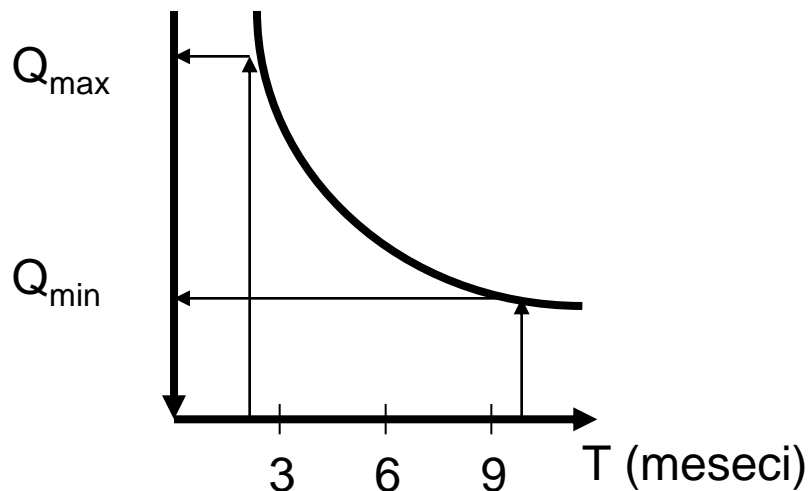
In če želimo vedeti koliko hidroelektrarn lahko v neki državi postavimo, je treba poznati hidroenergetski potencial vseh vodotokov.

# Hidroenergetski potencial

Po splošnem veljavnem načelu delimo hidroenergetski potencial na:

- teoretični hidroenergetski potencial,
- tehnično izkoristljiv hidroenergetski potencial,
- ekonomsko upravičen hidroenergetski potencial in
- ekološko sprejemljiv hidroenergetski potencial.

$Q$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

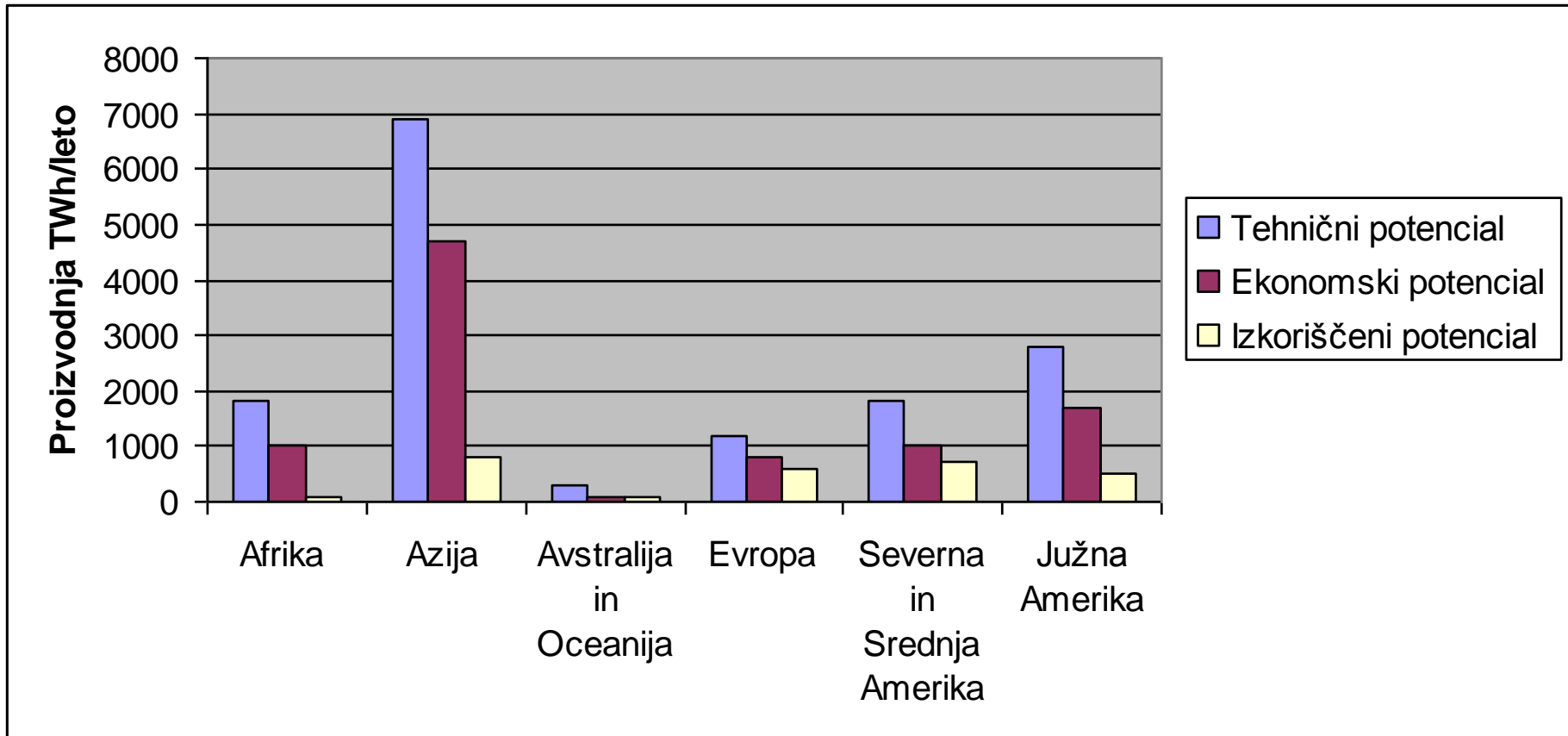


# Hydroenergetski potencial v Sloveniji

Glavnina hidroenergetskega potenciala Slovenije je razvrščena med tri osnovna porečja: Drave, Save in Soče. Na Muro odpade manjši delež. Izračun potenciala izhaja iz različnih obdobj in so zato lahko delna odstopanja od navedenih števil.

Porečje	Površina (km <sup>2</sup> )	HIDROENERGETSKI POTENCIAL			OBRATUJOČE IN EKOLOŠKO SPREJEMLJIV HIDROENERGETSKI POTENCIAL			
		Teoretični (GWh/l)	Tehnični (GWh/l)	Ekonom. (GWh/l)	Potencial obratujočih elektrarn - 2005		Ekološko sprejemljiv potencial – cilj 2020	
					(GWh/l)	delež prim. energije -%	(GWh/l)	delež prim. energije -%
	1	2	3	4				
Drava		3.700	3.100	2.500	2.400	2,81	2.500	2,93
Sava		3.500	2.500	1.500	320	0,37	1.200	1,41
Soča		2.300	1.500	1.250	350	0,41	430	0,503
Mura		1.000	600	400			100	0,12
Manjši vodotoki mHE		2.000	1.100	475	340	0,39	475	0,56
<b>Slovenija</b>	<b>20.250</b>	<b>12.500</b>	<b>8.800</b>	<b>6.125</b>	<b>3.410</b>	<b>3,99</b>	<b>4.805</b>	<b>5,62</b>

# Hidroenergetski potencial v svetu



# Problematika umeščanja MHE v prostor

Male hidroelektrarne so danes edini alternativni vir električne energije, ki ima opazen delež v slovenski elektroenergetski preskrbi.

Slovenija je obvezana delež obnovljivih virov električne energije povečati na 20%, kar je zelo težko dosegljiv cilj.

Na področju MHE imamo še vedno precej možnosti za gradnjo novih objektov in za povečanje instalacij obstoječih, kljub temu pa se zelo malo gradi.

Glavni razlogi so v slabi ekonomiki, nerešenih lastniških razmerjih in mnogokrat nerazumni okoljski zaščiti, ki preprečuje podeljevanje koncesij.

Umestitev MHE v prostor tako postane interdisciplinarni problem, pri katerem tehnična ugodnost rešitev ne igra glavne vloge.



# Ekonomika

Ekonomika je odločilnega pomena pri odločitvi o gradnji MHE. Pogojena je s tehničnimi pogoji gradnje, ki določajo višino investicije in s predvideno letno proizvodnjo električne energije ter letnimi stroški obratovanja. Tako stroški kot proizvodnja so ponovno najbolj odvisni od tehničnih rešitev, ter od naravnih danosti lokacije. Problematika ekonomike MHE je v dejstvu da gre za energetski objekt, ki ima predvideno dolgo življenjsko dobo. Največji delež investicije običajno predstavljajo gradbena dela in konstrukcije (cca 60-80%). Ta del investicije ima življenjsko dobo 50 do 100 ali celo več let! Moderno investicijsko odločanje zahteva rok vračanja investicije nekje v 7 letih, največ v 10 letih. Pri MHE to pomeni, da se mora Investicija poplačati v prvih 15% življenjske dobe, kar je zelo težka zahteva. Izračunavanje različnih kriterijev je za MHE zelo problematično, saj je nemogoče predvideti kakšne bodo cene električne energije že čez nekaj let, kaj šele čez 30 ali čez 50 let. Zaradi tega so vsi ti kriteriji pogojno uporabni, saj je njihov rezultat popolnoma odvisen od ocene, kako se bo gibala cena električne energije. Kljub temu dajo ti kriteriji neko približno oceno donosnosti vsaj pri današnjih cenah električne energije.

Gradnja malih hidroelektrarn je danes smiselna na lokacijah, ki omogočajo vodni padec najmanj 4 metre. Gradnja MHE na nižjih padcih je pri današnjih cenah električne energije ekonomsko vprašljiva. S stališča upravljanja MHE se je v dosedanji praksi izkazalo, da so daleč najugodnejše instalacije na visokih padcih z nizkimi pretoki. To so instalacije s tlačnimi cevovodi in Peltonovimi turbinami, ki zagotavljajo visok izkoristek tudi v območju nizkih in srednjih pretokov, kakršni so na voljo večino časa. Prednost takih MHE je tudi v lažjem obvladovanju vode in pojavov povezanih z vodo, saj imamo opraviti z majhnimi pretoki.

# Ekonomika in varstvo narave

Eden od odločilnih vhodnih parametrov za izračune donosnosti je predvidena letna proizvodnja električne energije na katero pa poleg naravnih danosti in tehničnih rešitev močno vpliva tudi višina ekološko sprejemljivega pretoka (Qes), ki ga je potrebno spuščati po strugi mimo elektrarne, za ohranjanje vodnega in obvodnega življenja. Žal pomeni Qes veliko žrtev zlasti za visokotlačne MHE, saj imamo tam vedno opraviti z relativno dolgimi tlačnimi cevovodi in umikom vode iz struge. Posledično država določi relativno visoke Qes, ki investicijo lahko postavijo na glavo.

Naravno ohranjeno okolje je ena od glavnih družbenih vrednot, ki omogoča življenje, zato je z okoljem potrebno skrbno ravnati in ga zaščititi.

V bistvu so hidroelektrarne edini vir izmed obnovljivi viri električne energije (OVE), ki ima pomemben delež pri slovenski energetski bilanci. MHE pri tem proizvedejo 3,2% vse električne energije, ki se porabi v Sloveniji. MHE v Sloveniji torej proizvedejo majhen, a vendar opazen in pomemben delež električne energije.

Imamo dovolj možnosti in lokacij za povečanje obstoječih MHE in za gradnjo novih. Glavni razlog, da se MHE v Sloveniji skoraj ne gradi več pa je varovanje okolja!

Situacija je absurdna: edini pomemben alternativni ekološko sprejemljiv vir energije se ne povečuje zaradi ekologije!

Gradnja HE namreč vnaša precejšnje spremembe v rečni vodni režim. Voda se z zajezitvami umirja, pri visokotlačnih HE gre glavčina vode po cevovodu, po strugi pa teče le Qes.

Okoljska zaščita je pri nas zelo močna. Z uvedbo območij NATURA 2000, ki zajema skoraj vse slovensko naravno ohranjeno okolje, se je zaščita še mnogo povečala. Vsa območja vodnega sveta s potoki in rekami so pod različnimi vodovarstvenimi in okoljevarstvenimi zaščitami.

Kljub temu, da je v Sloveniji še precej lokacij, kjer je možna gradnja MHE, pa lokacij, kjer gradnjo dopušča okoljska zaščita praktično ni več, oziroma so to lokacije, kjer je možno doseči le majhen padec, ki pa ne zagotavlja ekonomske upravičenosti investicije.

Čim je območje vključeno pod naravovarstveno zaščito, je v postopke pridobivanja koncesije in gradbenega dovoljenja vključen ZVN, ki svojo presojo pogosto izvede zelo pragmatično in enostransko - naravovarstvena zaščita zahteva težnjo k ohranitvi naravnega okolja, kakršna koli gradnja pomeni degradacijo stopnje naravnosti okolja in zato ni sprejemljiva - mnenje negativno, če zato obstaja najmanjši razlog.

# Koncesija

Za izkoriščanje energetskega potenciala vodotoka je v Sloveniji potrebno pridobiti državno koncesijo. V fazi pridobivanja koncesije država izvede tehnično presojo, ki zajema tri glavna mnenja:

- mnenje ZRS (Zavod za ribištvo Slovenije)
- mnenje ZVN (Zavod za varstvo narave) in
- mnenje IZVRS (Inštitut za vode RS), kateri tudi vodi postopek tehnične presoje.

Vse tri navedene institucije izdelajo svoje mnenje enostransko, s stališča njihove stroke, zoper njihovo mnenje ni možna pritožba!

MOP prevzame zaključeno tehnično presojo in se na njeni podlagi odloči, ali bo nadaljeval s procesom za dodelitev koncesije ali ne. Velja kriterij, da ne sme biti niti enega negativnega mnenja za nadaljevanje postopka.

V postopku podeljevanja koncesije torej nikjer ni upoštevan pozitiven okoljski učinek MHE. MOP ne postavi na eno stran tehtnice milijone ton  $\text{SO}_2$  in  $\text{CO}_2$ , ki jih zaradi gradnje MHE ne bo potrebno spustiti v ozračje, na drugo stran pa morebitne negativne vplive MHE na okolje, ki so vedno povsem lokalnega pomena. Pri odločitvi je pomemben samo lokalni vidik varstva narave na globalnega se pa pozablja. Pomembno je ali bo na določenem odseku potoka še možna vzreja ribjih mladitv za vlaganje v struge, ter za gojitev in prodajo, ni pa pomembno kako pozitiven učinek okolju bo pomenil prihranek izpustov v ozračje. Lahko je negativni vpliv gradnje MHE na neko stvar tako majhen, da je komaj zaznaven, vendar zadošča za negativno mnenje, ki je pri koncesiji odločilnega pomena!

Zaradi omenjenega načina presoje pri podeljevanju koncesij, v praksi skoraj ni več možno pridobiti koncesije za gradnjo visokotlačne MHE na slovenskem ozemlju.

Slovenija se je v okviru Evropske Unije zavezala izvesti povečanje obnovljivih virov na 20 %. Z današnjim načinom presoje pri podeljevanju koncesij tega kriterija ne more nikoli izpolniti.

Trendi kažejo na to, da se bo vedno več govorilo o spremembah obstoječih koncesij za morebitne dograditve ali povečanja obstoječih MHE, vedno manj pa bo gradnje novih objektov, saj država ne podeljuje za to potrebnih koncesij.

# Prostorsko planiranje

V pobudi za pridobitev koncesije za novo MHE je že potrebno priložiti dokazilo o pravici graditi, to je dokazilo lastniške pravice ali ustrezne druge zemljiške pogodbe. Nakup zemljišč za gradnjo MHE je tako zelo nevhvaležno opravilo, saj je potrebno opraviti mnogo aktivnosti za ureditev pogodb, nazadnje pa država ne podeli koncesije in je vse delo zaman.

Strojnico hidroelektrarne se gradi na vodnem ali obvodnem svetu, ki je pogosto v lasti države.

Vodnega sveta država ne prodaja, zato je skoraj nujno potrebno objekt strojnice odmakniti od same struge, kar pa je tehnično gledano povsem napačno, saj za to potrebujemo dolge iztočne kanale, ki samo podražijo gradnjo in zaradi hidravličnih izgub manjšajo izkoristek elektrarne.

Lokacije zajetja, izpusta in strojnice se najprej izbere po tehnični plati, tam kjer so za to najboljše naravne in prostorske danosti. Težava nastane, ker je potrebno za gradnjo na teh lokacijah imeti gradbene (zazidljive) parcele, ki pa to niso. Zakon o vodah sicer dovoljuje gradnjo zajemnih in iztočnih objektov na vodnem svetu, same strojnice kot zgradbe pa naj bi bile izvzete.

Ko gradimo hišo ali poljuben gospodarski objekt najprej iščemo ustrezno zazidljivo zemljišče in nato pristopimo k postopkom za pridobitev ustreznih dovoljenj. Pri gradnji MHE je situacija drugačna. MHE ne more stati na sredi polja ali na vrhu hriba, kjer ni vode. Zemljišče je natanko tam, kjer so zato ugodne naravne danosti. To zemljišče pa največkrat ni zazidljivo.

Zemljišče strojnice je zato potrebno vključiti v občinskih prostorskih planih v zazidalne načrte oz. v spremembe prostorskih planov. Dokler prostorski plan ni sprejet, pridobitev gradbenega dovoljenja ni mogoča. Tudi občina tako postane eden od organov, ki morajo nujno podpreti gradnjo MHE, če naj do nje sploh pride. Če občina ne ugodi našim prošnjam po zazidalni parceli, potem gradnja ni možna.

# Posodobitve obstoječih MHE

MHE v Sloveniji so v glavnem precej slabe v smislu izkoristkov ali optimalnosti instalacije glede na pogoje lokacije. Zelo malo je takih MHE za katere se lahko reče, da so vsi objekti projektirani in planirani optimalno, ter da so tudi vgrajene naprave take, da omogočajo najboljše možne izkoristke pri pretvorbi vodne energije v električno. Ocena je, da je možno z vlaganji v obstoječe Slovenske MHE proizvodnjo povečati vsaj za 25%.

Povečanje proizvodnje je možno zlasti na naslednjih področjih:

- namestitev novih turbin z odličnimi izkoristki v čim širšem območju pretokov
- namestitev novih generatorjev z boljšimi izkoristki
- namestitev pomičnih kron jezov za povišanje zgornje vode in posledično povečanje padca pretočnih elektrarn – pomične krone (jeklne zapornice, klapne ali gumijasti vrečasti jezovi) se v pogojih visokih voda spustijo in s tem preprečijo poplavljanje
- poglobitev iztokov in strug za iztokom iz strojnic, za spuščanje spodnje vode, in posledično večanje padca
- namestitev boljših čistilnih strojev in izgradnja večjih zajemnih objektov in peskolovov za umirjanje vode ter odlaganje naplavin
- namestitev modernih sistemov vodenja in samovodenja, ki avtomatsko regulirajo agregate tako, da obratujejo ves čas na optimalnem izkoristku.
- povečanje instaliranega pretoka, za doseganje večjih moči, kadar je vode dovolj
- namestitev dveh agregatov namesto enega, en agregat za majhne pretoke, drugi za velike, z namenom povečanja instaliranega pretoka in izboljšanja izkoristkov, zlasti pri uporabi Francisovih turbin.

# Posodobitve obstoječih MHE

Ukrepi povečanja moči in proizvodnje so v glavnem povezani s postopki spreminjanja obstoječih koncesij in z velikimi investicijskimi vlaganji.

Sprememba koncesije zahteva popolnoma enak postopek kot pridobitev nove koncesije. V postopek presoje so vključene vse institucije, tako kot če bi šlo za novo koncesijo. Zato nastane vsaka sprememba koncesije velik problem, ki zahteva ogromno aktivnosti s strani pobudnika, verjetnost ugodne rešitve pobude za spremembo pa je zaradi načina presoje precej majhna.

Država bi morala biti vsaj v presoji pobud za spremembe obstoječih koncesij bolj naklonjena MHE, če že ne dopušča gradenj novih objektov.

Ekonomska upravičenost investicij v posodobitve se pogosto izkaže za slabo, še zlasti če računamo za prihodek od investicije samo delež povečanja proizvodnje in ne celotno proizvodnjo po posodobitvi. To je tudi razlog, da je dostikrat zelo težko ali celo nemogoče popravljati morebitne napake, ki so bile storjene ob novogradnji MHE.

Za rešitev investicijske težave bi morala država za zgled vzeti sosednjo Italijo, ki je razpisala neprofitne dolgoročne kredite za investicije v posodobitev MHE s pogojem da mora posodobitev prinesiti najmanj 5% povečanje proizvodnje. Na ta način je bil v Italiji sprožen ogromen investicijski cikel v posodobitev MHE, ki bo pripomogel k izboljšanju energetske bilance naše sicer energetske sosedice.

# Energija morskih tokov

Morski tokovi pomenijo geografsko najpomembnejše gibanje morske vode. Ko govorimo o morskih tokovih govorimo o dejanskem premikanju velikih vodnih mas za velike razdalje, ki imajo obenem še mnogo klimatskih učinkov.

Večino tokov na zemlji povzroča veter in jih zato lahko imenujemo tudi kar vetrni tokovi. Seveda pa ni veter edini vzrok za njihov nastanek. Povzročajo jih tudi razlike v slanosti in temperaturi morske vode (tem tokovom pravimo izenačevalni tokovi) ali višinska razlika med morjema (tem pa izravnalni tokovi), ki so kot posledica razlik v zračnem pritisku, izhlapevanju, množini padavin, taljenja ledu, lunini gravitaciji itn.

Pri morskih tokovih gre za horizontalno premikanje vode, ki sega navadno od globine 100m do 150m. To so tokovi, ki jih ponavadi povzroča veter in ne segajo prek globine 200 m. Imamo pa tudi tokove, ki so posledica Coriolisove sile. Ti tokovi segajo pa kar do 1000 m globoko. Ti tokovi se pojavljajo ob zahodnih obalah celin in so obrnjeni proti Zemljinima tečajema. So izjemno močni in hitri. Najhitrejši med njimi je Agulhaški tok v Indijskem oceanu, ki teče s hitrostjo do 9 km/h.

Hitrost tokov so ponavadi od 5 do 10 km/h. V Floridskem toku, ki je eden izmed najmočnejših se voda premika s hitrostjo 2.5 m/s, kar znaša 9 km/h. Hitrost toka se manjša z globino, in to v geometrični progresiji, obenem pa narašča njegov odklon zaradi deviacije (odklonska sila). Premikanje vode, ki se zaradi notranjega trenja vrtincev (turbulentnega trenja) prenese v globino, se v določeni globini močno zmanjša, oziroma celo ustavi, vendar njegova smer doseže zaradi deviacije sčasoma odklon 180 stopinj in voda se premika prav v nasprotni smeri kot na površini.

# Energija morskih tokov

Morski tokovi so lahko topli ali hladni. Prvi dovajajo vodo iz nižjih v višje geografske širine, drugi pa v nasprotni smeri. Smer morskih tokov označujemo s stranjo neba, v katero se premikajo vodne mase, torej nasprotno kot pri vetrovih.

Ker je osnovni dejavnik pri nastanku morskih tokov veter, se tokovni sistemi v oceanih skoraj ujemajo s sistemi stalnih vetrov. Tako ima vsak ocean na vsaki poluti razvita po dva zaključena tokovna sistema, ki pa se med seboj razlikujeta. V ekvatorialnem pasu so glavni povzročitelji velikih tokov stalni vetrovi oziroma pasati, na južni poluti jugovzhodni vetrovi, na severu pa severovzhodni vetrovi. V višjih geografskih širinah pa ni tako izrazitih stalnih vetrov kot v tropskem pasu. Morski tokovi pa nastanejo zaradi neprestanega mešanja toplih in slanih voda z mrzlimi in manj slanimi vodami. Tukaj je zaključen tokovni krog, vendar v nasprotni smeri kot v ekvatorialnem pasu, oziroma celo v nasprotju s pravilom deviacije.

Na splošno, morski tokovi lahko potujejo več tisoč kilometrov. So zelo pomembni pri določevanju podnebja celin in še posebej območij, ki mejijo na oceane. Morski tokovi pomembno vplivajo na podnebje, predvsem v obalnih področjih, zaradi navpične komponente s katero prinašajo na površje anorganske hranilne snovi in v nižje plasti kisik, kar pomembno vpliva tudi na življenje v oceanih.



# Izkoriščanje morskih tokov

Ker vemo, da gre za velike mase morske vode, je njihov celotni energetski potencial zelo velik. Z današnjo tehnologijo bi iz njih lahko pridobili okoli  $1.8 \cdot 10^{12}$  kWh. Problem je pa, ker je gostota energije majhna. Moč morskega toka, ki jo je teoretično mogoče izkoristiti, lahko primerjamo z energijo vetra. Če uporabimo model tokovne cevi velja, da je največja moč vodnega toka enaka:

$$P_{\max} = \frac{8}{27} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

$P_{\max}$  največja moč vodnega toka [W]

$\rho$  gostota vode [ $kg / m^3$ ]

$A$  presek tokovne cevi na mestu, kjer izkoriščamo energijo vodnega toka [ $m^2$ ]

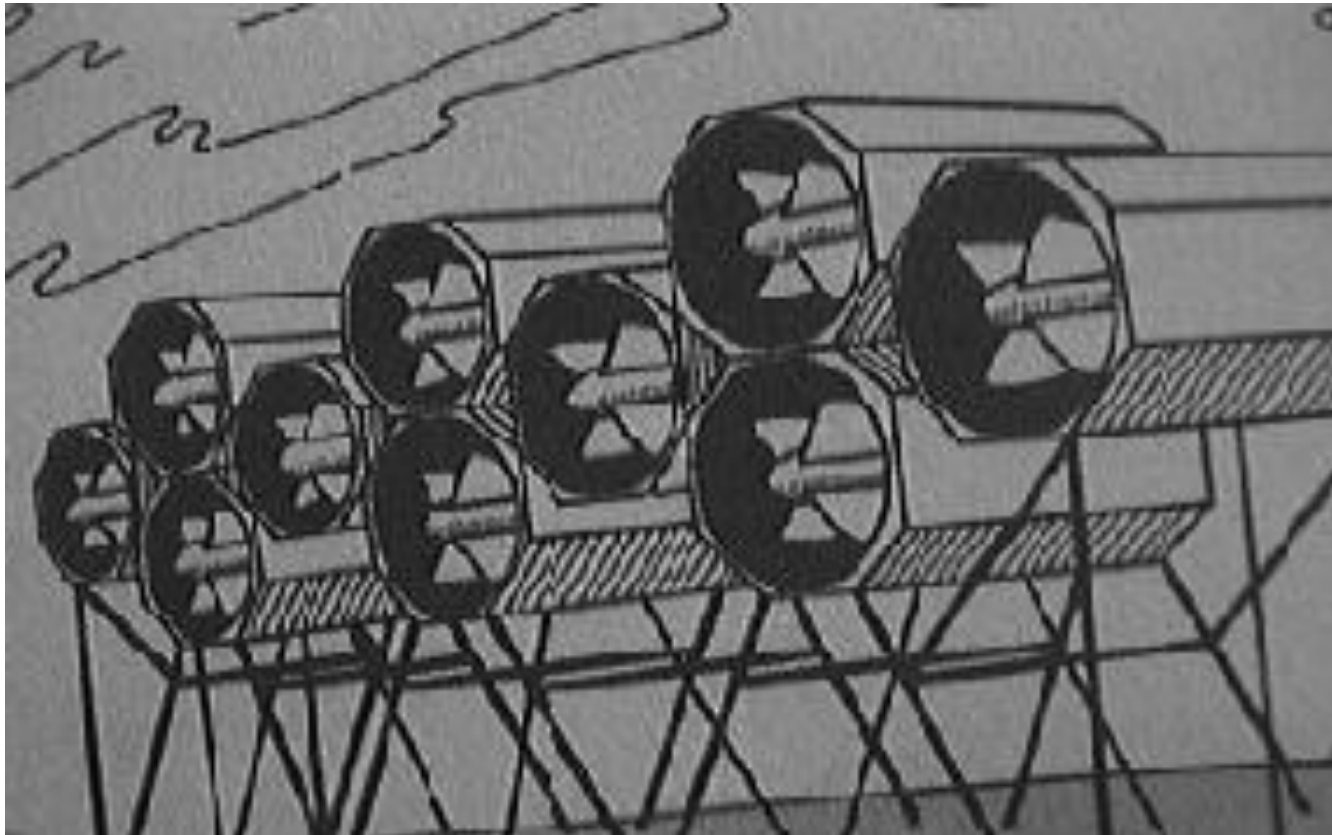
$v$  hitrost vodnega toka v preseku, kjer izkoriščamo energijo vodnega toka [ $m / s$ ]

Kot primer lahko izračunamo moč za zalivski tok ob Floridi, za katerega velja, da je povprečna hitrost 1,8 m/s. Če predpostavimo, da je tok širok približno 50m, v globino pa sega 100m dobimo, da znaša njegova moč 9GWh. Ker pa zaradi ekoloških vzrokov tok ne smemo preveč upočasniti, bi lahko tehnično izkoristili le 10% njegove moči.

# Podvodne aksialne turbine

Začetna ideja - podvodne aksialne turbine postavljene v velike valje oblikovane kot venturijeva cev (cev za merjenje hitrosti tekočin), ki so potopljeni pod vodo in postavljeni vzporedno s smerjo morskega toka.

Izvedba - namesto podvodnih turbin v cevi imamo kar rotorje, ki so zelo podobni rotorjem pri vetrnih elektrarnah.



Seaflo, prva naprava za izkoriščanje vodnih tokov. Na levi sliki imamo napravo pripravljeno za servisiranje, na desni sliki napravo v obratovanju. Naprava ima nazivno moč 300kW. Trenutno še ni povezana na omrežje, ker je še vedno v preizkusni fazi. Priključena je pa kar na grelnike velikih moči, ki so hlajeni z ogromnimi ventilatorji. Tako 300kW koristne električne energije pretvorijo v segrevanje.



Francoski prototip, ki ne omejuje plovbe, ker je na dnu



# Energija morskih valov

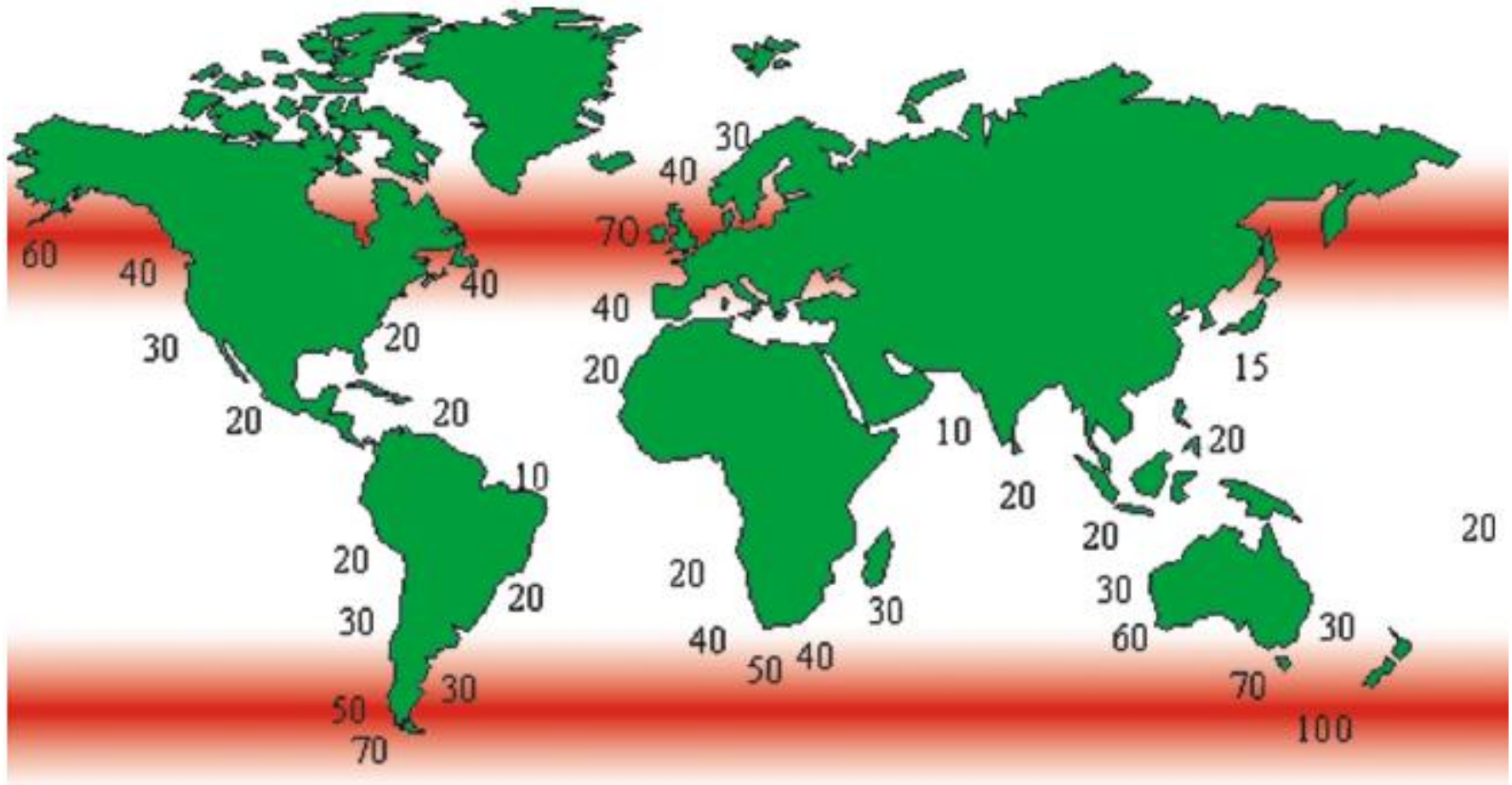
Energije valov je mehanska transformacija sončne energije. Valovi v resnici nastanejo zaradi vetrov, ki se pojavijo kot posledica razlik v zračnem tlaku, te pa nastanejo zaradi različnega ogrevanja posameznih delov površine Zemlje.

Valovi so pojav, v katerem združujejo moč veter, voda in obala. Njihova udarna moč lahko dosega vrednosti do nekaj sto ton na kvadratni meter. Mnogi valovi začnejo svoje potovanje na zemljepisnih širinah z najbolj turbulentnimi atmosferskimi razmerami, v območju t.i. "divjih štiridesetih", ki se raztezajo od  $40^{\circ}$  do  $50^{\circ}$  zemljepisne širine na severni in južni strani ekvatorja. Sistemi nizkega zračnega pritiska ustvarjajo viharje z močnimi vetrovi, ki zdramijo velike neenakomerne valove. Ko se ti pomikajo navzven iz središča viharja, postajajo vse bolj enakomerni, nakar se spremenijo v skupine značilnih dolgih in širokih valov. Če prej ne zadenejo ob obalo, lahko ti valovi potujejo stotine kilometrov daleč. To je mogoče zato, ker ob napredovanju v mirne vode pred seboj prvi val v skupini deluje kot udarna sila, ki valovom za seboj omogoča ohranjanje njihove energije. Prvi val pri tem izgublja svojo energijo in počasi prepusti vlogo naslednjemu valu v skupini. Čeprav valovi lahko prepotujejo na stotine kilometrov prek oceana, se sama morska voda pri tem sploh ne premika naprej v smeri gibanja valov, potuje energija valov skozi vodo.

povprečne letne moči valov v kW na meter širine grebena



povprečne letne moči valov v kW na meter širine grebena



# Morski val – nastanek in moč

Val sestavljajo vodni delci, ki se pod vodno gladino vrtijo v krožni smeri. Na vodni površini je premer krožnice njihovega vrtenja enak višini vala, premeri krožnic pod njimi pa se postopoma manjšajo in na globini, ki je enaka polovici valovne dolžine valovanja, krožno vrtenje izgine. Zato v določeni globini ne čutimo valov. Energija vala se hitro zmanjšuje z globino in na globini 20 m je le 20% energije, tik pod površino, medtem ko je na globini 50 m le okoli 2% energije, tik pod površino. Ko se valovanje približuje obali, se začne navpični steber krožno vrtečih se vodnih delcev na svoji spodnji strani dotikati morskega dna. Trenje povzroči upočasnitev spodnjega dela vala, medtem ko se njegov zgornji del pomika še naprej z enako hitrostjo. Dolžina valovanja, ki je na odprtem morju velika in z blagim nagibom valov, postane ob približevanju obali vse krajša, nagib valov pa vse bolj strma. Voda vedno bolj sili v greben vala, ki se pomika naprej še toliko časa, da ne more več nositi samega sebe. Greben vala se začne rušiti vase in val se razlomi z vso svojo nakopičeno energijo.

Moč vala je definirana kot sila na enoto površine, pravokotno na smer vala. Te moči lahko znašajo do  $10 \text{ kW/m}^2$ . Na primer, v severnem Atlantiku, na odprtem morju med Škotsko in Islandijo, v 50% časa znaša  $3,9 \text{ kW/m}^2$  ali več. Te moči so odvisne od vremenskih razmer in sezone.

Na tem delu Atlantska je poleti moč v 50% časa  $10 \text{ kW/m}$  ali več, pozimi pa celo  $95 \text{ kW/m}$  ali več. Dolžina obale vzdolž oceanov na vseh petih kontinentih je približno 100 milijonov metrov in če računa s povprečno močjo  $10 \text{ kW/m}$ , dobimo letno povprečno moč  $1 \text{ TW}$  in letne energije okoli  $9000 \text{ TWh}$ , kar je približno 60% sedanje svetovne proizvodnje električne energije.

Energija vala je obnovljiv vir, ki se spreminja s časom (npr. višji valovi se pojavijo v zimskem času). Enostavnejša oblika izkoriščanja energije valov bi bilo blizu obale, to pa zato ker bi bila tako električne energije za potrošnike cenejša. Vendar energija morskega valovanja na odprto morje je precej višja, toda njegova uporaba je veliko dražja. Veliki Britaniji in Japonski že dolgo proučujeta možnosti uporabe te oblike energije.



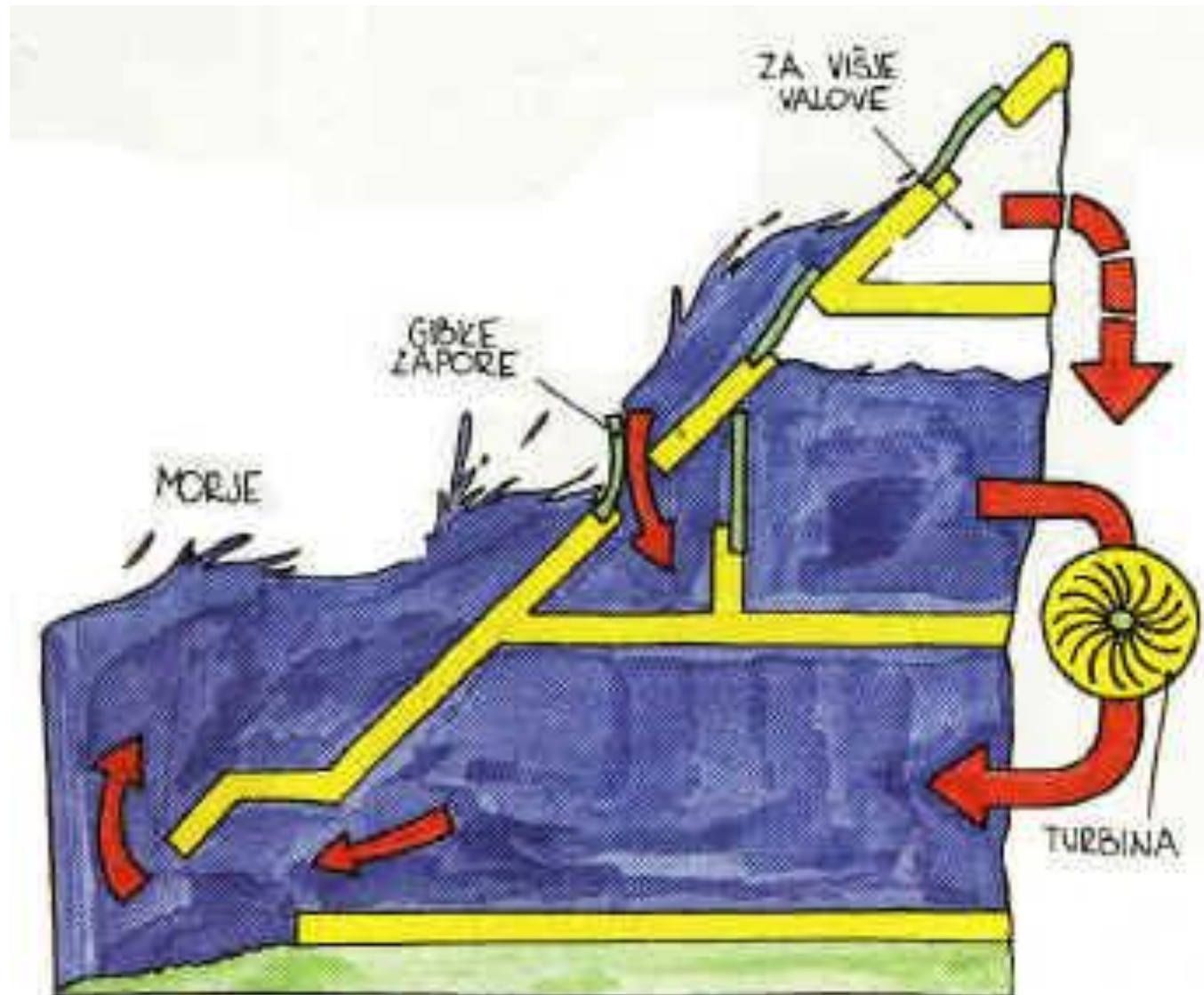
# Izvedbe elektrarn na valovanje

S sistemi za izkoriščanje energije valov spreminjajo gibanje valov v uporabno mehansko energijo, ki se lahko uporabi za proizvodnjo električne energije. Vse naprave izkoriščajo eno ali več lastnosti valov:

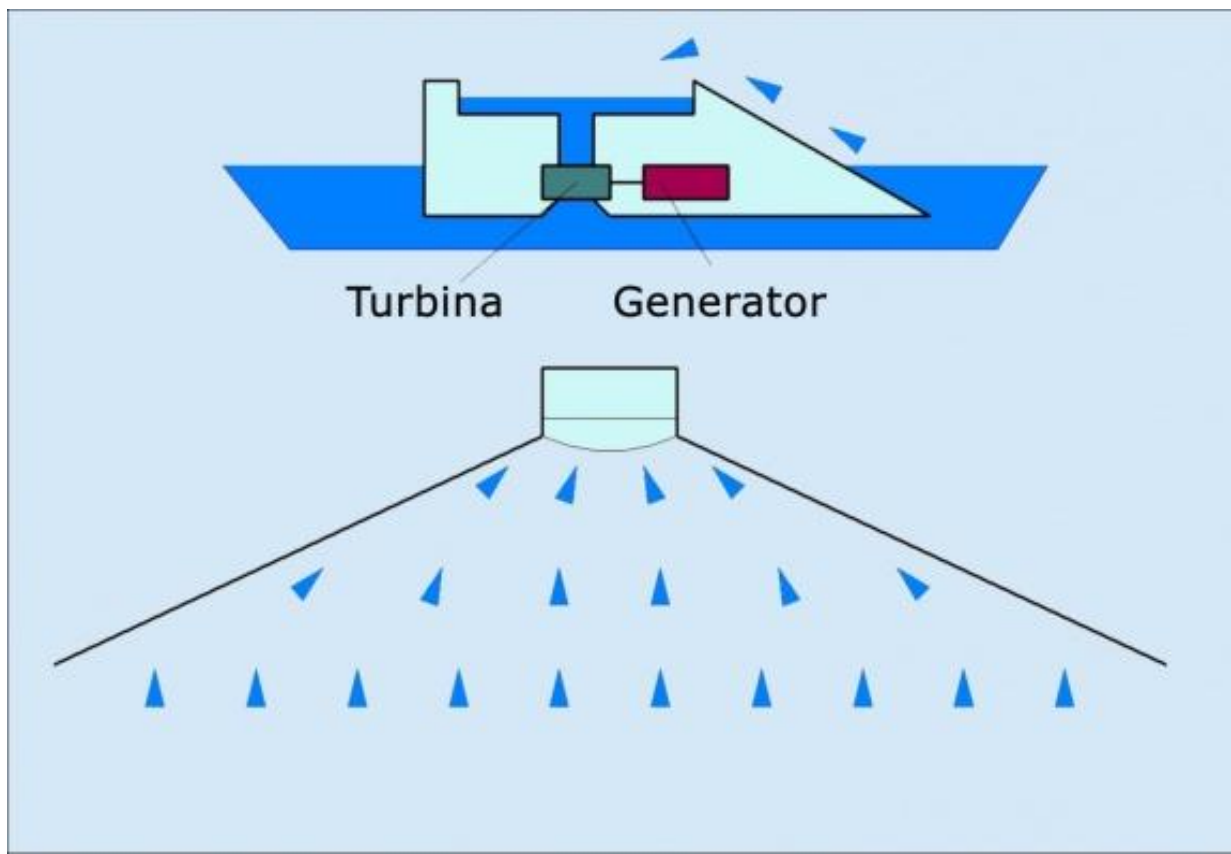
- nihajoče navpično nihanje valov
- krožno gibanje vodnih delčkov znotraj vala
- spreminjanje razdalje med vodno gladino in morskim dnom in s tem povezane spremembe tlaka.

Ti sistemi so lahko plavajoči ali pa pritrjeni na morsko dno ali obalo. Slednji prevladujejo, saj omogočajo lažji dostop in vzdrževanje, vendar pa izkoriščajo manjši del energije kot plavajoči sistemi, saj je gostota energije valov na obali manjša kot na odprtem morju.

# Osnovna ideja elektrarne na obali

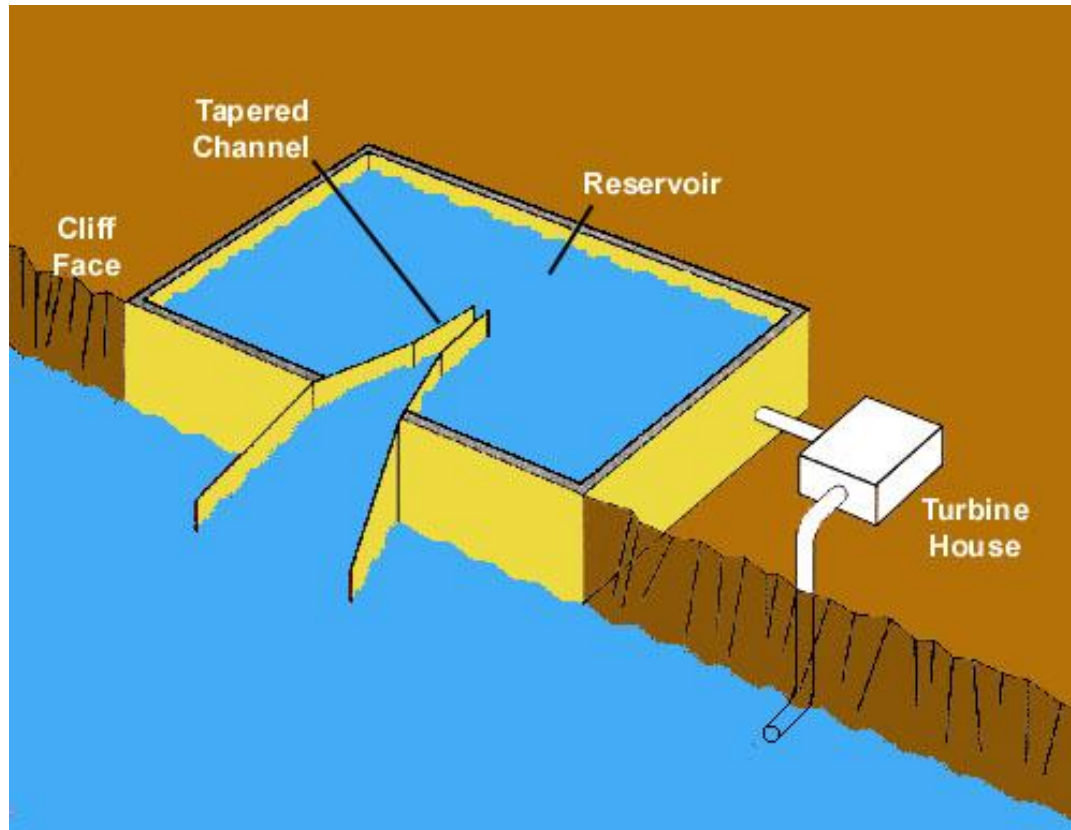


Projekt Wave Dragon sestavlja valovni zbiralnik, ki valove usmerja skozi dve napravi v obliki črke v in se v sredini med njima nahaja pregrada za koncentracijo valov. Tako lahko povečani valovi tečejo skozi pregrado navzgor. Od tam teče voda preko kaplanove turbine katera poganja generator nazaj v morje. Celotna naprava oziroma elektrarna je plavajoča in odmaknjena od obale ter tako ni povezana z obalo. Prototip pomanjšane 1:4,5 testne elektrarne z močjo 20kW je bil predstavljen na Danskem na severnem delu fjorda Nissum Bredning leta 2003 (4.3 M EUR vreden projekt). Letno proizvede 0,04 GWh njena 7MW različica v popolni velikosti pa bi proizvedla 20 GWh/letno.

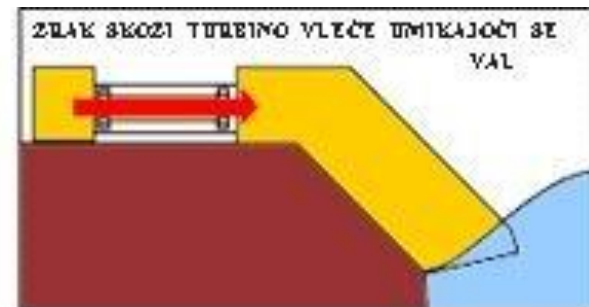
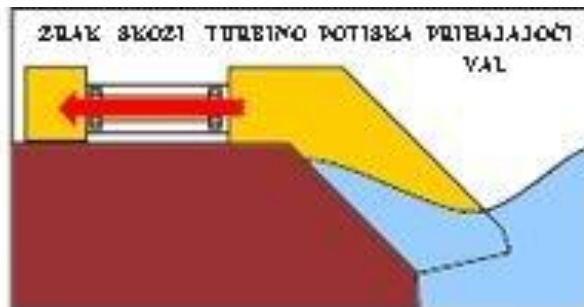
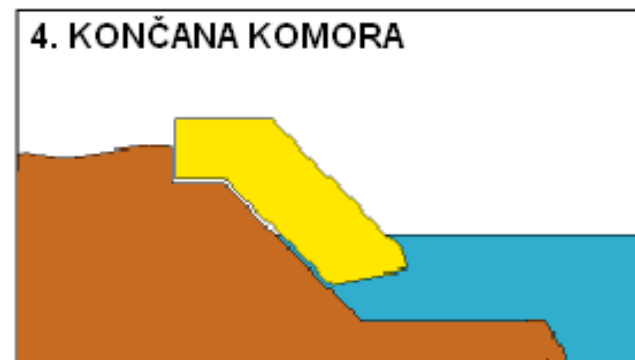
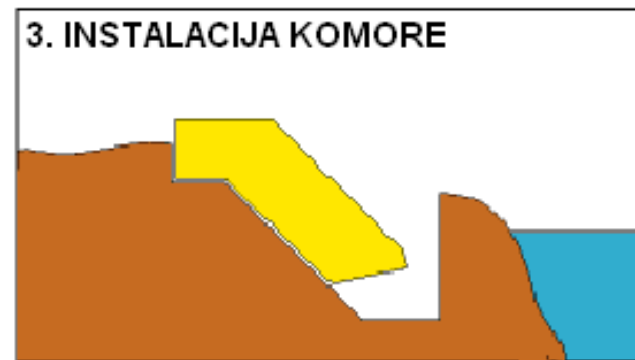


# TAPCHAN (ang: tapered channel systems)

Sistem je zgrajen iz bazena, ki je nekaj metrov dvignjen od gladine in ima v bazen napeljan konusni kanal (slika spodaj). Po tem konusnem kanalu je tudi dobila ime. Po kanalu se voda zaradi valovanja dviguje in polni bazen. Kinetična energija vode se tako spreminja v potencialno. Voda iz rezervoarja preko kaplanove turbine teče nazaj v morje.



OWC- Oscillating water column - izkorišča nihanje vodnega stolpca kot posledico valovanja, kar je razvidno že iz imena. Zgrajeni so ob obali na skalnatih območjih, ker morajo biti zelo stabilni. Sama zgradba je dokaj enostavna, tako kot tudi princip delovanja. Betonski zaliv, kateri sega v morje, komora, v kateri je zrak in na vrhu komore turbina.

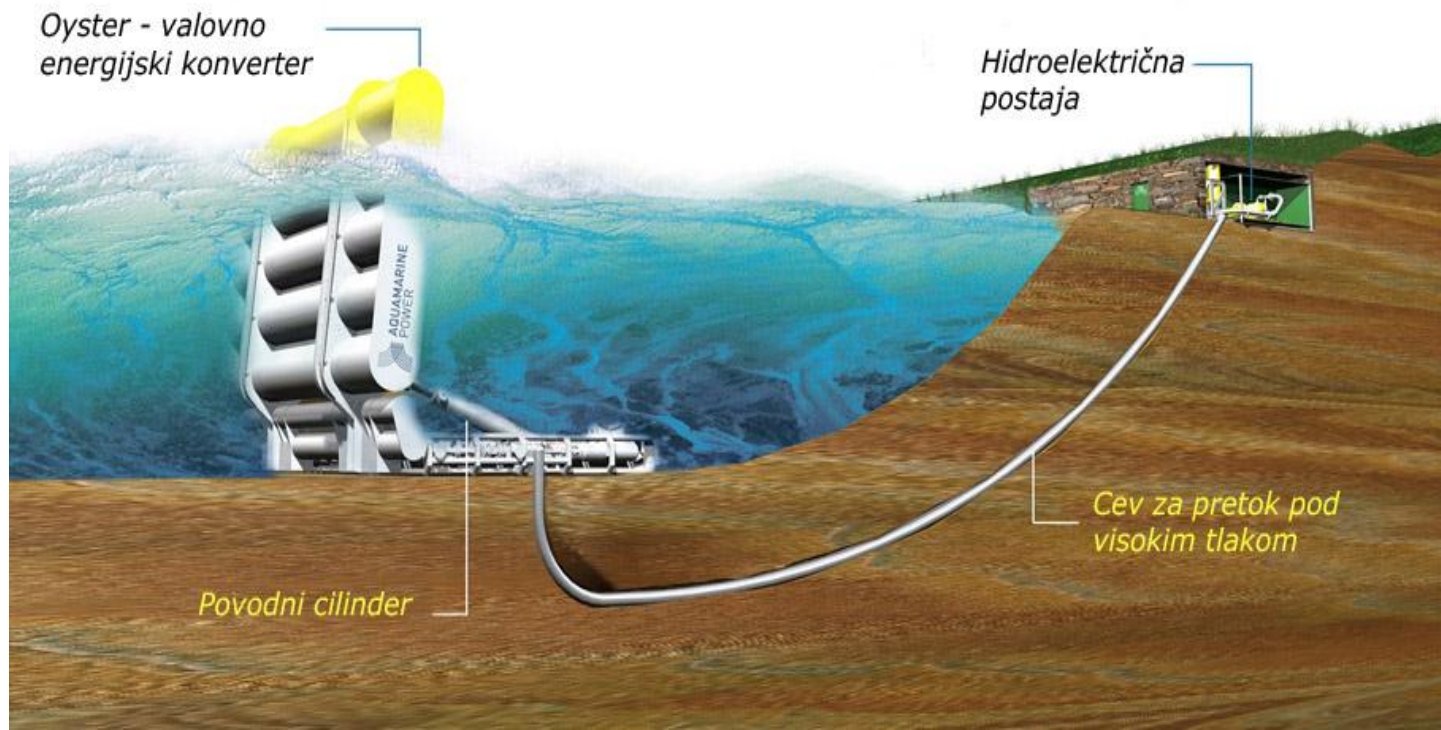
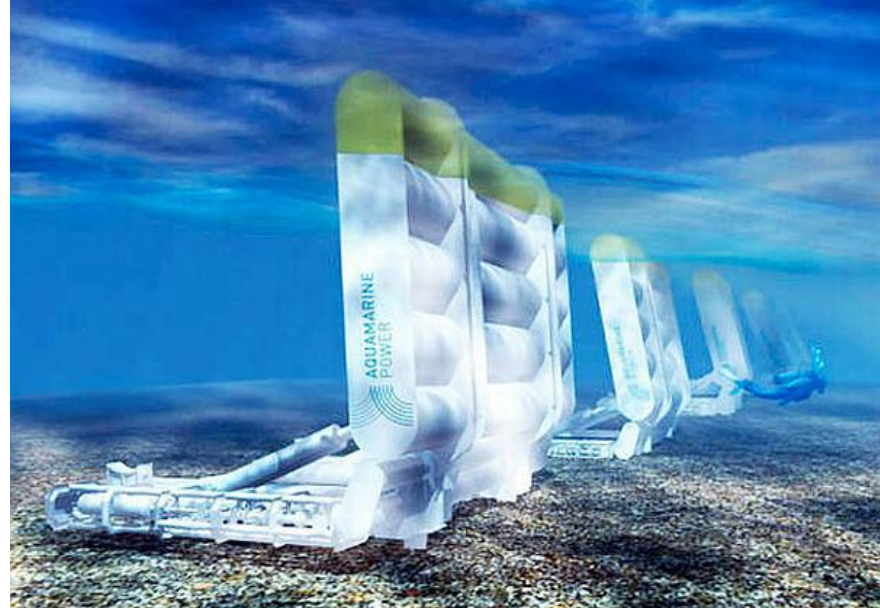


# Ostriga

Ostriga je hidroelektrični valovni energijski pretvornik, namenjen za pretvorbo vodne energije v električno. Na obali je nameščen hidroelektrični energetski pretvornik, ki vodo z visokim pritiskom pretvori v električno energijo.

Številni vitalni deli za delovanje celotne naprave so nameščeni na obali. Ko se v vodo nameščeni ovali zaradi valovanja morja zavrtijo, potisnejo vodo skozi posebno cev, ki je speljana na obalo kjer je nameščen električni generator, ki nato pretvori vodno energijo v električno.

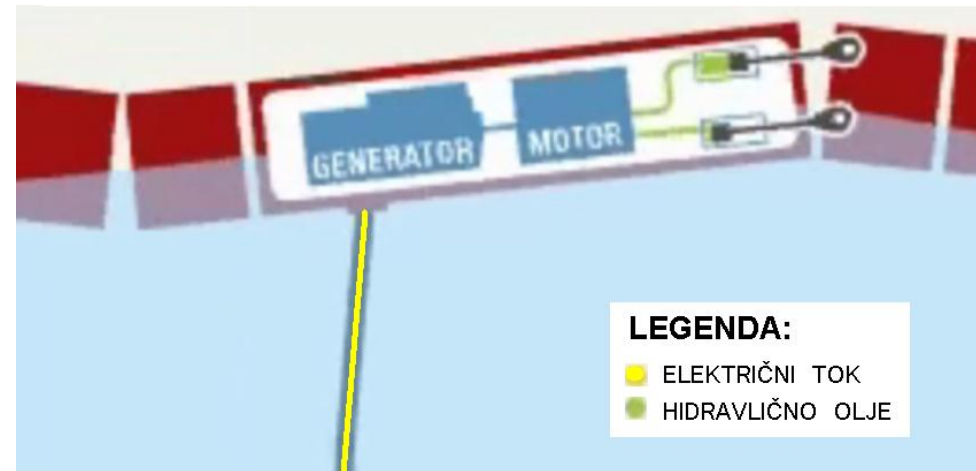
Del sistema se nahaja v morju na globini 16 m, kjer je valovanje morja najbolj konstantno. Celoten sistem deluje tiho in ne povzroča ropota za okolje in živali, ki se gibljejo v neposredni bližini.



# Delovanje morske verige

Elektrarna stoji na številnih cevnih segmentih, ki jo sestavljajo številni zglobi. Na hidravlični zglob je nameščena hidravlična črpalka, ki je priključena na generator za proizvodnjo električne energije.

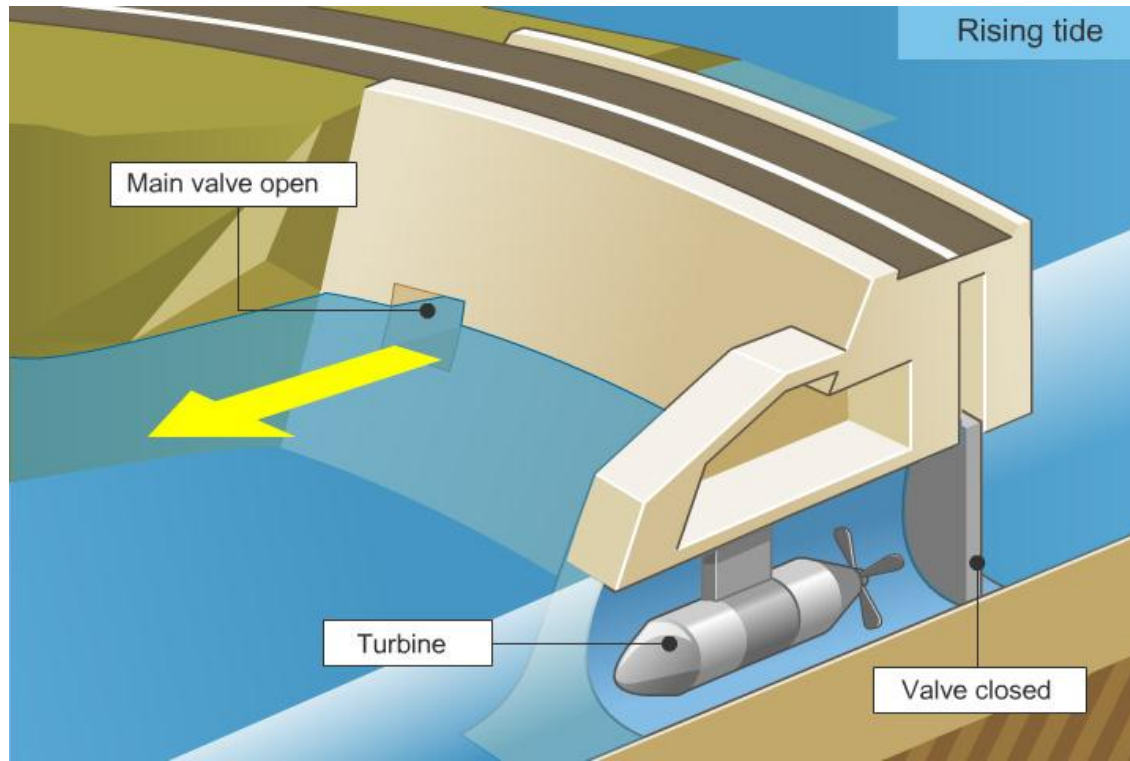
Za preprečevanje ekoloških tveganj mora delovati brezhibno, da se lahko uporabljene hidravlične tekočine dobro biološko razgrajujejo.



# Elektrarna na plimo in oseko - zaježitveni tip

Odtočno obratovanje: zaježitev se napolni do nivoja najvišje plime, nakar se zapornice zaprejo (v tem trenutku se lahko voda dodatno črpa v zaježitev, da se nivo vode še dodatno dvigne). Turbinske zapornice ostanejo zaprte, dokler ne nastopi oseka, ki ustvari zadostno višinsko razliko med nivojema vode. Zapornice se nato odprejo, da pretok vode začne poganjati turbine, dokler nivoja nista poravnana. Postopek se nato ponovi.

## Polnjenje zaježitve

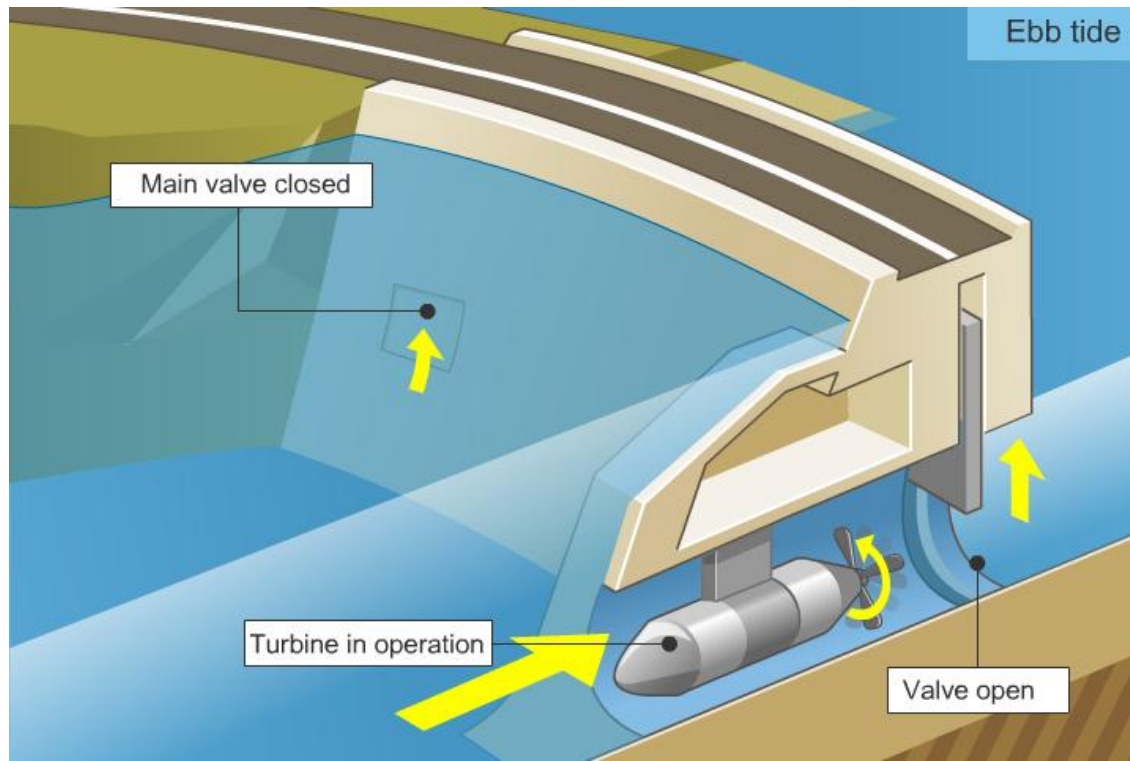




# Elektrarna na plimo in oseko - zajezitveni tip

Poplavno obratovanje: turbine obratujejo, medtem ko se zajezitev zaradi plime polni. Ta način obratovanja je navadno veliko manj učinkovit kot odtočni način. Na manjšo učinkovitost vpliva predvsem razlika v volumnih v spodnjem delu (del, ki se najprej napolni) in zgornjem delu (del, ki se napolni pri odtočnem obratovanju) delu zajezitve. Volumen spodnjega dela zajezitve je namreč znatno manjši od zgornjega. Potencialna razlika med nivojema vode se tako veliko hitreje zmanjša, kot bi se pri odtočnem načinu.

## Odtočno delovanje



# Termoelektrarne

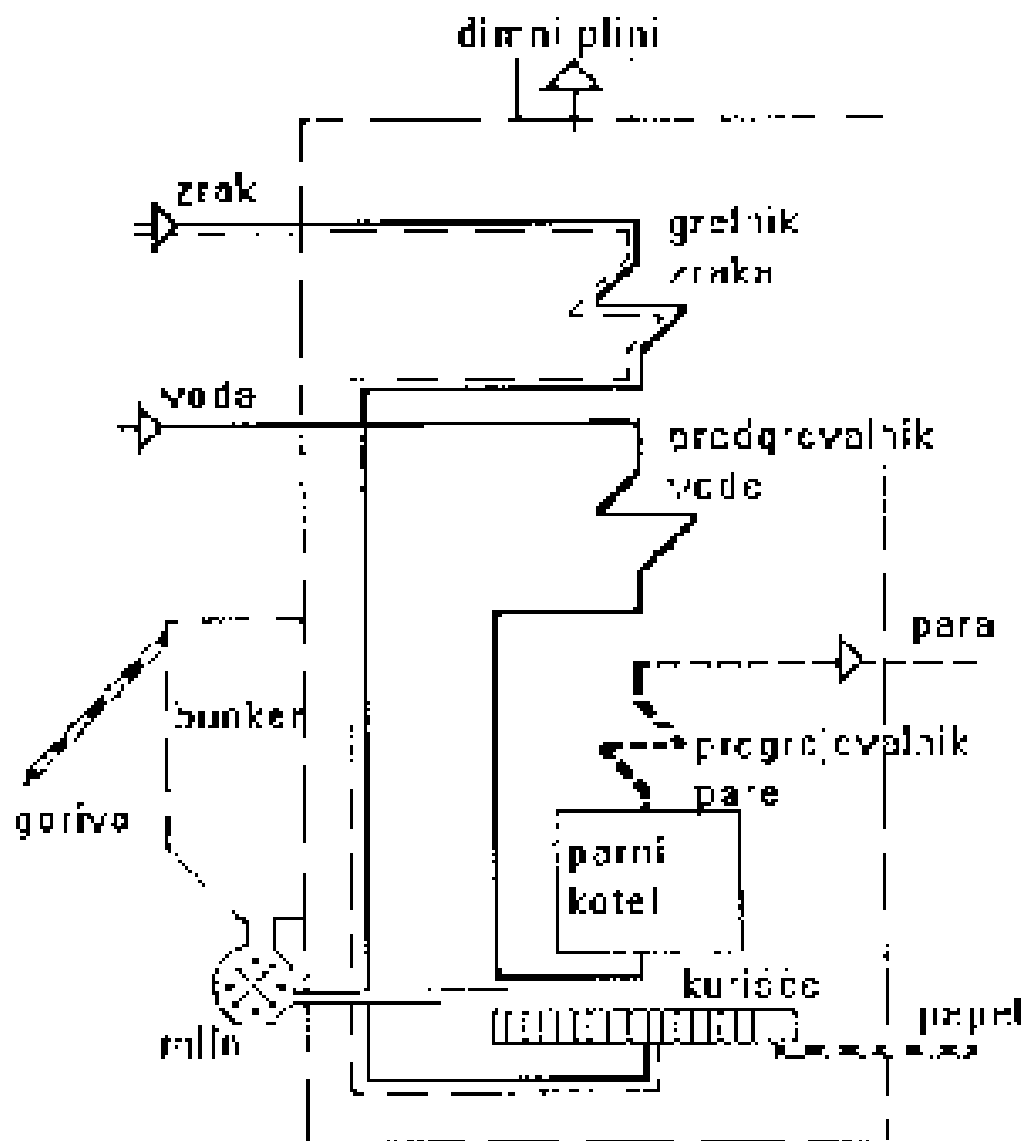
Termoelektrarne pretvarjajo toplotno energijo v električno. Poznamo več vrst termoelektrarn in sicer glede na vrsto goriva, ki ga uporabljajo pri svojem delovanju. Tako ločimo termoelektrarne na plinasta, trda, tekoča in jedrska goriva.

Izgradnja TE na premog je vezana tako na nahajališče premoga, dovolj velike vodne vire, odlagališča pepela in žindre, velike količine dimnih plinov in navsezadnje tudi na težišča porabe električne energije. Ker v teh elektrarnah lahko pokurimo letno tudi po več milijonov ton premoga, je problematičen predvsem transport premoga na daljše razdalje, zato se običajno odločamo za izgradnjo v neposredni bližini izkopa premoga, npr. TE Šoštanj obratuje v neposredni bližini rudnika lignita Velenje. Problem pa so tudi omejene količine premoga v nahajališčih.

Kurilne vrednosti posameznih vrst goriva:

- črni premog 27,6 – 33,1 MJ/kg,
- rjavi premog 14,2 – 23,4 MJ/kg,
- lignit 7,9 – 12,1 MJ/kg,
- kurilno olje 41 – 43,9 MJ/kg
- zemeljski plin 29,3 – 43,9 MJ/kg

# Tehnološki proces v TE



# Tehnološki proces v TE

- **Deponije premoga** pomenijo skladiščene prostore za premog na prostem. zaradi nemotenega obratovanja zadoščajo rezerve približno za mesec. Deponija je v neposredni bližini elektrarne ali rudnika. Premog nato transportiramo po neskončnih gumijastih trakovih do dnevni silosov ob mlinih. Pri skladiščenju premoga moramo paziti na nevarnost samovžiga premoga.
- **Kotlovske naprave** rabijo za pretvarjanje toplotne energije premoga v toplotno energijo pare. Premog prehaja iz silosov in dodelilnikov na ventilatorske ali kladivarske mline. Ventilatorji nato premogov prah potiskajo na tangencialno nameščene gorilnike v gorilni komori. Za vžig pa potrebujemo še dodatne oljne ali plinske gorilnike z električnim vžigom, ki ustvarijo vžigno temperaturo ob zagonu. V mline so preko kanalov speljani vroči plini, ki segrevajo premogov prah na približno 170°C. Tudi sveži zrak, ki ga dovajamo v kotel preko ventilatorjev, predhodno segrejemo z vročimi plini.
- **Kotel** je naprava, v kateri se nosilci toplote segrevajo ali uparjajo. Ker najpogosteje uporabljamo paro, govorimo o parnih kotlih. Najpogostejša izvedba je cevna – stolpna, sistem Sulzer. Aktivni del kotla ima obliko prizme, spodaj zožene v lijak, ki prosto visi pritrjen na štirih stebrih. Stene prizme so v plinotesno membrano zavarjene cevi (premera 5 – 6 cm) uparjalnika. Cevni sistemi tvorijo tudi pregrevalnike pare nad stenskim uparjalnikom. Temperatura sveže pare znaša okoli 550 °C, tlak pa 180 barov. Kotel 5. bloka (345 MW) TE Šoštanj je visok 96 m. Do višine 49 m, do koder sega gorilna komora, je kotel v zgradbi, naprej pa odprt. Cevni sistem v takem kotlu je dolg približno 350 km. Zaradi raztezanja kotla (do 60 cm) in podtlaka v njem je spodaj tesnjen na ta način, da je potopljen v vodo. Na dnu kotla so tekoče rešetke, na katerih dogoreva premog, in odnašajo pepel in žlindro.

# Tehnološki proces v TE

- **Napajalno vodo** črpajo črpalke iz napajalnega rezervoarja in jo potiskajo skozi predgrevalnike na vrhu kotla v sam kotel. Voda pride najprej v grelnik – ekonomizer, nato pa v uparjalnik. Iz slednjega gre nasičena para v izločevalnik vode in izločena voda nazaj v uparjalnik, para pa v pregrevalnik. Pregrevanje je večstopenjsko, tako da dobimo suho paro, ki gre na parno turbino, kjer odda vso energijo ali samo njen del, se vrne v kotel na ponovno pregrevanje ali pa izstopa iz parne turbine v kondenzator.
- Priprava napajalne vode je zelo zahteven postopek. Imenujemo ga demineralizacija. Pri tem iz vode izločimo vse rudninske snovi, ki bi se v kotlu izločale na ceveh kot kotlovec. ta postopek izvajamo s toplotno obdelavo, filtri in kemičnimi postopki.
- **Kondenzator** je naprava, ki spremeni paro v kondenzat. To dosežemo s pomočjo hladilne vode, ki kroži skozi kondenzator po zaprtem cevnem sistemu. Kondenzat pa se vrača v rezervoar napajalne vode s pomočjo črpalk.
- **Hladilna voda** ohlaja paro v kondenzatorju, da dobimo zopet vodo, ki pa mora biti tudi očiščena in dekarbonizirana. To je tudi zaprt hladilni sistem. Če imamo na voljo dovolj tekoče vode v reki, so v dno reke položene cevi, po katerih kroži hladilna voda. Rečna voda odnaša s seboj odvečno toploto (pretočno hlajenje). Ob nezadostnih pretokih pa speljemo s pomočjo črpalk hladilno vodo v hladilne stolpe, od koder nato s pomočjo zraka odvajamo odvečno toploto v okolico. Voda pada z neke višine, se pri tem razprši in doseže večji stik z zrakom, zaradi česa se bolje hladi. Hladilni stolpi z naravno vleko so grajeni iz armiranobetonskih montažnih elementov in so visoki tudi do 100 m ter imajo premer več deset metrov. Lahko pa so manjši, če imamo prisilno izvedbo kroženja zraka, s pomočjo ventilatorjev, ki so prigrajeni k stolpom. Potrebna količina hladilne vode je 130 litrov za vsako kWh električne energije.

# Tehnološki proces v TE

- **Dimni plini** vsebujejo veliko prašnih delcev (pepel) in žveplovega dioksida. Pri izstopu iz gorilne komore imajo še visoko toplotno energijo, zato jih izkoristimo za pregrevanje pare ter segrevanje napajalne vode in zraka. Prašne delce izločamo na več načinov; z vodno prho, ciklonske in elektrofiltre. Danes največ uporabljamo slednje, ki delujejo na principu velikega električnega polja, ki ga ustvarimo med vzporedno postavljenimi kovinskimi ploščami (40 – 80 kV). Dimni plini ionizirajo in na pozitivno nabiti plošči se izločajo nevtralizirani prašni delci. Dimne pline potegnemo z ventilatorji iz vrha kotla skozi filtre v dimnik. Dimnik v TE Trbovlje je visok 360 m, najvišji v Šoštanju pa 230 m. Poseben problem pa je odžvepljevanje, ki ga v svetu izvajajo že do 93%, pri nas pa ga uvajamo šele poskusno.
- **Pepel** odvajamo iz filtrov in kurišča s pomočjo transportnih naprav (tekoče rešetke). Suh ali moker pepel – pepelno brozgo lahko transportiramo v ureznine ob premogovnikih ali v zapuščene rudniške jarke, preko pepelovodov. Pri površinskem odlaganju se zelo dvigajo prašni delci, prihaja pa tudi do radioaktivnega sevanja.
- **Parne turbine** pretvarjajo kinetično energijo pare v mehansko, ki se odraža v vrtenju rotorja, na katerega je vezan generator. Hitrost vrtenja parnih turbin je 3000 min<sup>-1</sup>, zato uporabljamo v termoelektrarnah turbogeneratorje (majhen premer in velike dolžine – dvopolni).

# Turbine

Turbine delimo glede na:

- tlak – visoko-, srednje- in nizekotlačne ter kombinirane,
- smer delovanja pare – radialne, aksialne,
- razporeditev tlakov – akcijske in reakcijske,
- tlak izstopne pare – kondenzacijske, protitlačne.
- Če v TE proizvajamo samo električno energijo, uporabljamo kondenzacijske turbine. Protitlačne pa uporabljamo v toplarnah – elektrarnah, v katerih pare, ki je oddala del energije, ne vodimo v kondenzator, ampak v izmenjevalnike toplote, nato pa toplotno energijo izkoriščamo za industrijske namene ali ogrevanje stanovanj. Na ta način povečamo izkoristek termoelektrarne na 40%.

# ELEKTRARNE NA TEKOČE GORIVO

Kot pogonski stroj uporabljamo v elektrarni na tekoče gorivo dizelski motor (ladijski motor).

V primerjavi s parnimi stroji ima ta sistem dosti boljši izkoristek, manjšo težo in dimenzije, hiter zagon ter nizke investicijske stroške /kW.

Zaradi visokih stroškov za gorivo pa je izgradnja take elektrarne smiselna samo kot rezervno napajanje v večjih energetske objekti, industriji, bolnicah.

Tudi moči so omejene na nekaj tisoč kW.



# Plinske elektrarne

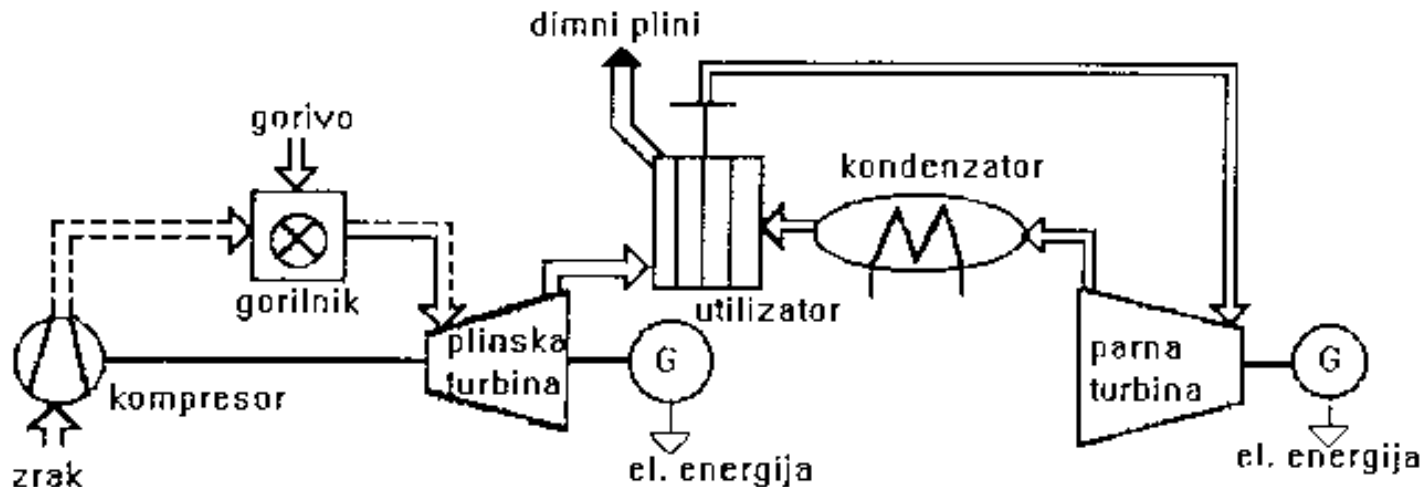
- Plinske elektrarne uporabljamo predvsem v zadnjem času, odkar so razvili materiale za izdelavo plinskih turbin, obstojne na visokih temperaturah, in po plinifikaciji držav. Pomembne so pri pokrivanju koničnih obremenitev in ob izpadih drugih elektrarn. Prav tako pa tudi ob pomanjkanju hladilne vode in pri slabšem prenosnem električnem, ko lahko tako plinsko postrojenje postavimo v neposredno bližino večjih porabnikov. V Sloveniji imamo taka postrojenja v Brestanici (3) in Trbovljah (2).
- Glede na pogonske stroje delimo plinske elektrarne na elektrarne s stroji z notranjim izgorevanjem (batni stroji) in elektrarne s plinskimi turbinami.
- Stroji z notranjim izgorevanjem ali plinski motorji so popolnoma podobni strojem na tekoča goriva – dizelski stroji.
- To izvedbo uporabljamo za manjše moči (do 500 kW) in predvsem tam, kjer izkoriščamo industrijski plin iz plavžev ali pa ga dobimo s pomočjo generatorjev plina iz tekočih goriv oziroma premoga.
- Elektrarne s plinskimi turbinami pa uporabljajo naravni plin, katerega prednost je, da vsebuje izredno malo žvepla, pri izgorevanju pa so majhne emisije ogljikovega dioksida. Za pogon plinskih turbin izkoriščamo tlačno in toplotno energijo, ki se pojavi pri izgorevanju plina v izgorevalnih komorah. Celoten plinski postroj sestavljajo ponavadi 10 do 15-stopenjski kompresor, eden ali več gorilnikov ter 2 do 4-stopenjske turbine. Kompresor sesa zrak iz okolice in ga komprimira na tlak 10 – 14 barov, pri tem pa se zrak tudi segreje. Za kompresorjem se nahajajo gorilniki, v katerih se gorivo meša z zrakom in izgoreva. Pri tem se pojavijo dimni plini s temperaturo okoli 1200 °C in vstopajo v plinsko turbino tik ob gorilniku. Na turbini ekspandirajo na tlak okolice, pri čemer se ohladijo na temperaturo okoli 500 °C. Dobljeno mehansko delo se v veliki meri porabi za pogon kompresorjev, ostalo pa za pogon električnega generatorja. Vroče dimne pline, ki izstopajo iz plinske turbine, lahko uporabimo za proizvodnjo pare v posebnem prenosniku toplote – uparjalniku, imenovanem utilizator. Na ta način izkoristek plinskega postrojenja povečamo s 25 – 35 % na celih 50 %, saj doseže moč parne turbine 1/3 do 1/2 moči plinske turbine (plinsko parno postrojenje). Plinske elektrarne gradimo moči od 500 kW pa do 250 MW.

# Plinske elektrarne

Prednosti plinskih elektrarn:

- majhen potreben prostor za izgradnjo (5 × manjši od parnega /MW),
- majhni investicijski stroški /MW (0,5 do 0,33 specifične cene parnega postrojenja),
- nepotrebnost hladilne vode in ekološka čistost (ni pepela),
- kratek zagonski čas (nekaj minut),
- enostavno vzdrževanje in upravljanje.

Slabost pa je visoka cena zelo kvalitetnih goriv, kot sta zemeljski plin in kurilno olje. Na ceno izhodne kWh pa vplivajo tudi izredno nizke letne obratovalne ure (nekaj sto).



*Shema plinsko parnega postrojenja*

# Elektrarne na biomaso

Vrsta goriva	Gostota [kg/ m <sup>3</sup> ]	Energijska gostota [GJ/tona]	Energijska gostota [GJ/m <sup>3</sup> ]	Volumen za 31,5 PJ [milijoni m <sup>3</sup> ]	Masa za 31,5 PJ [tona]
žagovina (vlažna)	367	8.0	2.9	10.9	3,986,379
žagovina (zračno suha)	267	14.0	3.7	8.5	2,273,108
lesene trske (vlažne)	550	8.0	4.4	7.2	3,937,500
lesene trske (gozdno suhe)	400	12.0	4.8	6.6	2,625,000
<b>lesni peleti</b>	<b>705</b>	<b>17.0</b>	<b>12.0</b>	<b>2.6</b>	<b>1,850,625</b>
gozdni ostanki	340	11.6	3.9	8.1	2,746,154
sušeni lesni peleti	650	22.0	14.3	2.2	1,431,818
slama	130	14.5	1.9	16.6	2,155,263
peleti iz slame	600	15.0	9.0	3.5	2,100,000
oglje	500	30.0	15.0	2.1	1,050,000
bituminozen premog	1,100	24.4	26.8	1.2	1,292,910

# Lastnosti lesa kot kuriva

Les je sestavljen iz:

- 40 – 50 % celuloze
- 20 – 30 % lignina
- 20 – 30 % ostalo (ogljikovi hidrati, maščobe, čreslovina, minerali).

Kemijska sestava absolutno suhe lesne mase je:

- 51 % ogljika (C),
- 42 % kisika (O),
- 6 % vodika (H),
- 1 % dušika (N) in mineralov.

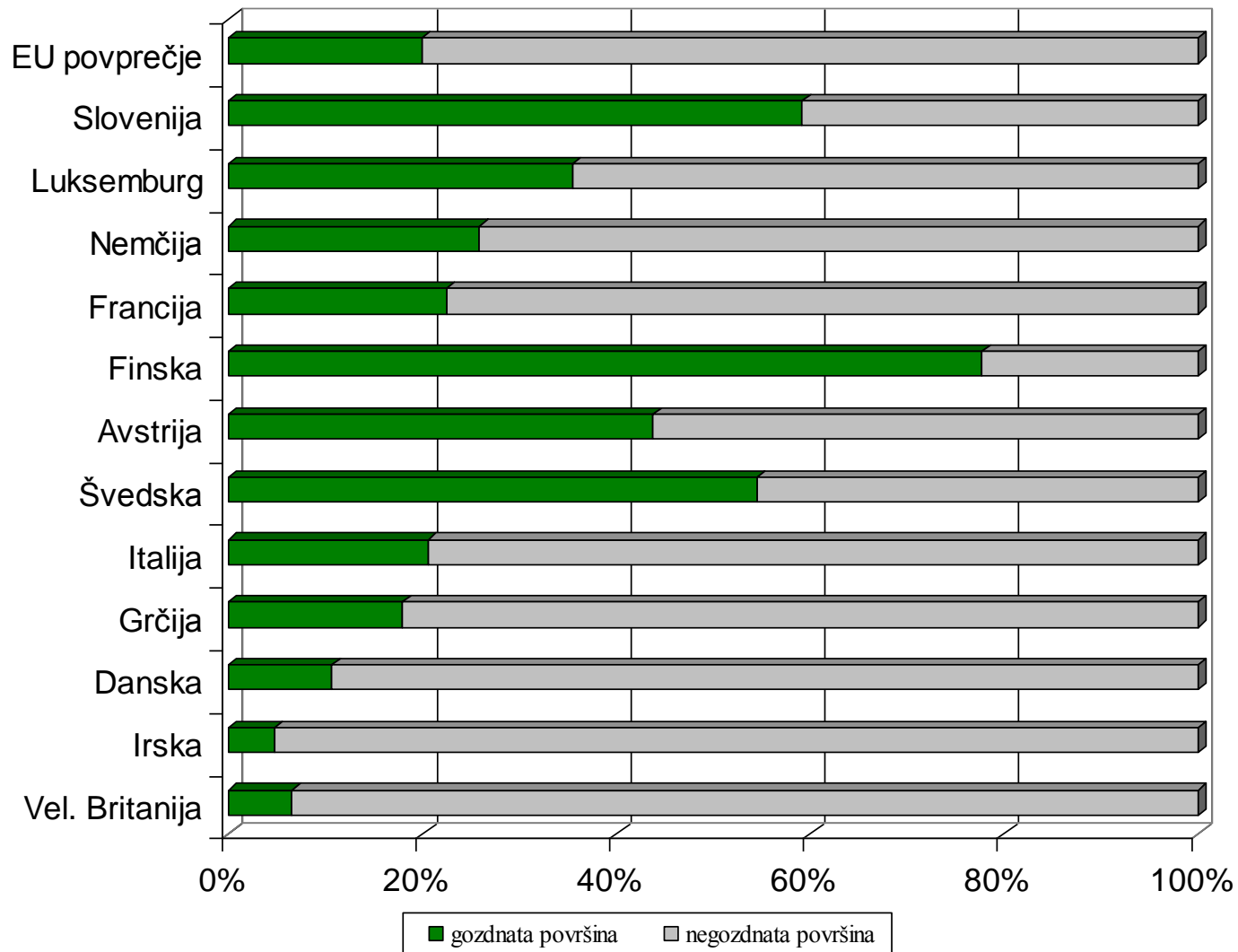
Na kurilno vrednost lesa vplivajo:

- vlažnost lesa
- kemična in anatomska zgradba lesa,
- fizikalne lastnosti lesa in
- ohranjenost lesa.

Glede na vsebnost vode v lesu ločimo:

- svež les (takoj po poseku) z vlažnostjo nad 40 %,
- gozdno suh les (približno pol leta po poseku) z vlažnostjo od 20 do 40 %
- zračno suh les (daljše sušenje na zračnih skladiščih) z vlažnostjo do 15 % in
- tehnično suh les (umetno sušenje) z vlažnostjo od 6 do 12 %.

# Pokritost posameznih držav v EU z gozdom



## Kurilnost lesa

<b>Vsebnost vode [%]</b>	<b>Lesna vlažnost [%]</b>	<b>Kurilnost [MJ/kg]</b>
61,5	160	5,88
54,6	120	7,35
50,0	100	8,40
43,5	80	9,66
37,6	60	10,92
33,3	50	11,97
23,0	30	14,07
17,0	20	15,54
9,8	10	16,80

Povprečna kurilnost lesa	v MJ			v kWh		
	na kg	na m <sup>3</sup>	na prm	na kg	na m <sup>3</sup>	na prm
Povprečno listavci	14,10	8,985	6,289	3,92	2,496	1,747
Povprečno iglavci	15,70	7,737	5,416	4,36	2,149	1,504
Skupno povprečje	14,56	8,801	5,997	4,04	2,444	1,665

Kubični meter (m<sup>3</sup>) je prostornina lesa brez vmesnih praznih prostorov (prostornina lesene kocke s stranicami 1 m). Uporablja se kot mera za okrogli les. Prostorninski meter (prm) je skladovnica (velikosti skladovnice je kocka s stranicami 1 m) zloženih kosov lesa vključno z vmesnimi zračnimi prostori. Uporablja se kot mera za polena, cepance in okroglice. Nasuti meter (nm<sup>3</sup>) je nasutje manjših kosov lesa (drva, sekanci, žagovina) v zaboju s prostornino 1 m<sup>3</sup>.

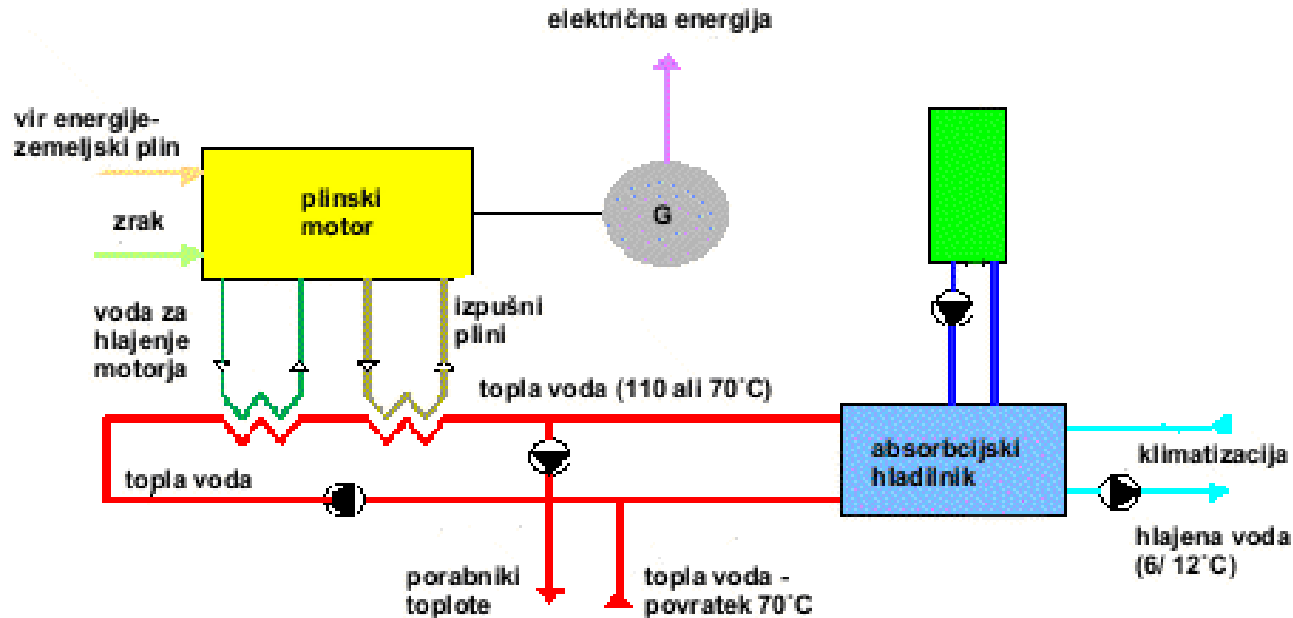
## Razmerja med različnimi prostorninskimi enotami

	ENOTA	GOLI	POLENA ( 1 m) (zložena)	POLENA (30 cm) (zložena)	POLENA (30 cm) (nasuta)	LESNI SEKANCI (<5 cm)
ENOTA		1 m <sup>3</sup>	1 prm	1 prm	1 nm <sup>3</sup>	1 nm <sup>3</sup>
GOLI	1 m <sup>3</sup>		1,4	1,2	2	3
POLENA ( 1 m) (zložena)	1 prm	0,71		0,85	1,4	2,1
POLENA (30 cm) (zložena)	1 prm	0,83	1,2		1,67	2,55
POLENA (30 cm) (nasuta)	1 nm <sup>3</sup>	0,5	0,7	0,6		1,5
LESNI SEKANCI (<5 cm)	1 nm <sup>3</sup>	0,33	0,46	0,4	0,66	



# Trigeneracija

Učinkovitost sočasne proizvodnje toplotne in električne energije lahko izboljšamo z dodatno vključitvijo absorpcijskih hladilnikov. Tako dobimo trigeneracijo, torej kombinirano proizvodnjo toplotne, električne in hladilne energije hkrati. Trigeneracijski sistemi se največ projektirajo za objekte, kjer potrebujemo toplotno in hladilno energijo (trgovski centri, hoteli, poslovne zgradbe, bolnišnice, itd), temu primerna pa mora biti tudi soproizvodnja električne energije, ki jo potrebujemo za ogrevanje in hlajenje objekta. Presežek električne energije lahko oddajamo v električno omrežje, v primeru pomanjkanja pa se ta lahko prevzema iz omrežja.



# Trigeneracija



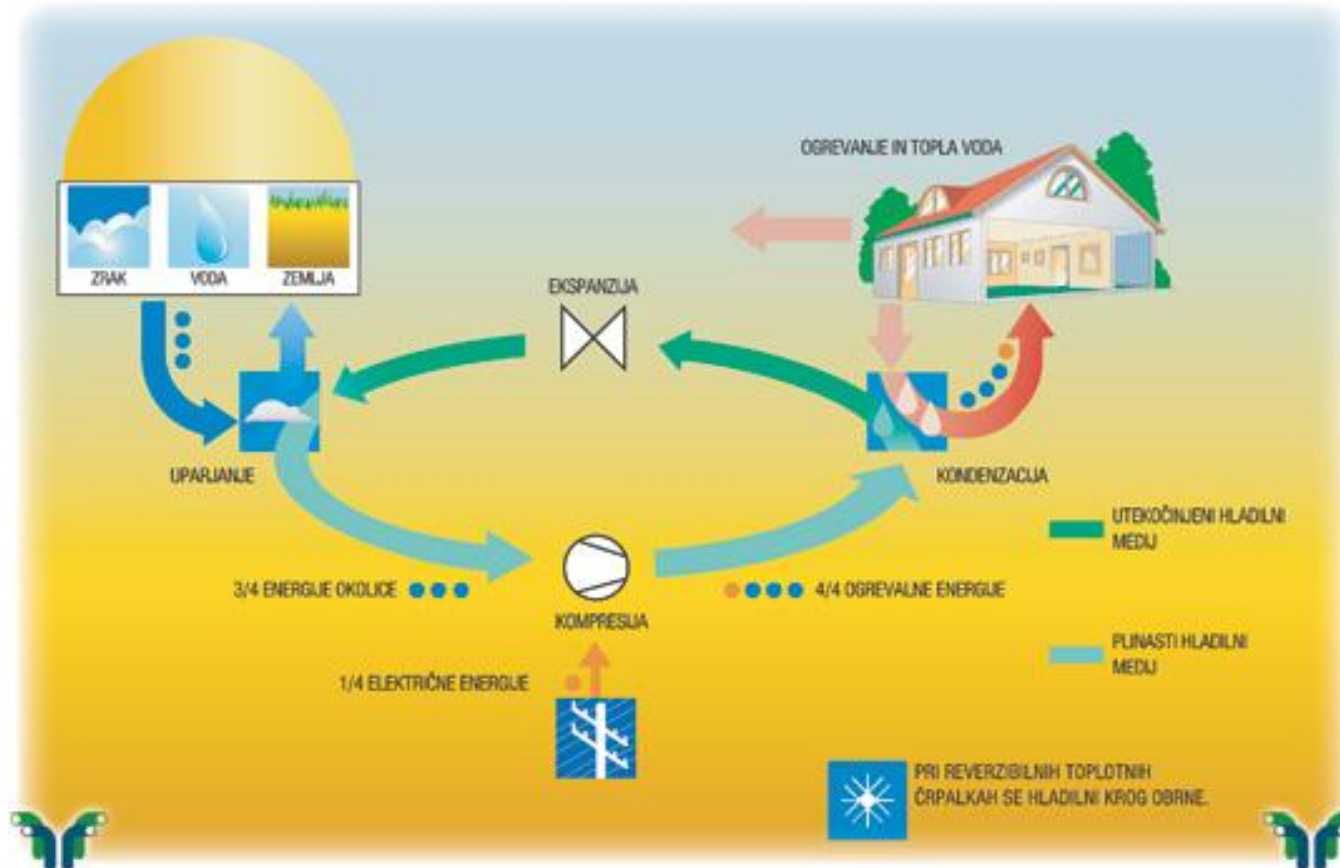
Z ekološkega vidika je trigeneracija veliko boljša od posameznih oblik pridobivanja električne energije, toplote in hlada. Kogeneracija nam prihrani do 40 % primarne energije, kar se odraža tudi v emisijah strupenih snovi, kot so  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  ter  $\text{NO}_x$ . Pri absorpcijskih hladilnikih, ki jih uporabljamo za klimatizacijo (hlajena voda 6/12 °C), je delovni sredstvo  $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ , ki ni okolju škodljivo.

Pri ogrevanju in hlajenju pa dajemo velik pomen tudi zvočnemu onesnaževanju. Razne toplotne črpalke in klimatske naprave povzročajo hrup, kateri je za okolje moteč. Klimatske naprave pa poleg visoke porabe električne energije kazijo še pogled na posamezni objekt. S tega stališča je trigeneracija ekološko sprejemljivejša.

# Toplotna črpalka

## Delovanje toplotne črpalke

Toplotna črpalke deluje v obratni smeri kot hladilnik. Le-ta ohlaja notranjost, toplota odvzeta živilom pa prehaja v okolico. Toplotna črpalka pa toploto iz okolice uporabim za ogrevanje vode in hladimo okoliški prostor. Toplotna črpalka ne ogreva s pomočjo izgorevanja goriv, ampak pridobi toploto s termodinamičnim procesom.



# Sestavni deli toplotne črpalke

- Uparjalnik – ta odveza toploto okolice (voda, zrak, zemlja), ki pri nizki temperaturi uplini delovno snov (hladivo). Pare nato potujejo v kompresor
- Kompresor – ta pare stisne, zveča pritisk in s tem njihovo temperaturo
- Kondenzator – vroče pare iz kompresorja kondenzirajo pri višji temperaturi, kjer kondenzacijsko toploto oddajo ogrevanemu mediju.
- Ekspanzijski ventil – delovni snovi se zniža tlak in potuje nazaj v uparjalnik

Toplota pridobljena iz okolice je brezplačna, potrebujemo le električno energijo za kompresor. Razmerje med brezplačno energijo iz okolice in plačano energijo imenujemo grelni število. To v povprečju znaša  $1/3$ , pri novejših črpalkah celo  $1/5$ , kar pomeni da pri 5 kWh pridobljene toplotne energije plačamo 1 kWh, 4 kWh padobimo brezplačno.

# Tipi toplotnih črpalk

- zemlja/voda

Zemlja ima na globini 15m skoraj konstanto temperaturo 15°C. V tla položimo cevne kolektorje zaprtega sistema, v katerih kroži delovno sredstvo, ki ga zemlja ogreje.

- zrak/voda

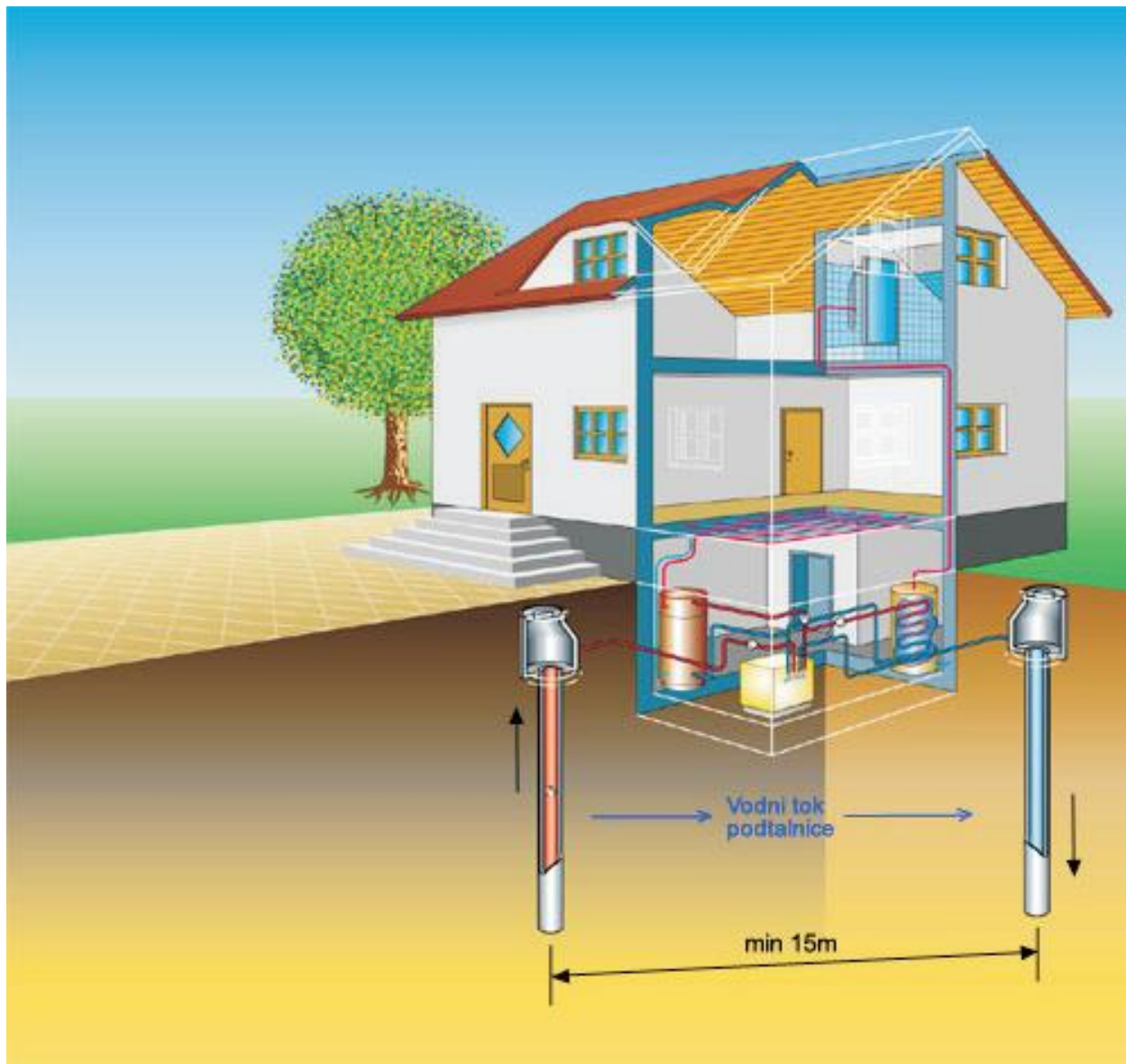
Zrak je povsod na voljo, vendar se moč toplotne črpalke kljub razvojnim dosežkom, z upadanjem temperature zunanjega zraka znižuje. Zaradi nizkih temperatur uparjalnika se na uparjalnikih kondenzira vlaga, ki zamrzne v plast sreža. Nastali srež prepreči pretok zraka skozi uparjalnik in s tem dotok novega zraka, zato je delovni proces toplotne črpalke v takem primeru moten, ali pa v določenih primerih nemogoč. Delujejo lahko do temperature 7°C, zato jih moramo v ogrevalnih sistemih vgraditi skupaj s klasičnim kotlom. Izkoriščanje toplote zunanjega zraka je idealno posebno v objektih brez radiatorskega ogrevanja, torej pri ogrevanju z električno energijo.

- voda/voda

Sistemi s podtalnico so odprti sistemi, zato je najnižja temperatura vode, ki jo še lahko uporabljamo, + 3 °C. Pri nas v glavnem uporabljamo podtalnico s temperaturo 8 do 12 °C

Pri tem sistemu talno vodo s pomočjo potopne črpalke vodimo skozi uparjalnik. Uparjalnik hladi talno vodo, kar pomeni, da ji odvzame toploto. Tako pridobljena toplota v uparjalniku prestopi na delovno snov oziroma hladilno sredstvo. S pomočjo električne energije, ki jo potrebujemo za pogon kompresorja, stisnemo hladilno sredstvo na višji tlačni in temperaturni nivo. V kondenzatorju, hladilno sredstvo prenese toploto na greto vodo. Razmerje med uporabno energijo ter vloženo električno energijo je grelna številka.

# Shema toplotne črpalke voda/voda



# Oblike in obratovanje toplotnih črpalk

- **kompaktno izvedbo** – toplotna črpalka in hranilnik tople vode sta v enem sklopu
- **split ali ločena izvedba** – toplotna črpalka in hranilnik tople vode sta ločena (za večje moči)

Glede obratovanja pa poznamo:

- **monovalentno** – črpalka pokriva vse potrebe po toplotni energiji
- **bivalentno** – črpalka je instalirana dodatno k kotlu centralne kurjave
- Naložba v toplotne črpalke je ekonomsko posebej zanimiva pri večjih objektih, kot so trgovine, športni objekti, hoteli, ki so vsi veliki potrošniki energije.

# Konkretni primeri vgradnje

## •a) voda/voda

vgradnja toplotne črpalke z vrtino v kombinaciji s strešnimi sončnimi kolektorji. S to kombinacijo zadostijo celotnim potrebam objekta po toplotni energiji. Ogrevajo 250m<sup>2</sup> površine s 16kW toplotno črpalko. V poletnih mesecih 80% potrebne tople vode zagotavljajo sončni kolektorji, v kurilni sezoni pa celotne potrebe krije toplotna črpalka. Vrtini sta globoki 12m, kjer je pretok vode 3m<sup>3</sup>/h, temperatura pa 10°C. Celotna investicija za toplotno črpalko je znašala 12.500 EUR, za kolektorje pa 9.000 EUR. Pred investicijo so letno pokurili do 4000 litrov kurilnega olja, kar v povprečju za zadnja tri leta znaša 2600 EUR letno. Stroški obratovanja za toplotno črpalko pa znašajo 700 EUR več elektrike na leto, kar da razliko 1900 EUR letno. Po teh podatkih bi se celotna investicija amortizirala v 11 letih.

## •b) zrak/voda

vgradnja 1.8 kW toplotne črpalke zrak/voda. Ogrevava se samo sanitarna voda. Celotna investicija je znašala 1500 EUR, letno pa se prihrani 800 litrov kurilnega olja, a se plača 150 EUR več elektrike letno. Skupno se torej prihrani 350 EUR letno, tako da se investicija povrne v 4 letih.

## •c) zemlja/voda

vgradnja toplotne črpalke tipa zemlja/voda z 8,6 KW nazivne moči in grelnim številom 4,5 (pri 35 °C ogrevalne vode) oz 3,4 (pri 45 °C ogrevalne vode). V poletnih mesecih je poraba električne energije do 27 kWh, pozimi pa do 60 kWh, kjer gre večina elektrike za pogon kompresorja toplotne črpalke. 40 % njenega delovanja gre za sanitarno vodo in 60 % za ogrevanje hiše. V zimskih mesecih deluje od 9 do 18 ur na dan, povprečno pa 11 ur dnevno, v poletnih mesecih pa od ene ure do treh ur na dan. Kadar je zemlja topla, ji medij v enem obhodu odvzame celo deset stopinj, kadar je mrzla, pa šest do sedem stopinj. V najhujši zimi se torej iz peči vrača medij, ohlajen do minus 4,5 °C. Celotna investicija je znašala 19.000 EUR. Toplotna črpalka porabi v povprečju 6.100 kWh električne energije letno, kar znaša 500 EUR za ogrevanje celotne hiše in sanitarne vode.



# Energijsko število

- Kriterij za ocenjevanje energetske učinkovitosti zgradbe
- $EK = Q/A = \text{poraba} / \text{površina}$

<b>Vrsta objekta</b>	<b>Raba energije v kWh/m<sup>2</sup> leto oz. energijsko število</b>	<b>Poraba kurilnega olja liter/m<sup>2</sup> stanovanja/leto</b>
zelo potratna hiša	> 250	> 25
potratna hiša	200 – 250	20 – 25
povprečna hiša	150 – 200	15 – 20
varčna hiša	100 – 150	10 – 15
zelo varčna hiša	50 – 100	5 – 10
hiša prihodnosti	< 50	< 5
Upoštevano: 1 liter lahkega kurilnega olja = 10 kWh		

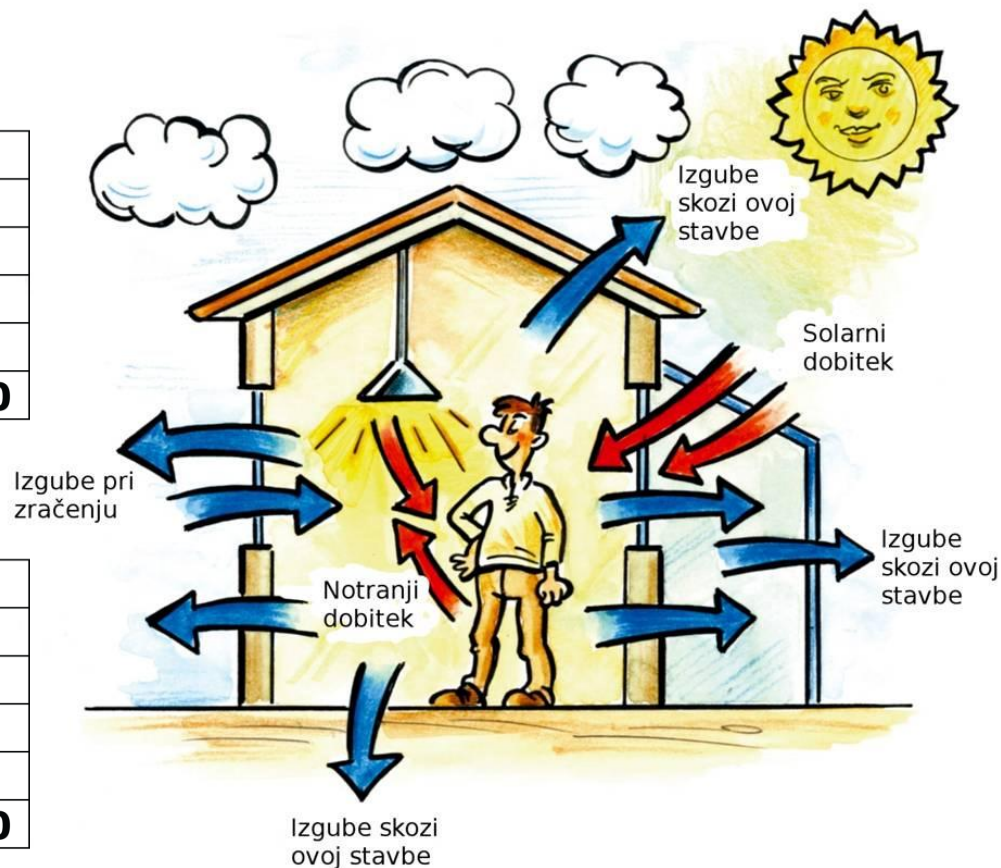
# Izgube v hišah

## NEIZOLIRANA ZGRADBA

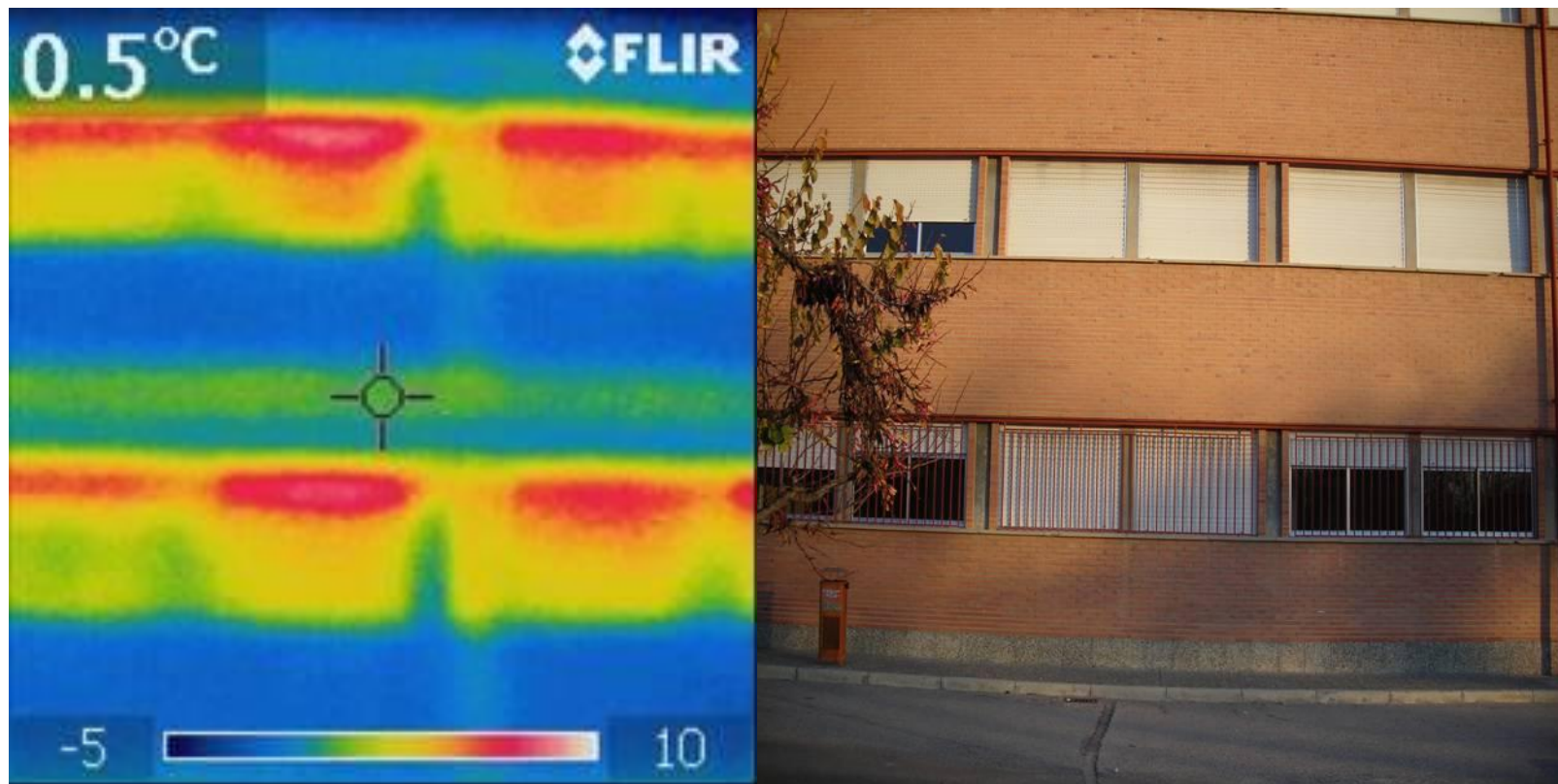
Konstrukcija	%
zunanji zidovi $U = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	45
streha - strop $U = 1,25 \text{ W/m}^2\text{K}$	31
tla na terenu $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$	10
okna $U = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$	14
<b>SKUPAJ</b>	<b>100</b>

## IZOLIRANA ZGRADBA

Konstrukcija	%
zunanji zidovi $U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$	32
streha - strop $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$	13
tla na terenu $U = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	15
okna $U = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$	40
<b>SKUPAJ</b>	<b>100</b>



# Izgube v hišah

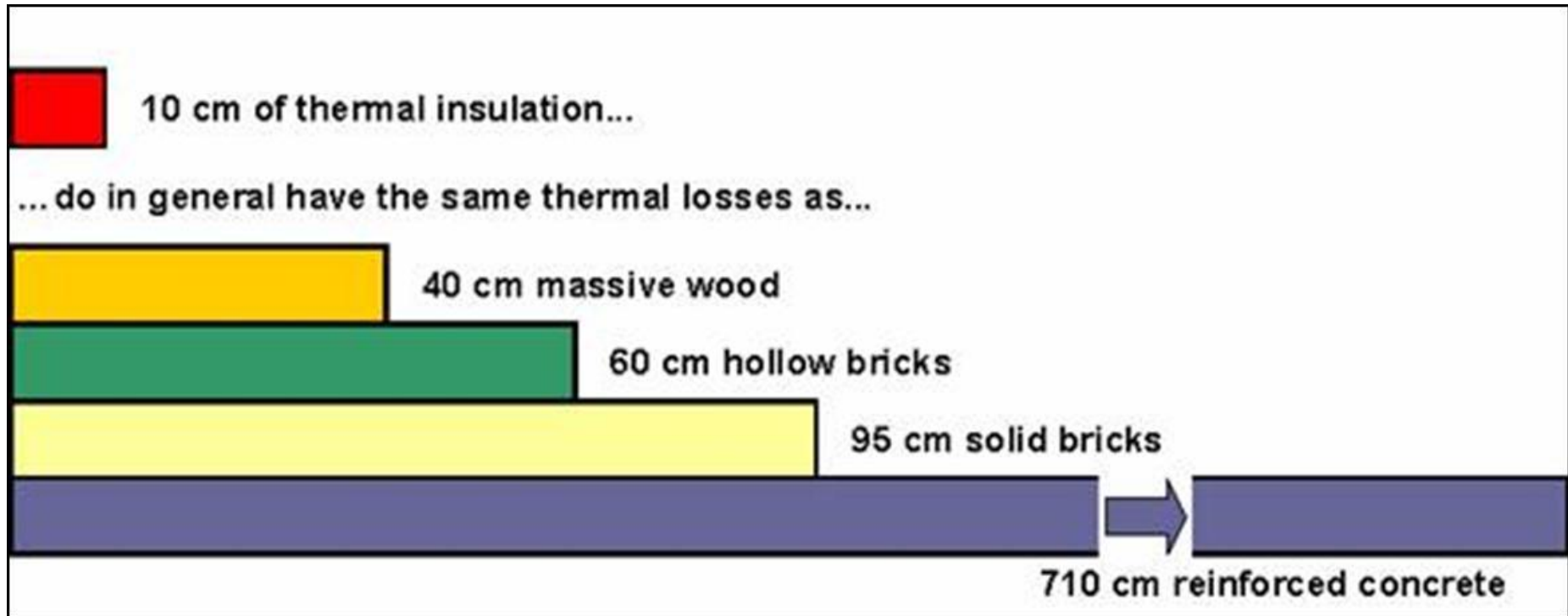


# Izgube v hišah

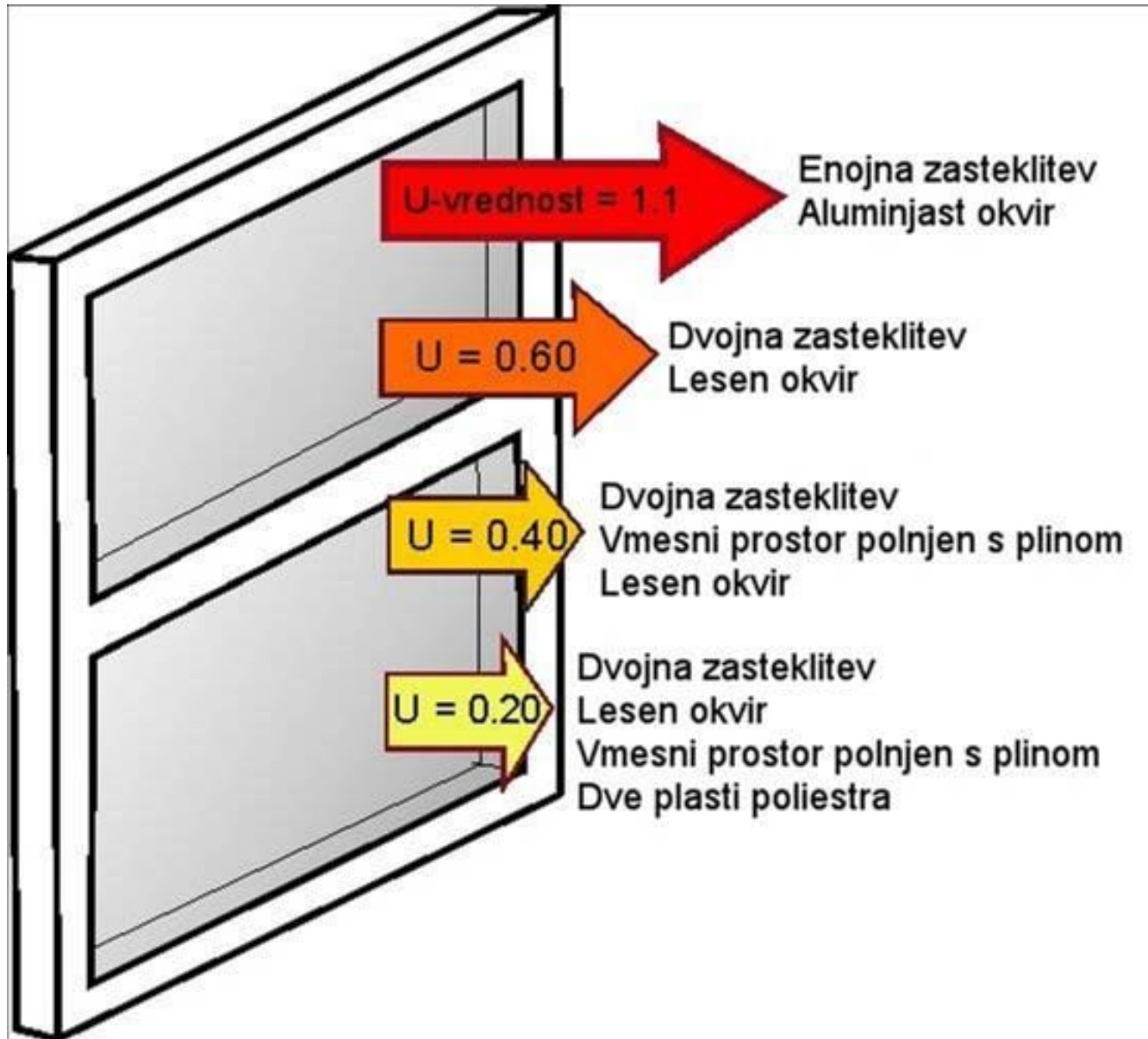
## Poraba električne energije v gospodinjstvih



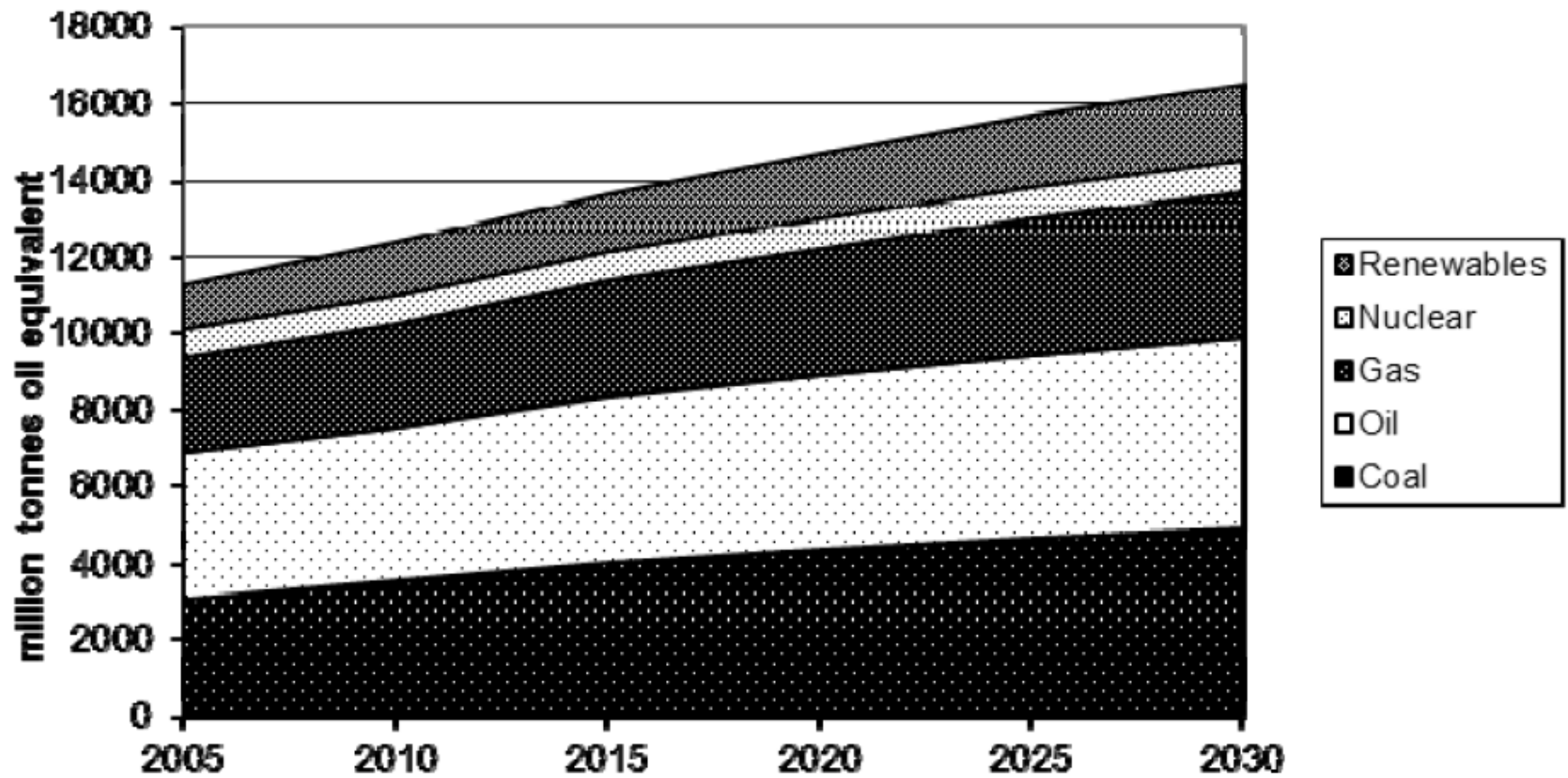
# Izolacija zidov



# Okna in prezračevanje



# Pregled energetike – svetovna primarna energija



# Internetne strani

- <http://www.hydroquebec.com/learning/transport/parcours.html>