



# ***PROBLEM OPSKRBE ENERGIJOM I KLASIFIKACIJA OBLIKA ENERGIJE***



## Važnost energije

- ENERGIJA-osnova današnjeg visoko tehnički razvijenog svijeta
- Važnost energije je sve veća obzirom na:
  - Porast broja stanovnika na zemlji
  - Iskorištavanje energije u stalnom porastu
  - Potrebna ulaganja i proizvodnja opreme za postrojenja
  - Dodatne komplikacije jer su resursi nejednako raspodijeljeni
- Dio potreba u budućnosti će biti moguće zadovoljiti nuklearnom energijom
- Sadašnje potrebe se još uvijek podmiruju korištenjem fosilnih goriva
- Resursi su ograničeni pa ih treba trošiti razumno i obazrivo



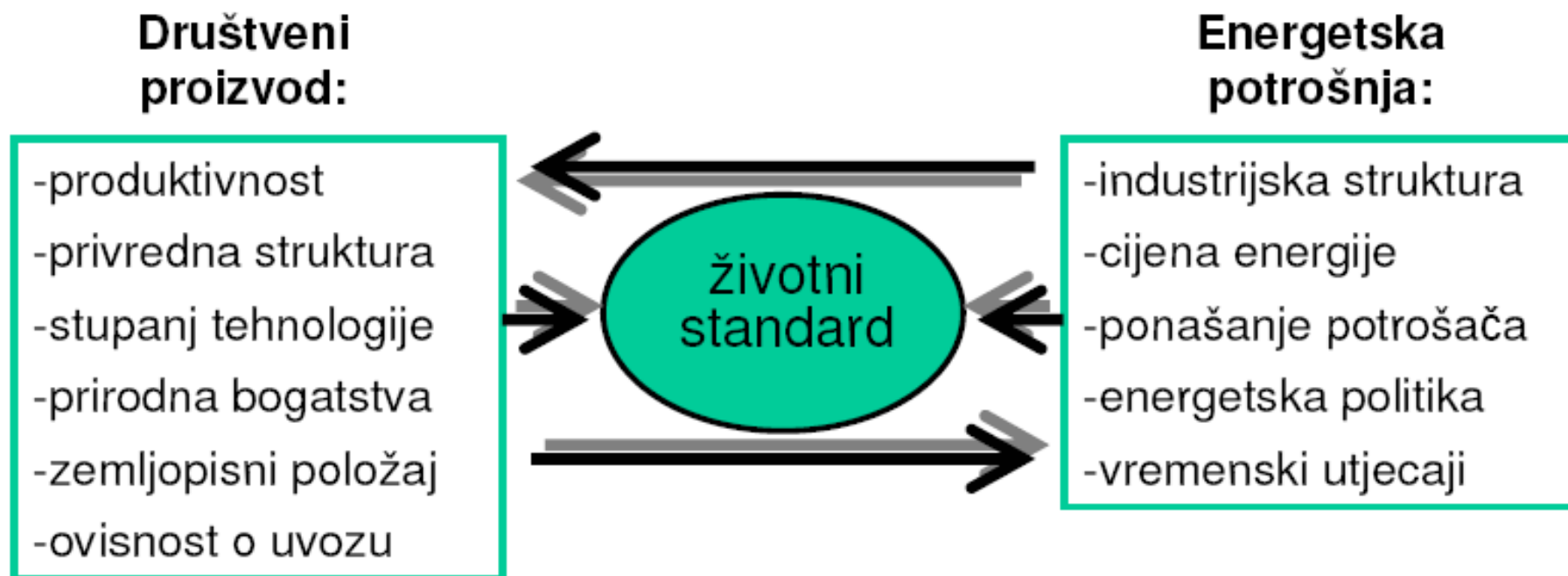
## Važnost energije

- Za očuvanje sadašnjeg stepena razvoja civilizacije smatra se da su presudna dva faktora i to:
  - **Izbjeći iscrpljivanje postojećih resursa koji nisu obnovljivi**
  - **Spriječiti onečišćenje**
- Problem čuvanja materijalnih rezervi se svodi na problem opskrbljenosti energijom
  - Npr za prečišćavanje zraka potrebna je energija
  - Za dobivanje veće količine pitke vode- desalinizacija-potrebna energija
  - Povećanje proizvodnje u poljoprivredi- potrebna energija (za natapanje i proizvodnju umjetnih gnojiva i sl)

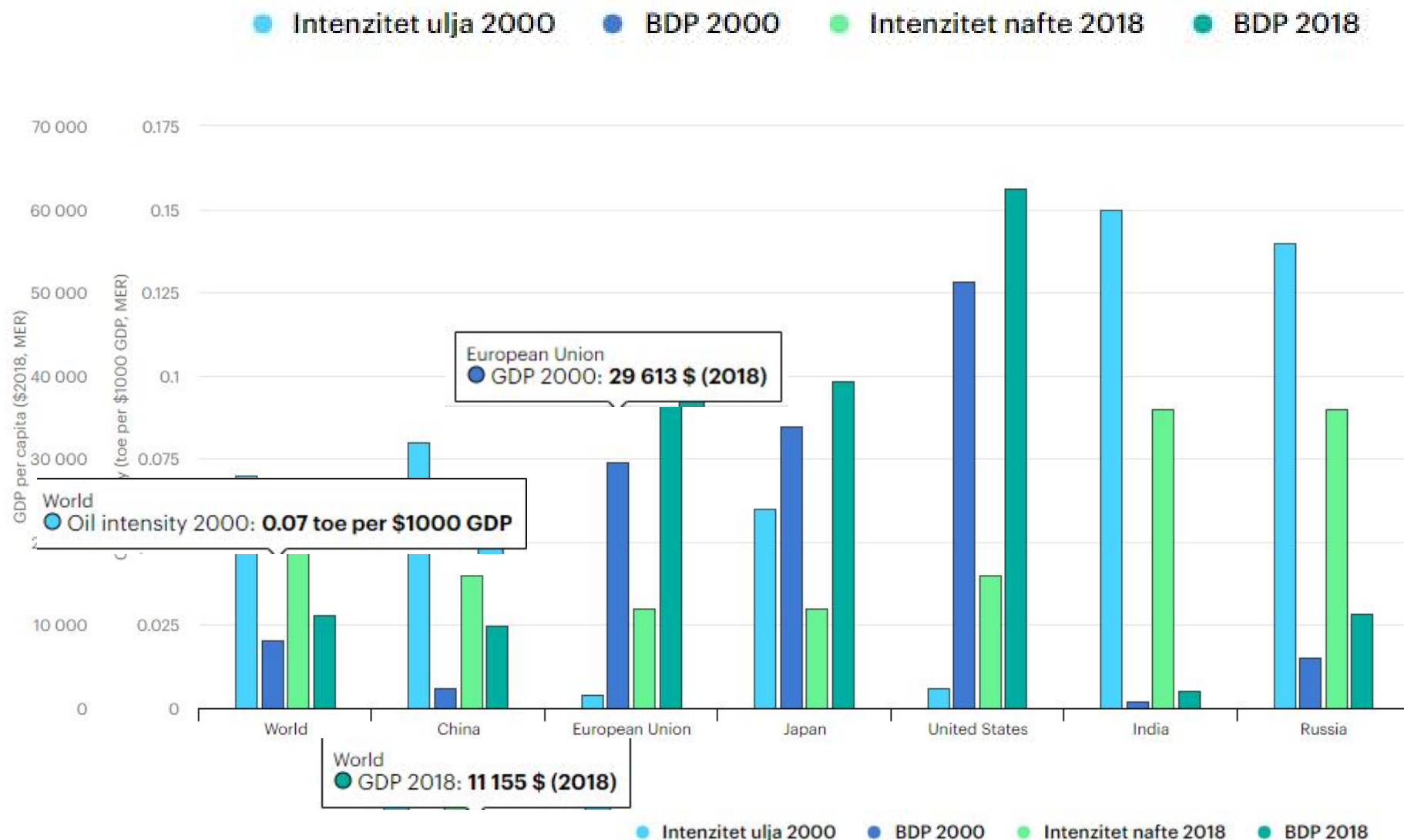


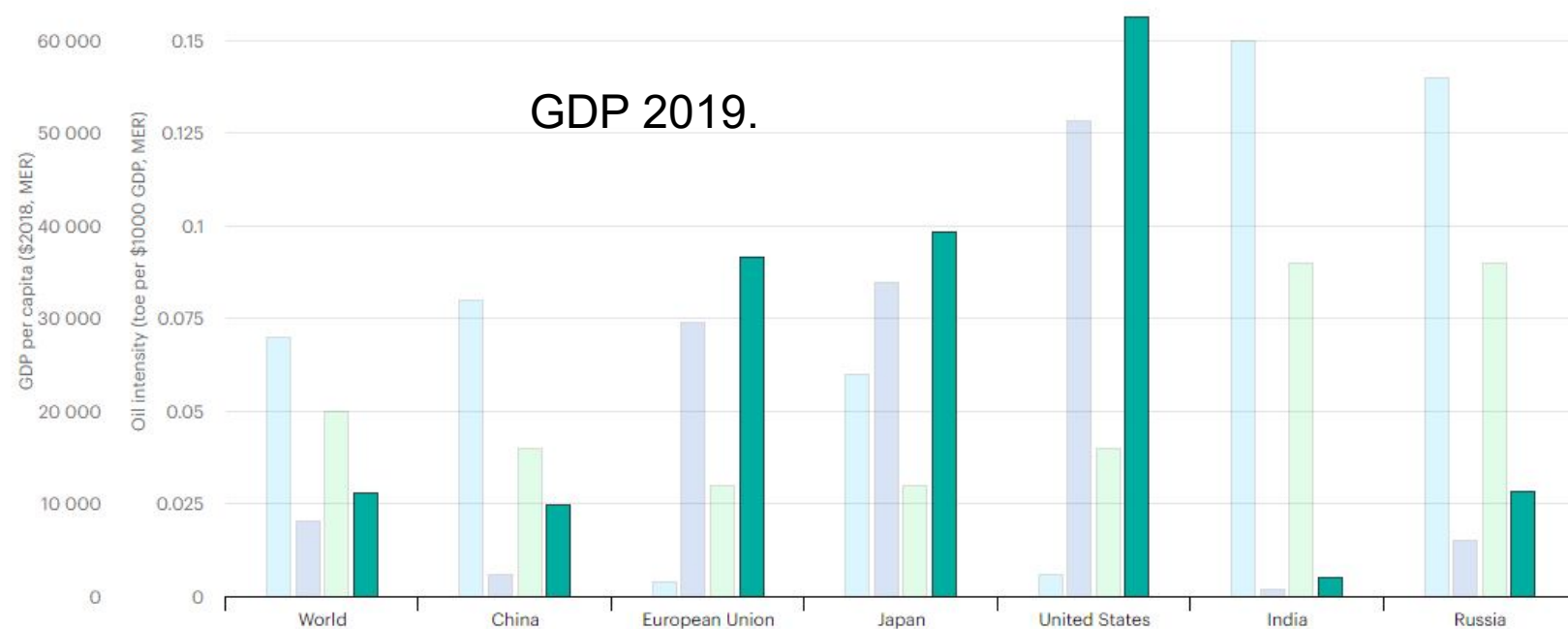
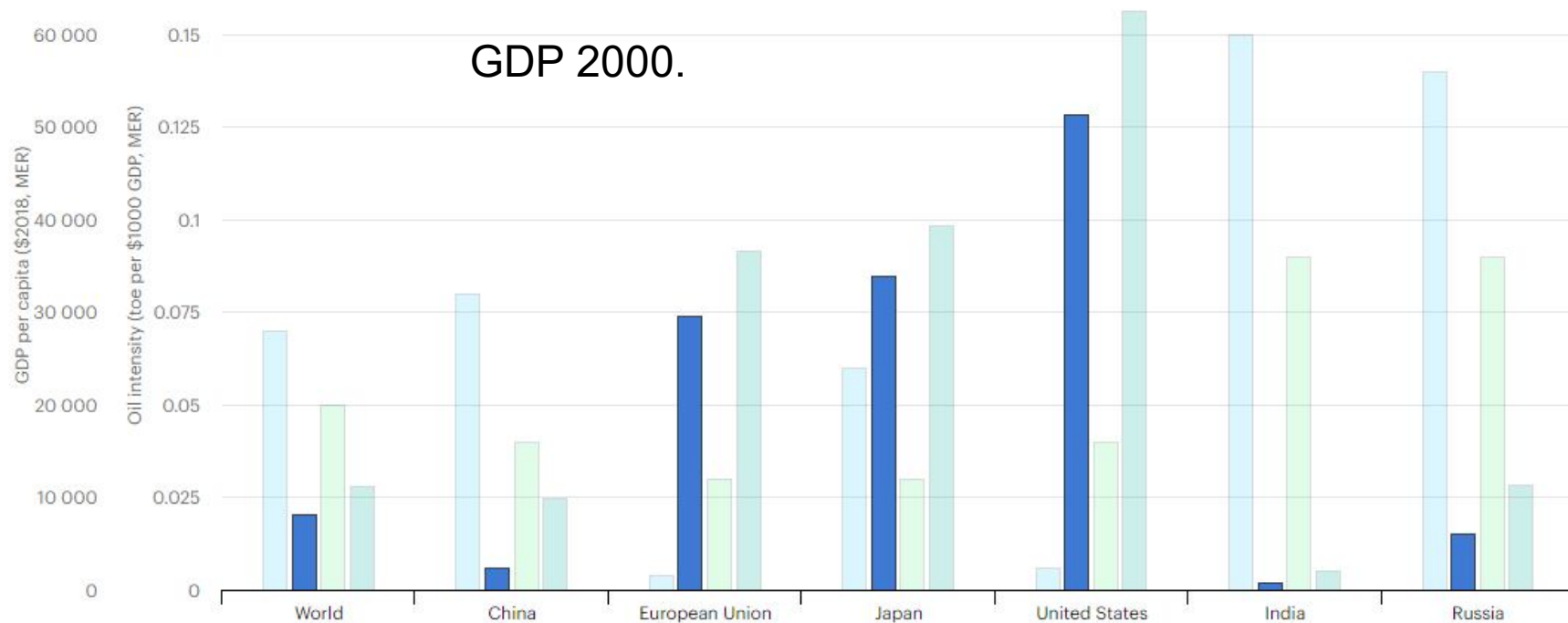
- Problem opskrbe energijom dolazi do izražaja u vrijeme ratova, političkih kriza
  - Razlozi:-nedovoljna opskrbljenost energijom za vrijeme rata i u vrijeme neposredno nakon rata
  - Povezanost između potrošnje energije i industrijske proizvodnje- posebno teška industrija
  - Opskrba je uzrok međunarodne trgovine gorivima pa utiče na bilans deviznih sredstava- to je važno ako zemlja nema konvertibilnu nacionalnu valutu

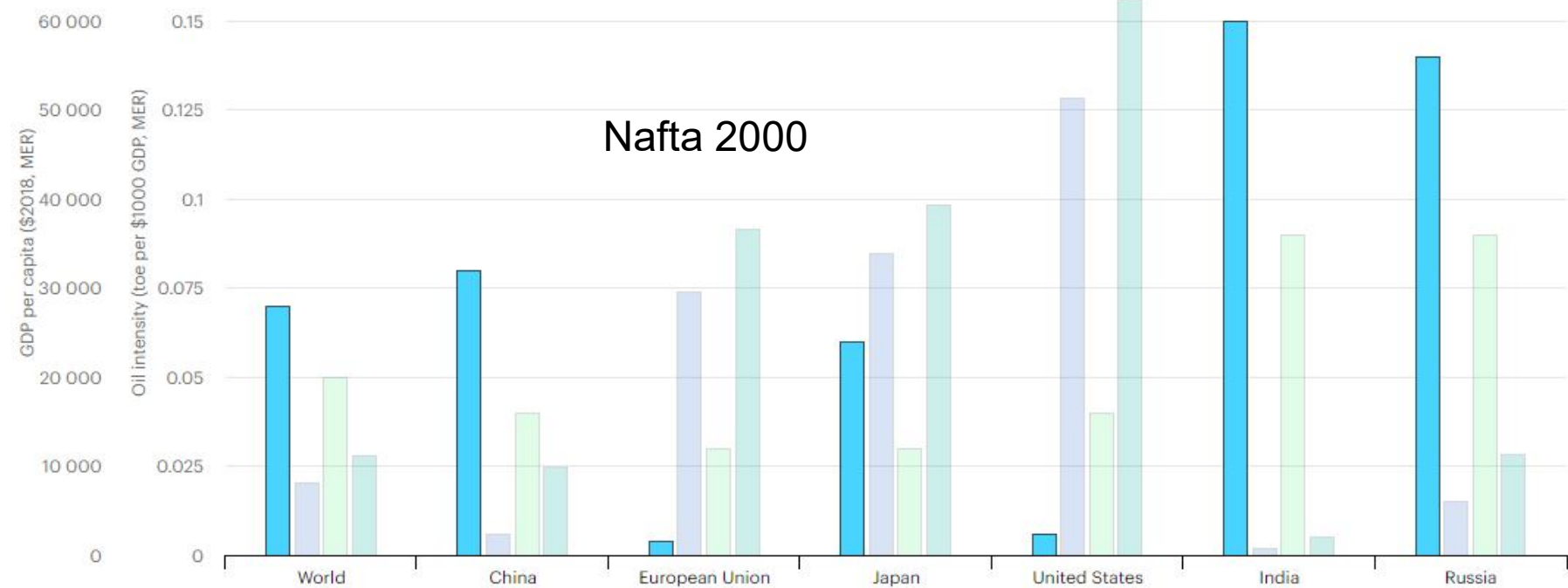
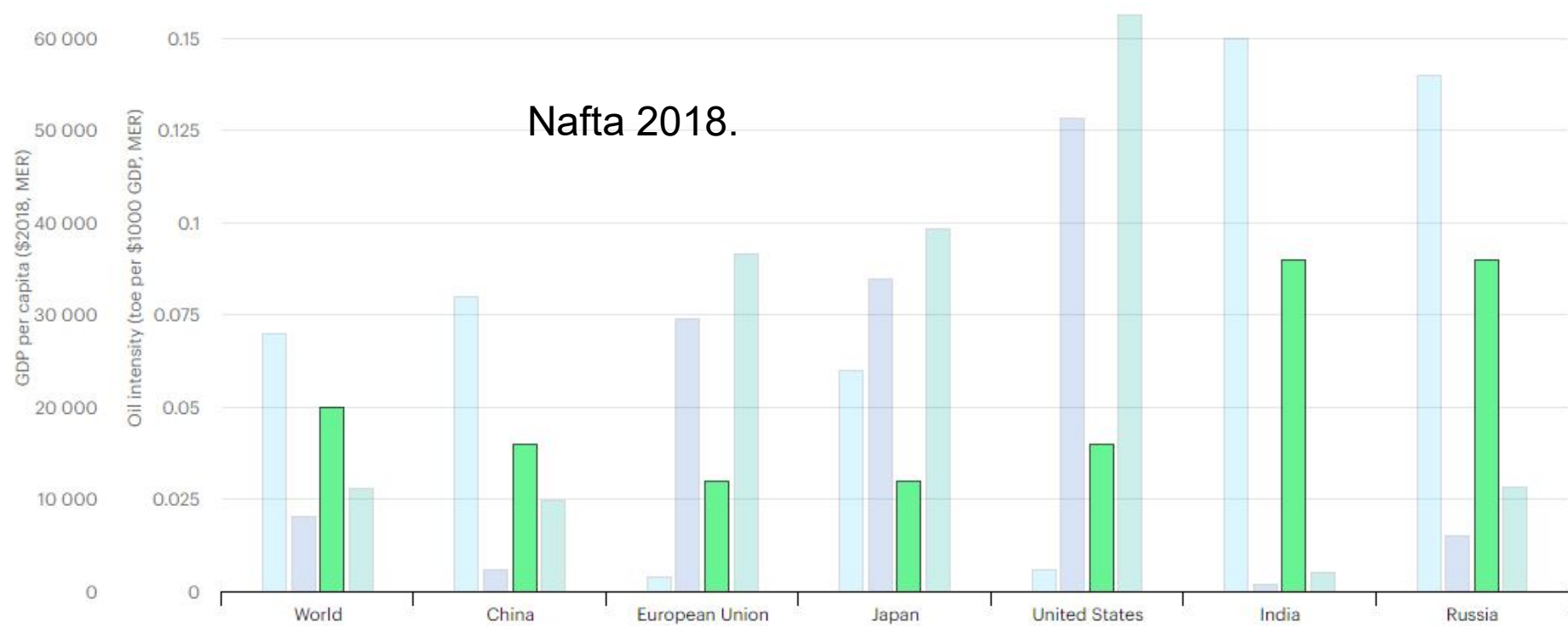
## ***Faktori koji imaju utjecaj na društveni proizvod i na potrošnju energije***



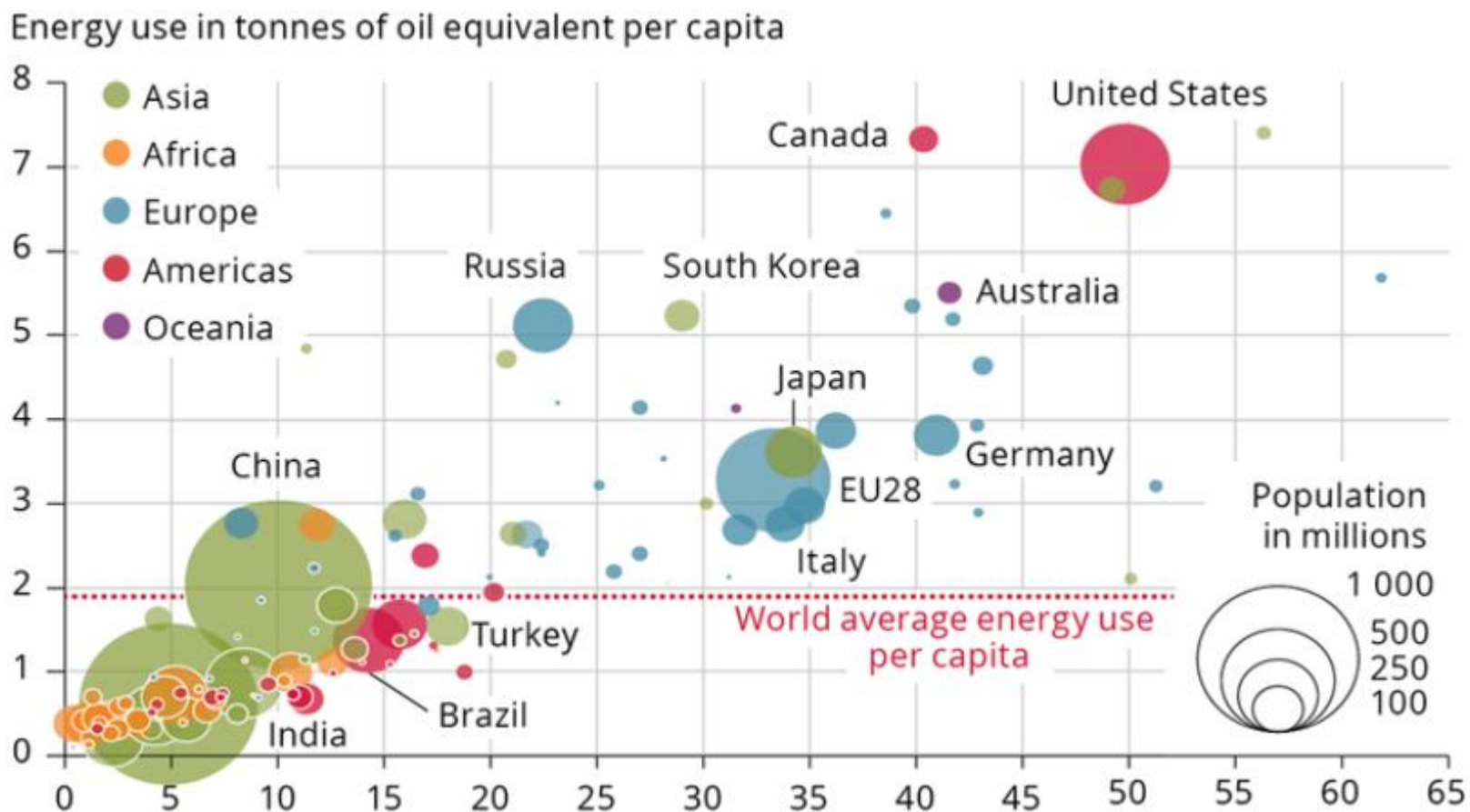
## Trendovi potrošnje nafte i GDP/glavi stanovnika, 2000-2018





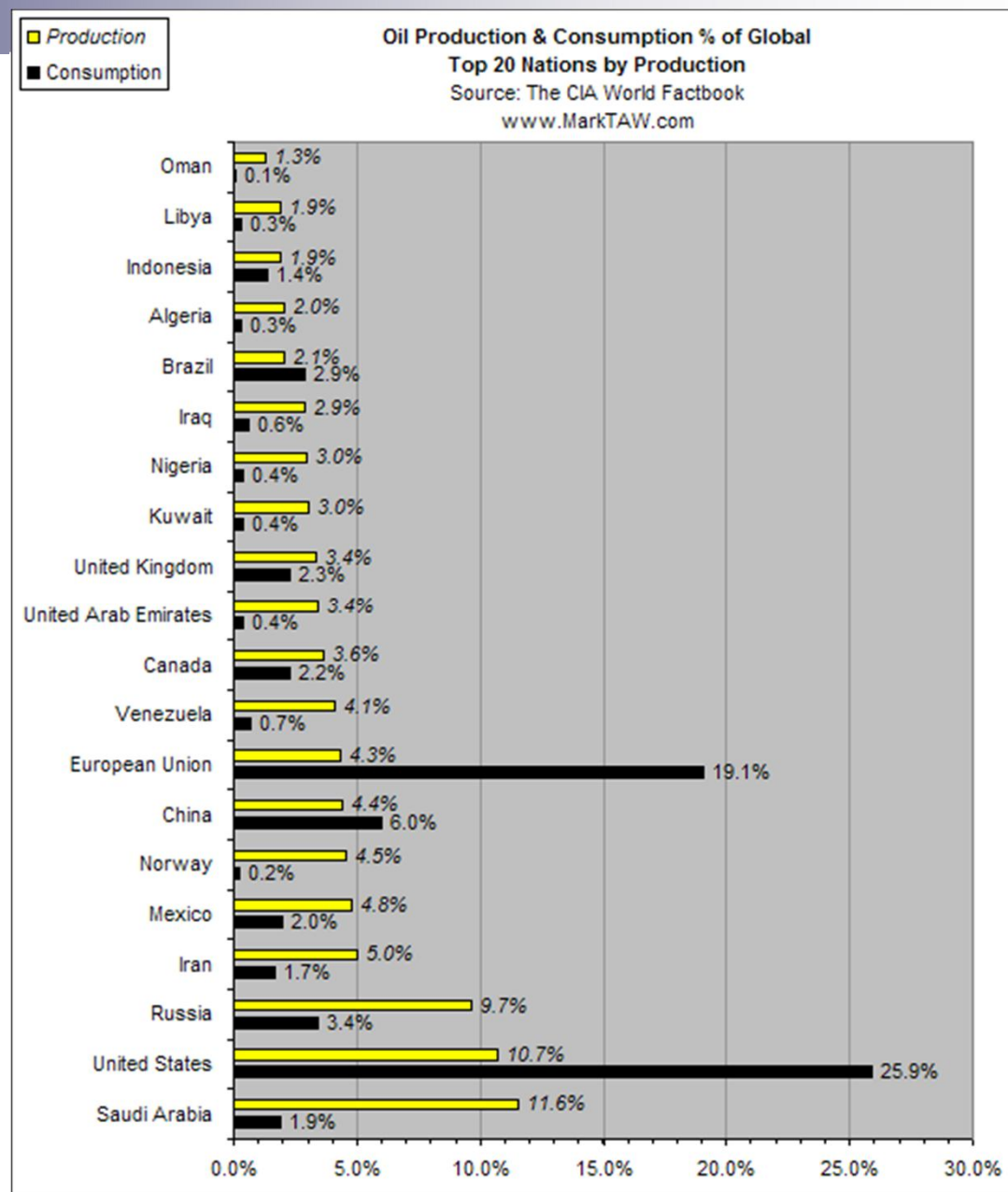






Zadnja izmjena napravljenja 2016. godine, dostupno na:  
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/correlation-of-per-capita-energy>

## ***Najveći svjetski proizvođači i potrošači nafte***

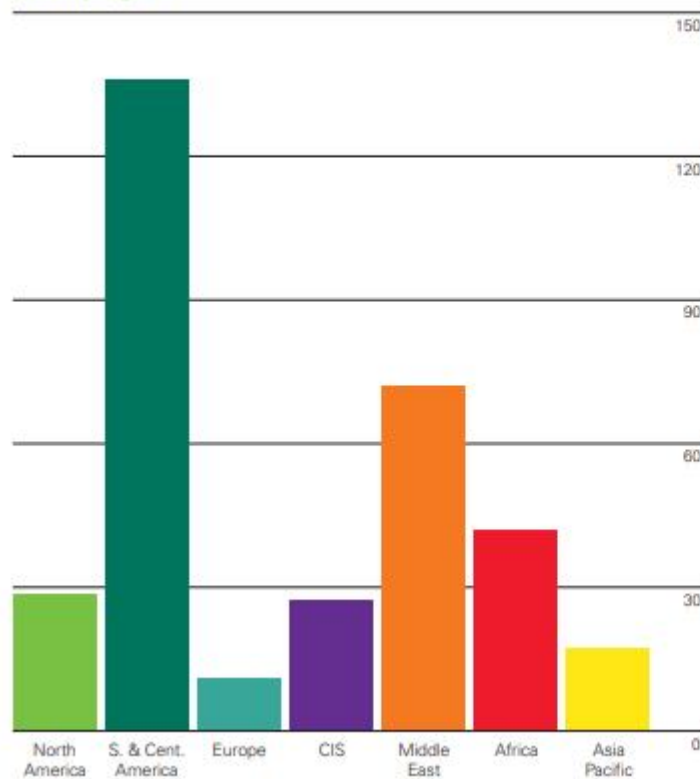




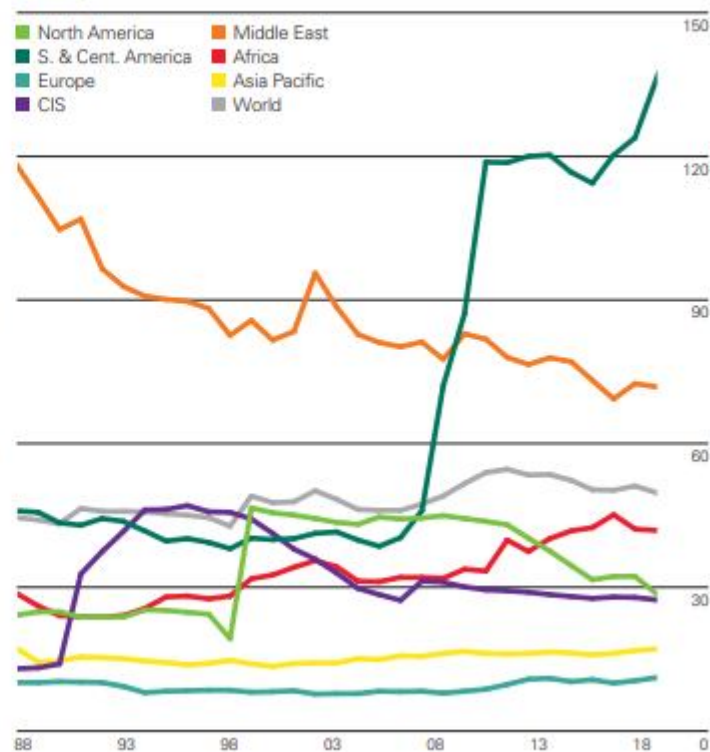
## Reserves-to-production (R/P) ratios

Years

### 2018 by region



### History

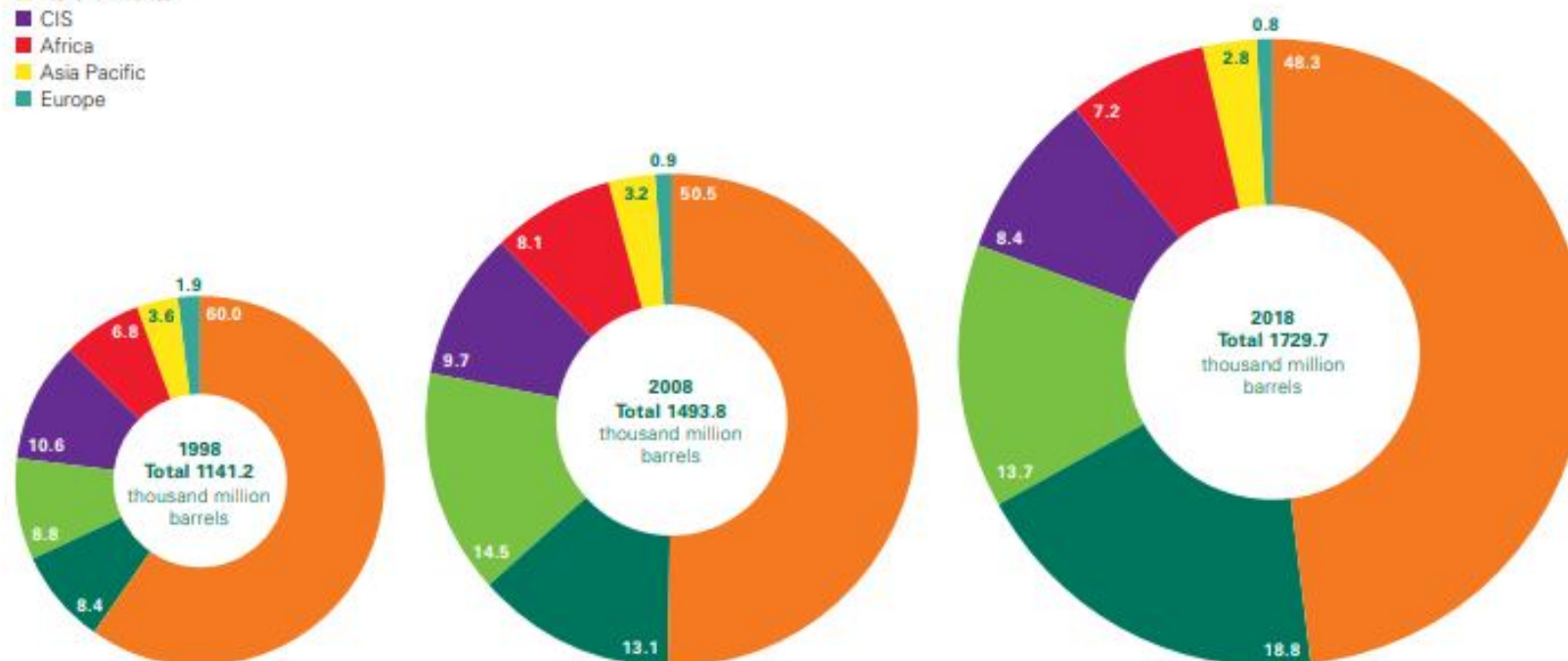


Odnos rezervi i proizvodnje nafte po regijama

## Distribution of proved reserves in 1998, 2008 and 2018

Percentage

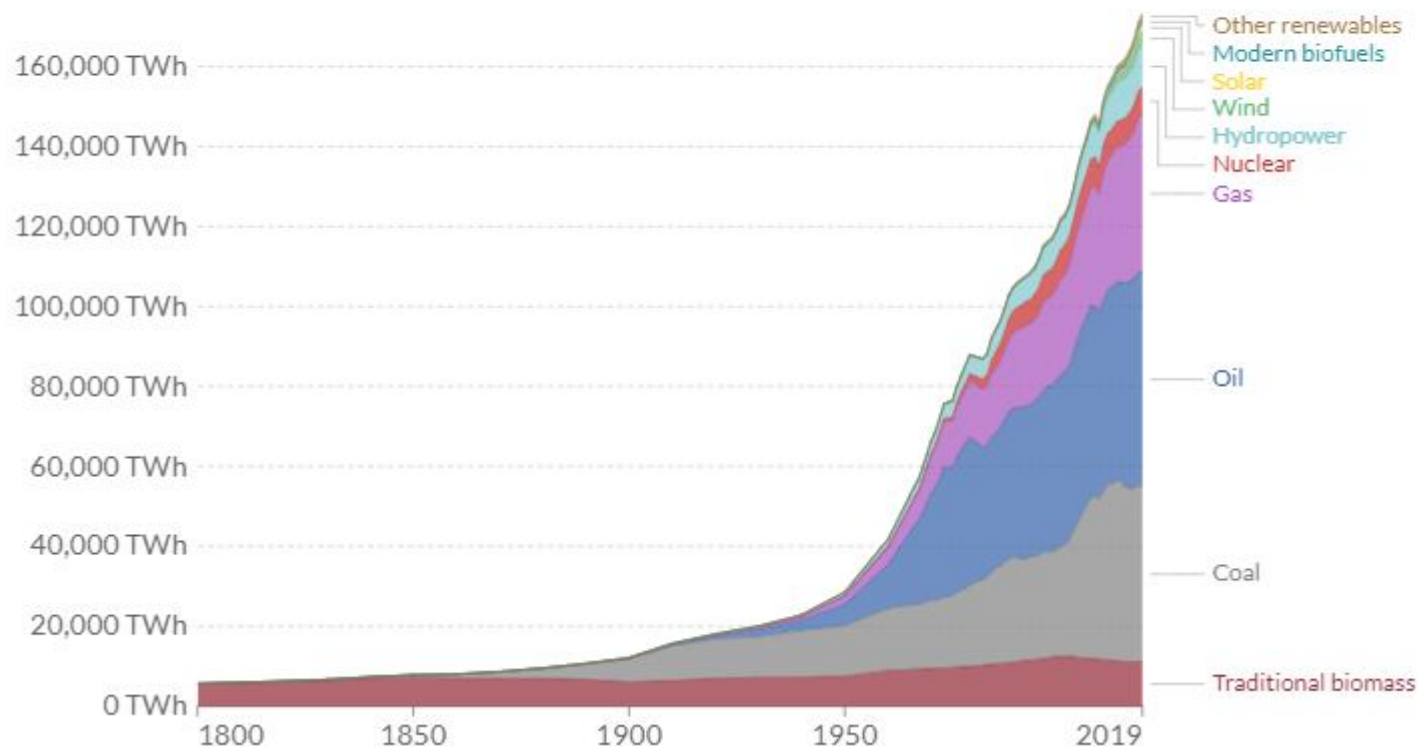
- Middle East
- S. & Cent. America
- North America
- CIS
- Africa
- Asia Pacific
- Europe



Raspodjela dokazanih rezervi nafte

Primarna energija se izračunava na temelju 'metode zamjene' koja uzima u obzir neučinkovitost u proizvodnji fosilnih goriva pretvaranjem nefosilne energije u potrebne energetske inpute ako su imali iste gubitke pretvorbe kao i fosilna goriva.

□ Relativno



Povećanje  
potrošnje u  
posljednjih pola  
stoljeća, za 8 puta  
od 1950.,

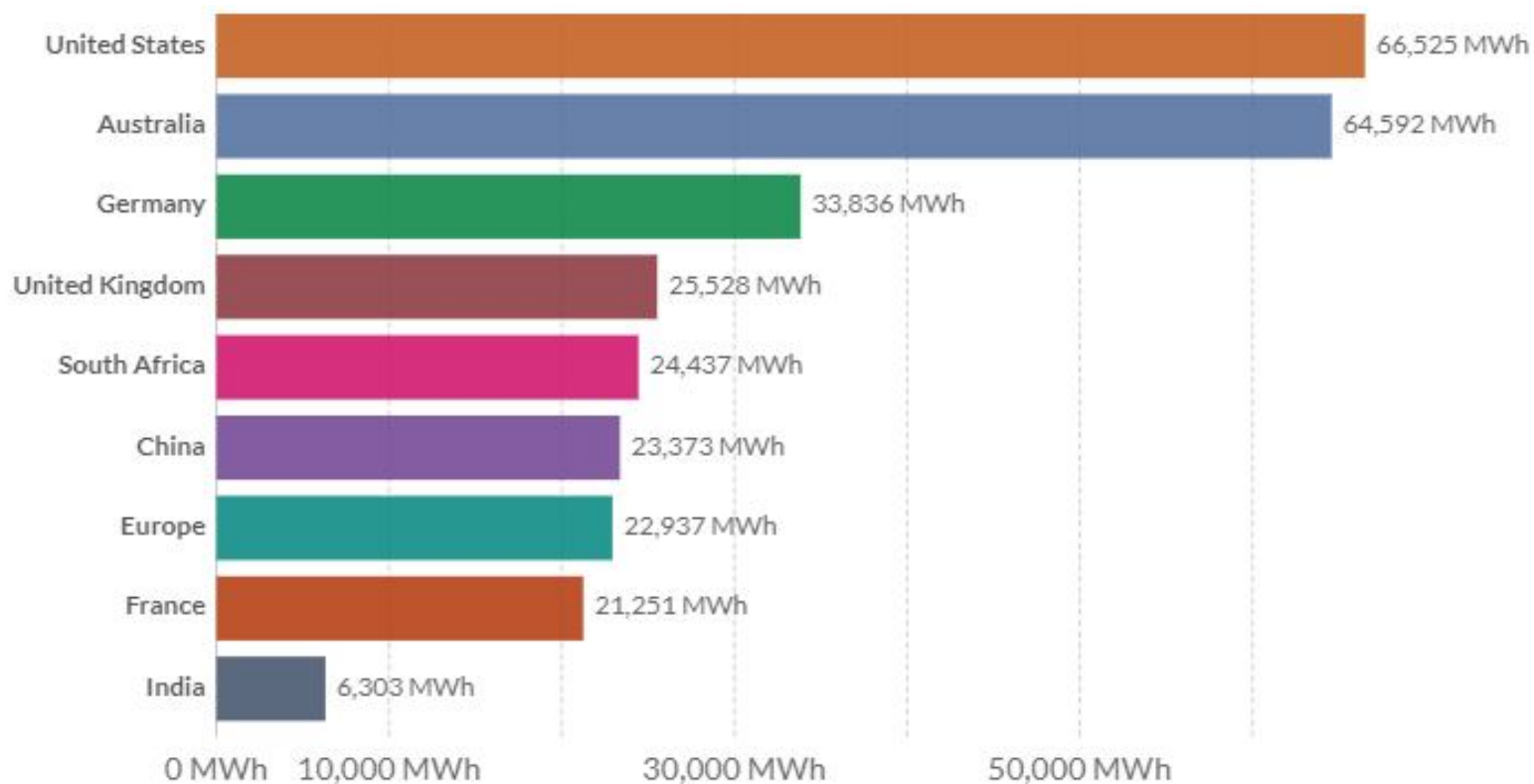
Udvostručila se  
od 1980.  
Vrste goriva na  
koje se oslanjamo  
također su se  
promijenile

Danas potrošnja  
ugljena u mnogim  
dijelovima svijeta  
opada.

Ali nafta i plin i  
dalje brzo rastu.

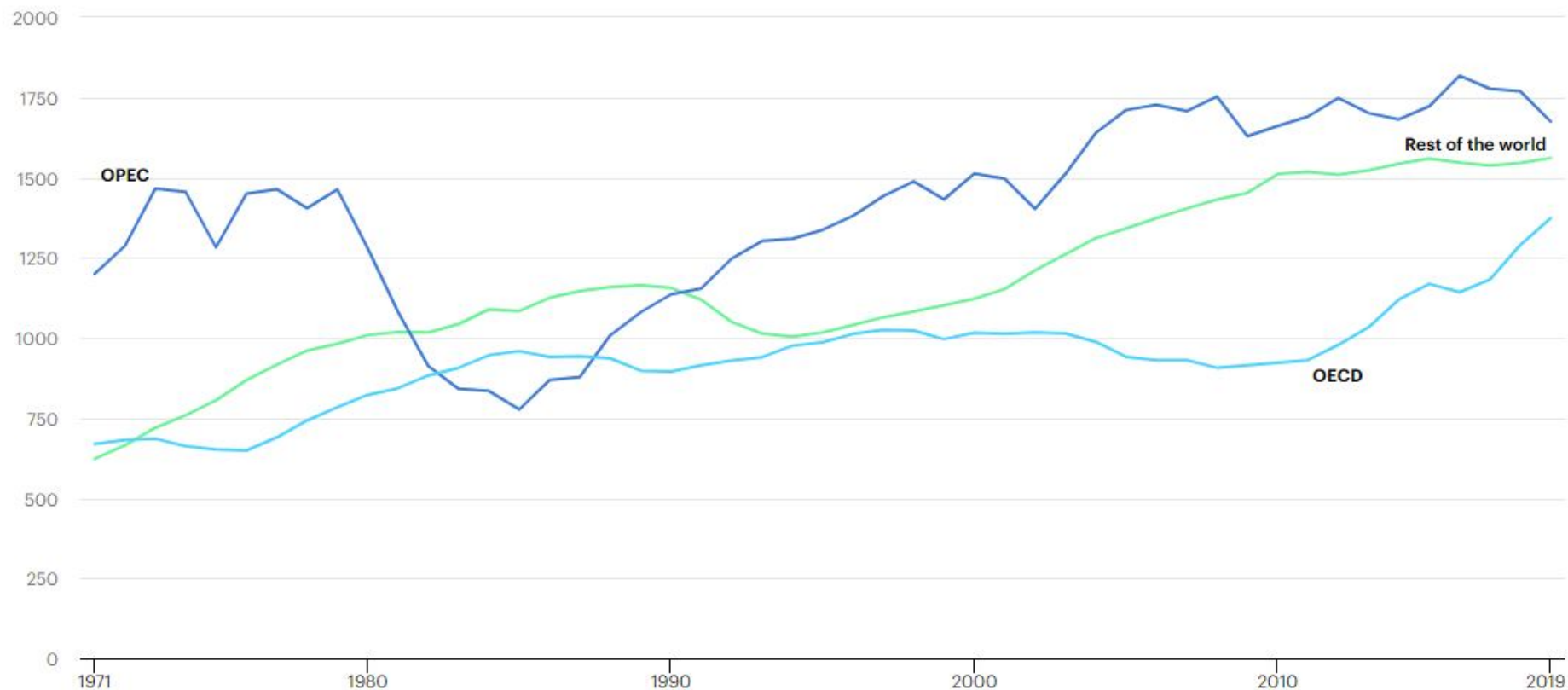
<https://ourworldindata.org/energy-mix>

Interaktivna karta globalne potrošnje fosilnih goriva podijeljenu  
na ugljen, naftu i plin od 1800. godine.



Potrošnja fosilnih goriva po glavi stanovnika u 2019. godini

million tonnes



Porast svjetske proizvodnje nafte – dolazi iz SAD-a gdje je proizvodnja porasla za 10,9% u odnosu na 2018.

Sjedinjene Države ostale su najveći svjetski proizvođač, a slijedile su ih Ruska Federacija, Saudijska Arabija, Kanada i Irak.

Narodna Republika Kina pretekla je Iran kao šestog najvećeg svjetskog proizvođača, jer je proizvodnja u Iranu pala za 29% u 2019.

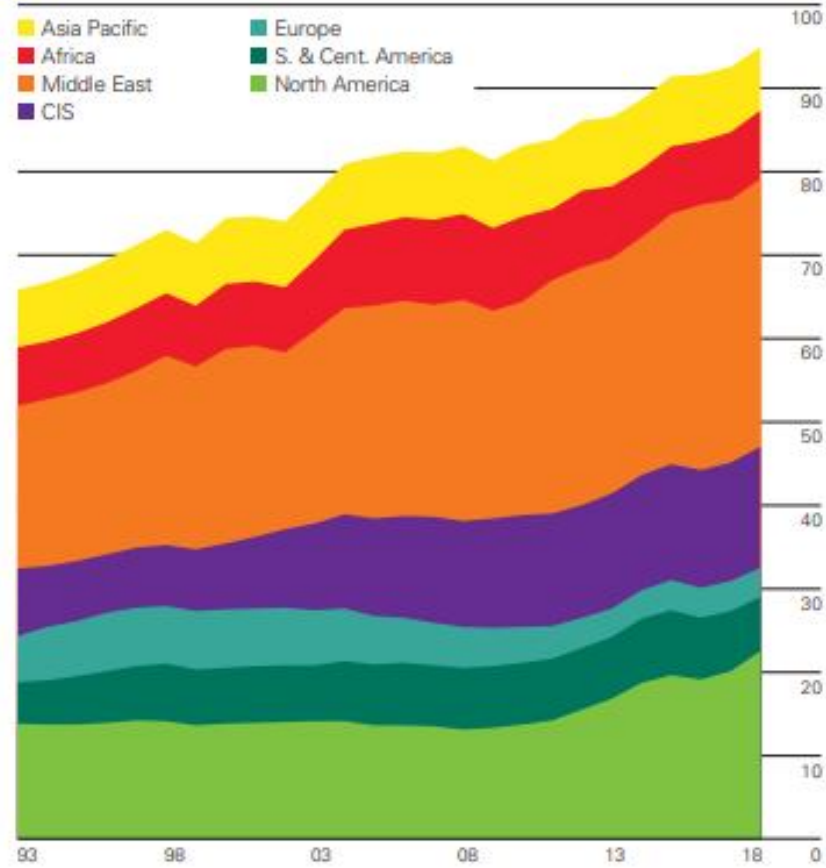
Saudijska Arabija bila je drugi najveći svjetski proizvođač u 2019.)





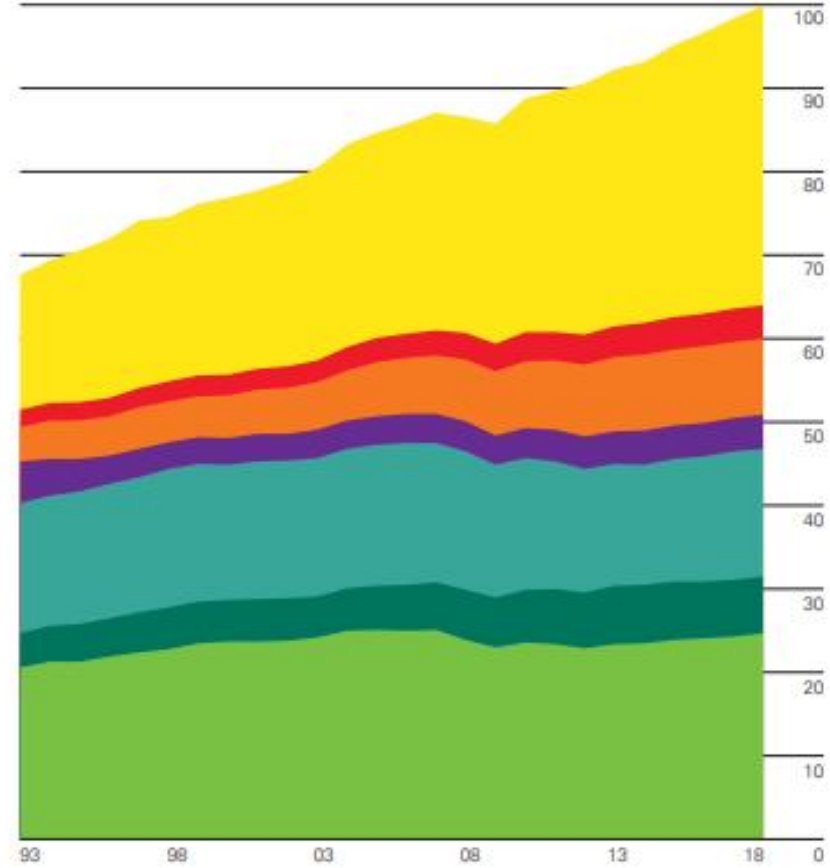
### Oil: Production by region

Million barrels daily



### Oil: Consumption by region

Million barrels daily





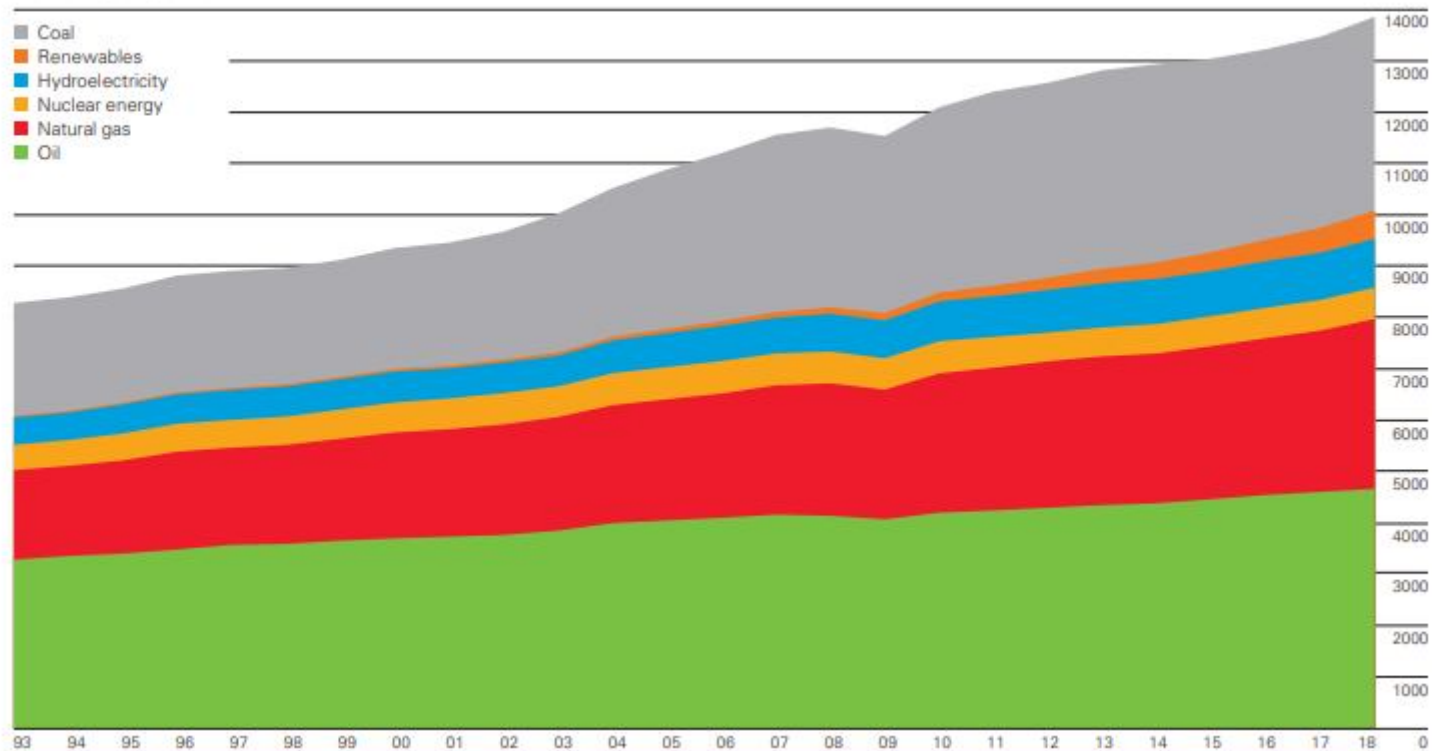


- Globalna proizvodnja nafte porasla je za 2,2 milijuna b / d u 2018.
- Rast je bio snažno koncentriran u SAD-u (2,2 milijuna b / d), Kanadi (410 000 b / d) i Saudijskoj Arabiji (390 000 b / d) dok je proizvodnja nafte naglo opala u Venezueli (-580.000 b / d) i Iranu (-310.000 b / d).
- Proizvodnja OPEC-a smanjila se za 330 000 b / d, dok se proizvodnja izvan OPEC-a povećala za 2,6 milijuna b / d.
- Potrošnja nafte u 2018. porasla je za iznadprosječno 1,4 milijuna b / d.
- Većinu toga činili su Kina (680 000 b / d) i SAD (500 000 b / d) rast godine.

# Pregled potrošnje primarne energije

## World consumption

Million tonnes oil equivalent



## Globalna potrošnja

2018	2017
<p>Globalna potrošnja energije porasla je za 2,9% u 2018.</p> <p>Rast je bio najjači od 2010. godine i gotovo dvostruko veći od desetogodišnjeg prosjeka.</p> <p>Povećala se potražnja za svim gorivima ali je rast bio posebno snažan u slučaju plina (168 mtoe, što čini 43% globalnog porasta) i obnovljivih izvora (71 mtoe, 18% globalnog povećanja).</p> <p>U OECD-a, potražnja za energijom povećala se za 82 mtoe zahvaljujući jakom rastu potražnje za plinom (70 mtoe).</p> <p>U zemljama koje nisu članice OECD-a, rast potražnje za energijom (308 mtoe) bio je veći ravnomjerno raspoređeni s plinom (98 mtoe), ugljenom (85 mtoe) i naftom (47 mtoe) što čini najveći dio rasta.</p>	<p>Svjetska potrošnja primarne energije porasla je za 2,2% u 2017., s 1,2% u 2016. i najviša od 2013.</p> <p>Rast je bio ispod prosjeka u azijsko-pacifičkom području, na Bliskom istoku i S. &amp; Cent. Americi, ali natprosječno u ostalim regijama.</p> <p>Sva su goriva, osim ugljena i hidroelektrične energije, rasla natprosječnim stopama.</p> <p>Najveći jplin prirast potrošnji energije e bio prirodni -na 83 milijuna tona naftnog ekvivalenta (mtoe), nakon čega slijede obnovljivi izvori energije (69 mtoe) i nafta (65 mtoe)</p>



## Šta se desilo u 2020. u EU?

- 2020. bila je prekretnica kada je obnovljiva električna energija prvi put u Europi pretekla fosilnu električnu energiju .
- Obnovljivi izvori energije pretekli su fosilna goriva kao glavni izvor energije u EU-u 2020
- Vjetar i solarna energija proizveli su petinu (19,6%) električne energije u Europi 2020. godine; to je dvostruko više od globalnog prosjeka (9,7%).
- Proizvodnja ugljena je gotovo upola (-48%) od razine prije pet godina

## Osnovna podjela


- Pojam: energija je sposobnost vršenja rada
- Energija se javlja u dva osnovna oblika i to:
  - u akumuliranom ili nagomilanom obliku i
  - u prelaznom obliku koji se javlja samo kada akumulirani oblik energije prelazi sa jednog tijela na drugo.

### Nagomilana energija

- ❖ ***akumulirana u materiji ( $E_N$ )***
  - *energija položaja (potencijalna)*
  - *energija kretanja (kinetička)*
  - *unutarnja energija*

### Prijelazna energija

- ***vezana uz proces ( $E_P$ )***
- *kratkotrajna, pojavljuje se prijelazom oblika nagomilane energije s jednog tijela na drugo*
  - *rad ( $W$ )*
  - *toplina ( $Q$ )*
  - *zračenje ( $X$ )*

- 
- U nagomilane oblike energije ubrajamo: potencijalnu, kinetičku, i unutrašnju energiju.
  - Unutrašnja energija je koncentrisana na razini molekula i atoma.
  - **Unutrašnja energija na nivou molekula se obično naziva unutrašnja kalorijska energija**
  - **Unutrašnja energija na razini atoma je hemijska** jer se mijenja promjenom hemijskog spoja –IZGARANJE
  - **Unutrašnja energija na nivou jezgara nazivano unutrašnjom nuklearnom energijom** kod koje razlikujemo energiju fuzije i energiju fisije.



- **Potencijalna i kinetička** energija se mogu nagomilati ne samo u tijelima kao cjelini već i u njihovim najmanjim sastavnim dijelovima
  - Molekule plinova su u stalnom gibanju- među njima djeluje privlačne i odbojne sile- postoji potencijalna energija
  - Kretanjem se potencijalne energije transformišu u kinetičke energije molekula, a nakon sudara opet u potencijalne energije
  - I među atomima djeluju sile-postoji poseban oblik energije kojem se iznos mijenja sa promjenom spoja

- Mehanički rad- energija: pri pretvorbi kinetičke energije zamašnjaka u potencijalnu energiju utega – je **prelazna energija**

$$W = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2$$

I moment inercije zamašnjaka,  
 $\omega$ - ugaona brzina

- Pri dizanju utega obavlja se mehanički rad

$$dW = m \cdot g \cdot dh$$

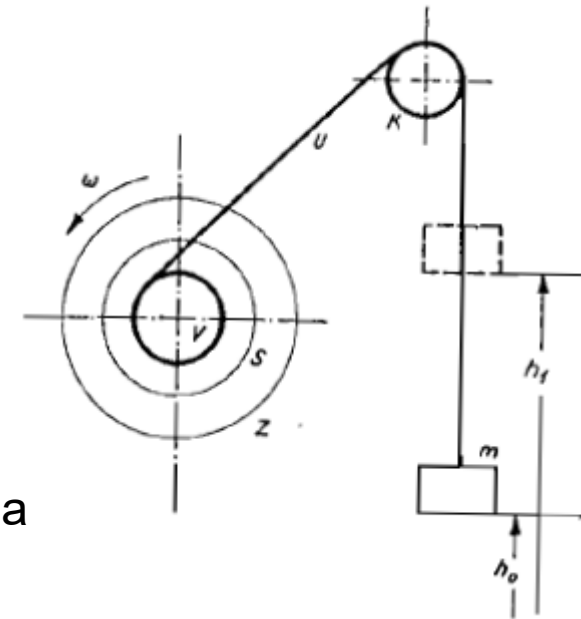
Potencijalna energija se povećala

$$dW = I \omega d\omega$$


Kinetička energija se smanjila

- Transformacija se prikazuje relacijom

$$W = \frac{1}{2} \cdot I \cdot (\omega_0^2 - \omega_1^2) = m \cdot g \cdot (h_1 - h_0)$$





- 
- Kinetička energija najprije transformirana u mehaničku za podizanje utega pa je onda postepeno pretvarana u potencijalnu energiju
  - **Mehanička energija je energija u prelazu** iskorištava se istodobno kad se i javlja
  - **Električna energija je energija u prelazu**
    - Ako je remen spojen sa električnim motorom umjesto zamašnjaka
    - Motor preuzima električnu energiju iz mreže i ona u njemu pokreće remen a ono preko užeta podiže teg
    - Električna energija koja se proizvodi u elektrani u trenutku korištenja=prelazna energija
  - **Toplina energija u prelazu:** prelazi od plinova izgaranja na radnu tvar (u parnom kotlu), od plinova izgaranja na zrak u prostoriji (za grijanje), od radne materije na rashladnu vodu (kondenzator parne turbine),.

- **Snaga** – brzina iskorištavanja energije ili brzina transformacije energije iz jednog oblika u drugi:

$$P = \frac{dW}{dt}$$

- **U slučaju mehaničkog rada** (gibanja tijela po nekom putu) razvija se snaga:

$$P = \frac{d}{dt} (F \cdot ds \cdot \cos \alpha) = F \cdot \frac{ds \cdot \cos \alpha}{dt} = F \cdot v_{\alpha}$$

- $v_{\alpha}$  - komponenta brzine u smjeru gibanja
- Iz izraza **za potencijalnu energiju snaga** se računa kao:

$$P = \frac{d}{dt} (m \cdot g \cdot h) = m \cdot g \cdot \frac{dh}{dt} = m \cdot g^2 \cdot t$$

- Snaga je funkcija vremena, mase i ubrzanja.

## **Jedinice mjere- Metričke jedinice -prema (SI) sistemu:**

- **Energija – [J] (Joule):** rad koji izvrši sila od 1 N kad se njeno hvatište pomjeri za 1 m

$$1 [J] = 1 [Nm]$$

$$1 [N] = 1 [kgm/s^2]$$

$$1 [J] = 1 [kgm^2/s^2]$$



- **Snaga – [W] (Watt):**

$$1 [W] = 1 [J/s]$$

$$1 [J] = 1 [Ws]$$

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

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



*Tehnički sistem jedinica razvijen je uglavnom u domenu mašinstva a polazi od osnovnih jedinica i to:*

- Dužina -metar m
- Vrijeme -sekunda s
- Sila -kilopond kp (sila koja tijelu mase 1 kg daje ubrzanje od  $g=9.80665ms^{-2}$ , tj  $1 kp = 9.80655 N$ )



## Metričke jedinice

*U termodinamici se razvio poseban sistem jedinica koji je kombinacija tehničkog sistema i dviju osnovnih jedinica nauke o toplini:*

- kalorija- cal- jedinica za količinu toplote
- Kelvin K- jedinica za mjerenje temperature
- **Vrlo često se u literaturi koristi pojam kalorija 15 stupnja: definisana je kao energija potrebna da se 1 g vode pri normalnom atmosferskom pritisku zagrije od 14,5 do 15,5 °C.**
- *U Velikoj Britaniji i Americi u upotrebi su angloamerički sistemi jedinica.*

*Stare oznake za snagu – [KS] (konjska snaga):*

$$1 \text{ [KS]} = 735.499 \text{ [W]}$$

$$1 \text{ [kW]} = 1.3596 \text{ [KS]}$$

*Tablica konverzije za dužine:*

1 BTU=1055 Ws	1 inch (in.) = 25.4001 mm	1 millimeter = 0.03937 in.
	1 foot (ft.) = 0.304801 m	1 meter = 3.28083 ft.
	1 yarde (yd.) = 0.914402 m	1 meter = 1.093611 yd.
	1 rod (rd.) = 5.02921 m	1 meter = 0.198838 rd.
	1 mile (mi.) = 1.609347 Km	1 Kilometer = 0.621370 mi



## *Klasifikacija oblika energije*

Uobičajena je podjela na: primarni, transformirani i korisni oblici energije

- ☐ Prirodni (**primarni**) oblici energije- nalaze se u prirodi ali se samo neki mogu upotrijebiti u prirodnom obliku
- ☐ Većinom se transformišu u neki pogodniji oblik
- ☐ **Transformisani oblik** je pogodniji za korištenje-tehnički lakša realizacija i ekonomičnost
- ☐ Potrošači trebaju tačno određeni oblik energije-toplina, mehanička energija, rasvjetna energija, hemijska energija-**korisni oblik energije**



## ***PRIMARNI OBLICI ENERGIJE***

- Od svih primarnih oblika energije samo se energija vrućih izvora može neposredno koristiti npr za grijanje prostorija
- U svim drugim slučajevima potrebna je transformacija u neki pogodniji oblik
- Pored toga smatra se da je drvo i fosilna goriva moguće neposredno iskorištavati jer se mogu dostaviti potrošaču u prirodnom obliku pa u ložištima izgaraju –hemijska se energija preko unutrašnje transformiše u toplinu



## ***Klasifikacija primarnih oblika prema uobičajenosti upotrebe***

*Prirodne oblike energije možemo podijeliti i na:*

- ***konvencionalne***
- ***nekonvencionalne***

## ***Klasifikacija primarnih oblika s obzirom na postanak***

*Goriva dijelimo na ona:*

- ***biljnog*** porijekla (ugljen, treset, drvo i biomasa)
- ***životinjskog*** porijekla (nafta, plin i uljni škriljavci)
- ***mješovitog*** porijekla (bioplin)

## Klasifikacija primarnih oblika energije prema uobičajenosti upotrebe (ranija i uobičajena podjela)

### ■ Konvencionalni

- ☐ Drvo, ugljen, treset, sirova nafta,
- ☐ Zemni plin,
- ☐ Vodne snage (potencijalna energija vodotoka)
- ☐ Nuklearna goriva
- ☐ Vrući izvori

### Nekonvencionalni

- ☐ Kinetička energija vjetra
- ☐ Potencijalna energija plime i oseke
- ☐ Toplinska energija Zemljine unutrašnjosti koja se ne pojavljuje na površini
- ☐ Sunčeva energija (neposredno korištenje)
- ☐ Toplinska energija mora
- ☐ Energija fuzije lakih atoma





## **Klasifikacija primarnih oblika prema fizikalnim svojstvima**

*Prirodne oblike energije dijelimo na nosioce:*

- **Hemijske energije:** drvo i otpaci, ugljen i treset, sirova nafta, zemni plin, uljni škriljavci, biomasa, bioplin
- **Nuklearne energije:** nuklearna goriva
- **Potencijalne energije:** vodne snage, plima i oseka
- **Kinetičke energije:** vjetar, energije struja i morskih valova
- **Toplinske energije:** geotermička, toplinska energija mora
- **Energije zračenja:** Sunčevo isijavanje



## Klasifikacija primarnih oblika energije prema obnovljivosti

### Obnovljivi primarni izvori energije

- Obnovljivi izvori su oni čiji se potencijal obnavlja u kratkom vremenu, srazmjernom vremenu korištenja.

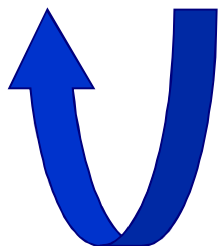
### Neobnovljivi primarni izvori energije

- Iako su i ovi izvori primarne energije obnovljivi, njihov je ciklus nastanka, cca 2 milijarde godina za fosilna goriva, značajno dulji nego što je vrijeme u kojem ćemo ih utrošiti (cca 200 godina).

## Klasifikacija primarnih oblika energije prema obnovljivosti

### ■ Obnovljivi

- ☐ Sunčevo zračenje(u užem smislu)
- ☐ Vodne snage
- ☐ Energija vjetra
- ☐ Energija plime i oseke
- ☐ Toplina mora
- ☐ Geotermalna energija



**Zemljina unutrašnja toplina** koja se pojavljuje na površini-topli izvori-praktično neiscrpna

### ■ Neobnovljivi

- ☐ Fosilna goriva
  - Nafta, zemni plin, ugljen
- ☐ Nuklearna goriva,

Geotermalna energija se smatra obnovljivom jer je svaka toplotna ekstrakcija mala u poređenju sa sadržajem toplote Zemlje.

Unutarnji toplotni sadržaj zemlje je:

**$10^{31}$**  joule =  $3 \cdot 10^{15}$  TW·hr),



## OBNOVLJIVI PRIMARNI OBLICI ENERGIJE

- OBNOVLJIVI PRIMARNI OBLICI: ne mogu se vremenom istrošiti jer su stalno Sunčevim zračenjem obnavljaju
  - Promjena atmosferskih prilika uzrokuje vjetar
  - Isparavanjem vode stvaraju se oblaci i padavine
  - Padavine se slijevaju u vodotoke
- Međutim moguće je vremenom iskoristiti neke resurse npr-pretjernom izgradnjom hidroelektrana na nekom vodotoku može potpuno obuhvatiti cjelokupna potencijalna energija vodotoka-ograničeno je korištenje vodenih snaga- može se dobiti u određenom periodu samo ograničena količina potencijalne energije tog vodotoka
- Količina energije nagomilana npr u uglju je ograničena jer će rezerve tog resursa jednog dana biti u potpunosti iskorištene



## OBNOVLJIVI PRIMARNI OBLICI ENERGIJE

- Potencijalne mogućnosti primarnih oblika energije koji se obnavljaju se mijenjanju vremenom- funkcija vremena
  - Snaga tog resursa je funkcija vremena, npr snaga vjetra je varijabilna, snaga Sunčeva zračenja je varijabilna
- Promjene snage obnovljivih resursa mogu biti:
  - **Vrlo brze** – vjetar (snaga je zavisna od  $v^3$ )
  - **Brze** – snaga plime i oseke je proporcionalna koti morske razine koje se postižu najčešće svakih 12 sati
  - **Polagane** – vodene snage su proporcionalne količini vode koja teče vodotokom- smatra se da je količina vode stalna u toku dana
  - **Vrlo polagane**: toplina mora zavisi od temperature na površini i u većim dubinama- promjene su evidentne tokom promjene godišnjih doba



## OBNOVLJIVI PRIMARNI OBLICI ENERGIJE

- Većinu obnovljivih primarnih oblika- nije moguće akumulirati: vjetar, plima i oseka Sunčevo zračenje
- Akumuliranje vodenih snaga je moguće
- Problem varijabilnosti i problem vremenskog nepoklapanja sa potrebama potrošača- moguće riješiti sa sistemima skladištenja energije- potrebna dodatna ulaganja
- Nijedan od primarnih obnovljivih oblika energije nije moguće transportovati u prirodnom obliku



## **NEOBNOVLJIVI PRIMARNI OBLICI ENERGIJE**

- Većina primarnih oblika energije koji se ne obnavljaju je moguće transportovati u prirodnom obliku- fosilna goriva, nuklearna goriva
- **Prednosti neobnovljivih primarnih izvora energije**
  - Konstantost
  - Bolja mogućnost prilagodbe potrebama, uskladištenja i transporta u prirodnom obliku
  - Manje investicije za izgradnju postrojenja za njihovo dobivanje, pretvorbu i uporabu, te pogon i održavanje (s obzirom na instaliranu snagu)

**Napomena : veće tehničke mogućnosti i bolja ekonomska opravdanost njihova iskorištavanja (vezano uz razvoj metoda i postupaka) razlozi njihovog većeg iskorištavanja do sada!**



# Transformirani oblici energije

- U **fizici i inženjerstvu**, transformacija energije ili konverzija energije, je svaki proces transformiranja jednog oblika energije u drugi oblik.
- Vrlo se rijetko primarni oblici energije mogu koristiti bez transformacije, kao korisni oblici
- Češće se događa: već transformirani oblici se moraju transformirati da bi se dobio korisni oblik energije
- **Energija fosilnih goriva, solarno zračenje, ili nuklearna goriva mogu biti konvertovana u drugi oblik energije** kao što je električna, propulsivna ili toplotna koja je mnogo korisnija za upotrebu ili krajnjeg korisnika.
- Često, se **efikasnost mašina karakterizira koliko dobro (ili efikasno) proizvodi koristan izlazni rad tijekom konverzije.**

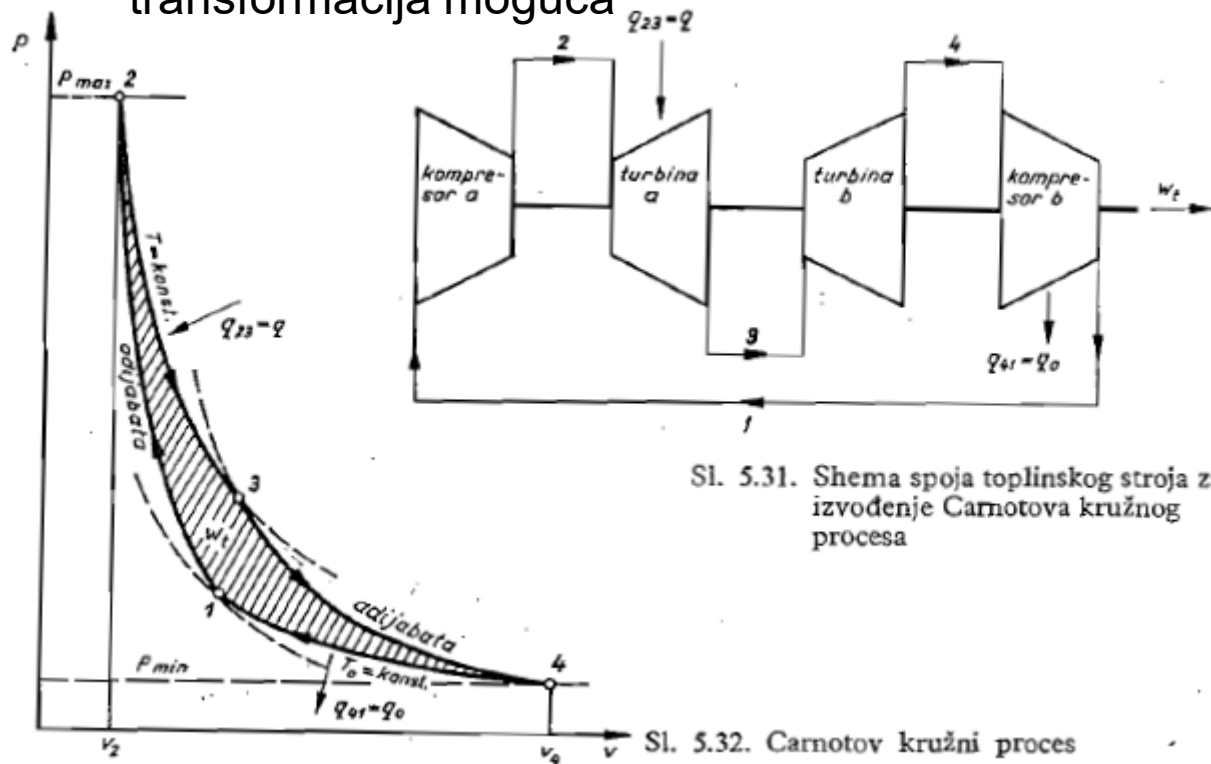




- Transformacije energije su važne u primjeni energije u različitim prirodnim naukama uključujući prirodne nauke, biologiju, geologiju, hemiju i kosmologiju.
- Energija može biti transformisana tako da se može koristiti u drugim procesima ili mašinama, ili za obezbjeđivanje nekih usluga kao što su: grijanje, osvjetljenje, ili kretanje.
- Najčešće kombinacije transformacija oblika energije su:
  - Transformacija primarnih oblika u transformirane oblike energije
  - Transformacija transformiranih oblika u transformirane oblike energije
  - Transformacija primarnih oblika u korisne oblike energije
  - Transformacija korisnih oblika u primarni oblik energije
  - Kombinacije nevedenih transformacija

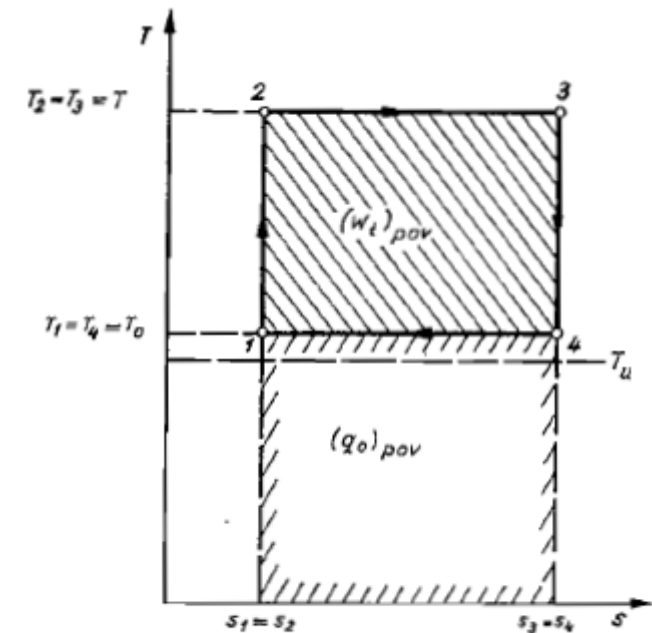
# Ograničenja transformacija oblika energije

- 1 Zakon termodinamike- govori o transformacijama oblika energije
- 2 zakon termodinamike- smjer odvijanja termodinamičkih procesa- da li je neka transformacija moguća



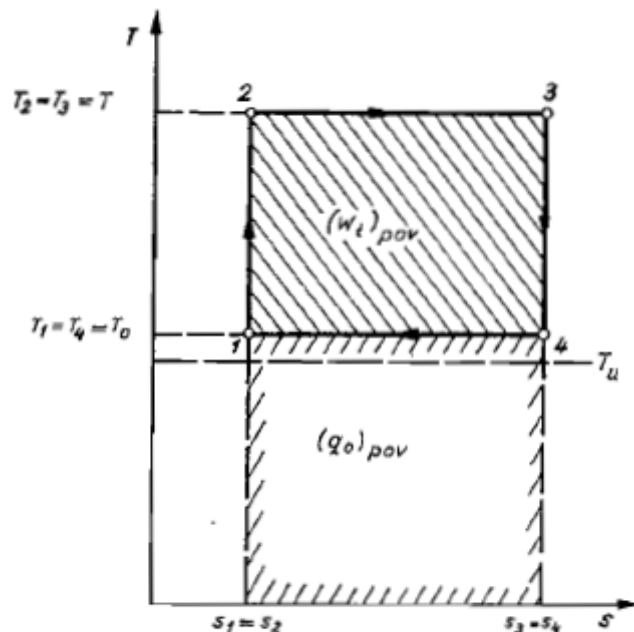
Sl. 5.31. Shema spoja toplinskog stroja za izvođenje Carnotova kružnog procesa

Sl. 5.32. Carnotov kružni proces



Povratljivi Carnotov proces u T, s-dijagramu

# Ograničenja transformacija oblika energije




Povratljivi Carnotov proces u T, s-dijagramu

Energija dovedena kružnom procesu će biti djelimično transformisana u mehaničku energiju, dio se odvodi u okolinu u obliku topline

Površina ispod gornje izoterme T-dovedena topline

Površina ispod donje izoterme-odvedena topline



$$Q_{pov} = (Q_{23})_{pov} = \int_2^3 T dS = T(S_3 - S_2)$$

$$Q_{0pov} = (Q_{41})_{pov} = \int_4^1 T dS = T_0(S_1 - S_4)$$

Dobivena mehanička energija se određuje kao razlika između dovedene i odvedene topline:

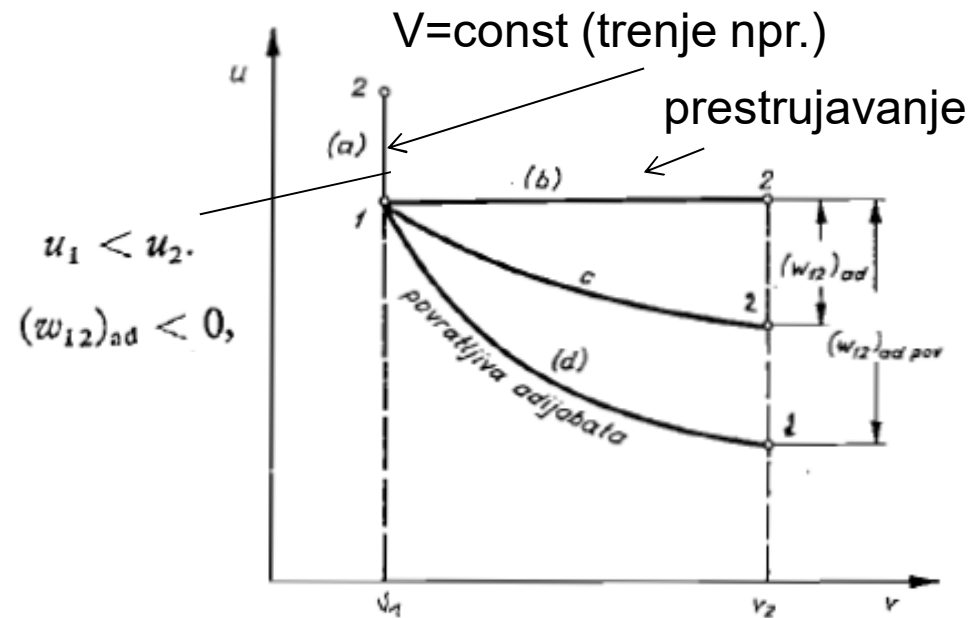
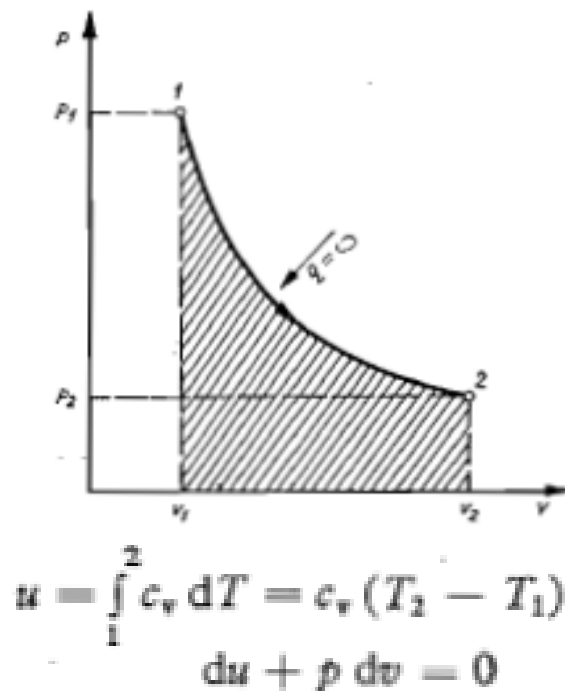
$$(W_t)_{pov} = Q_{pov} - |Q_{0pov}| = (T - T_0)(S_3 - S_2)$$

Termički stepen djelovanja je :  $efikasnost = \eta = \frac{W_t}{Q_{pov}} = 1 - \frac{T_0}{T}$

Termički stepen Carnotovog procesa ne može postići vrijednost 1, jer temperatura s kojom se odvodi toplina  $T_0$  neće biti manja od temperature okoline  $T_u$  (290K)

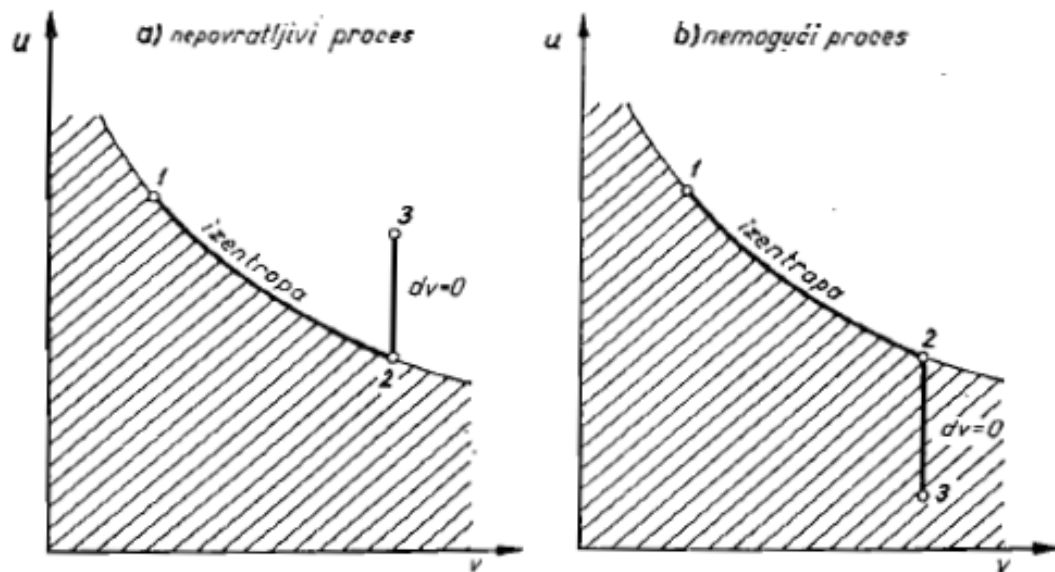
## Zaključak:

- Premda se radi o povratnom procesu, nije moguće energiju koja se u kružni proces dovodi kao toplina, ni u idealnim prilikama u potpunosti pretvoriti u mehaničku energiju. To vrijedi za bilo koji kružni proces
- Postoji ograničenje pretvorbe unutarnje energije u mehaničku energiju. Adijabataska ekspanzija –maksimalna mehanička energija ali samo do pritiska koji je jednak pritisku okoline. Postoji dakle granica pretvrobe unutarnje energije u mehaničku energiju



Neki karakteristični procesi zatvorenoga adijabatskog sistema u  $u, v$ -dijagramu

Za pretvorbu mehaničke energije u unutrašnju nema ograničenja




Određivanje razlika entropije za nepovratljivi i nemogući proces u adijabatskom sistemu

Nemoguć proces,  $u_3 < u_2$ ,  
Kad bi bio moguć- entropija bi se smanjivala a ne može se smanjivati

Nepovratni proces \_Npr kod svakog nepovratnog procesa –u sistem se dovodi energija koja se transformira u unutrašnju

- Proces 1-2-3 je nepovratni proces u kojemu je 1-2 povratni
- 1-2-povratni- $\Delta s_{12}=0$
- $\Delta S_{31}=S_3-S_1>0$  ( $u_3>u_2$ ,  $v=\text{const}$ , nema rada)
- Za nepovratni proces 1-2-3 vrijedi  $S_3>S_1$ -entropija se povećava

- 
- kada se u nekom termodinamičkom sustavu može ostvariti mehanički rad?
  - koliko se rada može ostvariti?
  - kako provoditi pretvorbu energije da se dobije najviše rada?
  - 1. Mehanički se rad može dobiti samo u termodinamičkom sustavu koji još nije u ravnoteži ili unutar samog sebe ili s drugim sustavom.
  - 2. Tehnički procesi pretvorbe energije provode u termodinamičkom sistemu koji se naziva okolinom? (Šta je okolina)
  - 3. Sistem treba iskoristiti za dobivanje rada na posve po vrati v način do uspostavljanja ravnoteže.

Prevođenje materije iz polaznog stanja 1 povratnim putem do novog stanja 3, i tako uspostaviti ravnotežu

- $p_3 = p_a$ ;
- $T_3 = T_a$

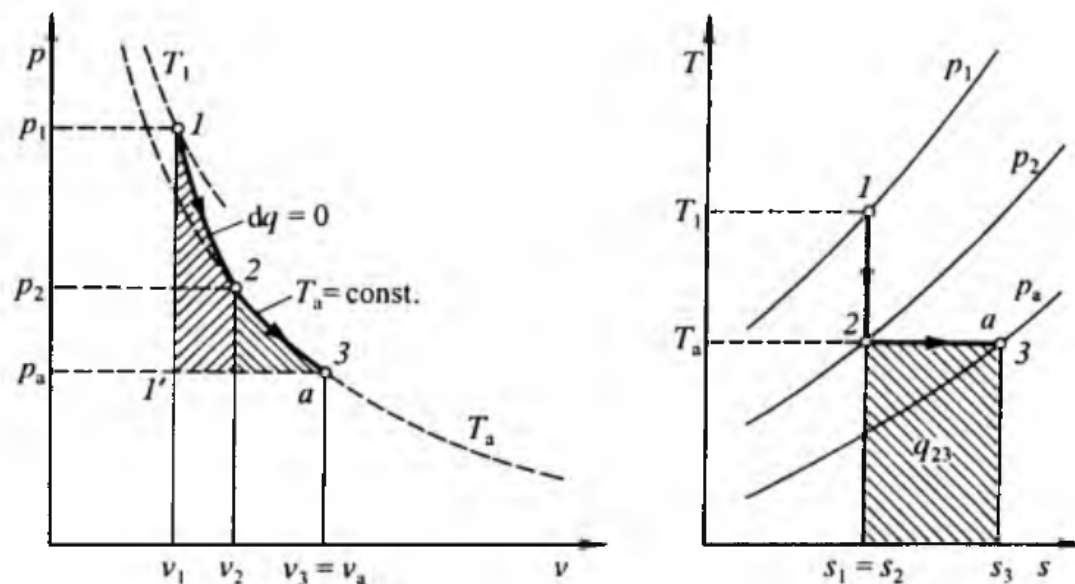
□ Ostvariti rad na povratni način do uspostavljanja ravnoteže

Način izvođenja procesa:

Adijabatska ekspanzija dok mu se ne izjednači temperatura  $T_2$  sa temperaturom okoline tj  $T_2 = T_a$  pri  $p_2 > p_a$ .

Zatim se ekspanzija nastavlja povratnom izotermom  $T_a = \text{const}$  od stanja 2 do stanja 3 do izjednačenja pritiska  $p_3 = p_a$

Izotermna ekspanzija je potpuno povratna jer se potrebna toplina  $T_a \cdot (s_3 - s_2)$  dovodi radnoj materiji iz okoline iste temperature dakle uz  $\Delta T = 0$



Maksimalni mogući rad u okolišu stanja  $p_a, T_a$ ; prikaz u  $p, v$ -dijagramu i  $T, s$ -dijagramu



- Dobiveni rad, prikazan površinom 1 -2 -3 -1', maksimalni je mogući jednokratno dobiveni specifični rad plina polaznog stanja  $p_1$  i  $T_1$  za zadano stanje okoline  $p_a$  i  $T_a$ .
- Ukupan rad je: suma adijabatskog od 1 do 2, izotermnog od 2 do 3, i „potiskivanja okoline od 1 do 3:

$$w_{\max} = \int_{v_1}^{v_2} p dv + \int_{v_2}^{v_3} p dv - p_a \cdot \int_{v_1}^{v_3} dv$$

$$w_{\text{izentr}} = c_v T_1 \left[ 1 - \frac{T_2}{T_1} \right]$$

$$w_T = R_i T \ln \frac{v_3}{v_2}$$

$$w_{\text{pot}} = \int_{v_1}^{v_3} p dv = p(v_3 - v_1)$$

$$w_{\max} = c_v (T_1 - T_a) + R_i T_a \ln \frac{p_2}{p_a} - p_a (v_a - v_1),$$

$$T_2 = T_3 = T_a,$$

$$p_3 = p_a \text{ i } v_3 = v_a:$$

- Pošto se toplina dovodi iz okoliša samo za vrijeme izotermne ekspanzije od 2 do 3 onda je uz

$$T_2 = T_3 = T_a$$

$$s_2 - s_3 = s_1 - s_a = -R \ln \frac{p_2}{p_a}$$

jer je

$$s_2 - s_a = c_v \ln \frac{T_2}{T_a} + R \ln \frac{v_2}{v_a} = c_p \ln \frac{T_a}{T_a} + R \ln \frac{p_a}{p_2} = -R \ln \frac{p_2}{p_a}$$

$$p_2 v_2 = p_a v_a \Rightarrow \frac{p_2}{p_a} = \frac{v_a}{v_2}$$

- Pa je maksimalni rad zatvorenog istema u okolini pritiska  $p_a$  i temperature  $T_a$ :

$$w_{\max} = u_1 - u_a - T_a(s_1 - s_a) + p_a(v_1 - v_a).$$

Stvarni rad će uvijek biti manji od maksimalnog

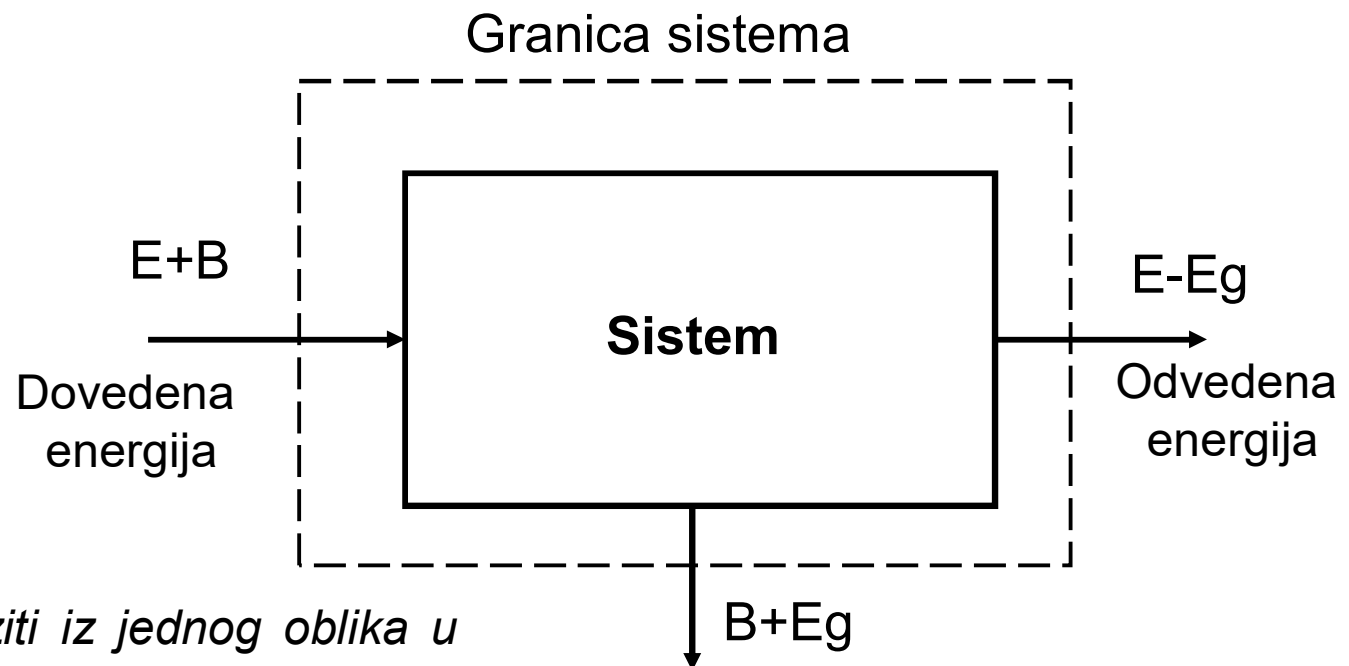


- Mehanička energija može se pretvoriti i u druge energetske oblike.
- Povrativim procesima moguće ju je u idealnim prilikama potpuno pretvoriti u potencijalnu ili kinetičku energiju i obratno,
- Također se električna i mehanička energija mogu jedna u drugu u potpunosti pretvoriti i to pomoću
  - povrativih generatora (mehanička u električnu energiju)
  - povrativih električnih motora (električna u mehaničku energiju).
- **Povrativim smatramo takve strojeve koji nemaju trenja i ostalih gubitaka.**





- Postoji izrazita nesimetrija s obzirom na smjer energetskih pretvorbi.
  - mehanička, električna, potencijalna i kinetička energija mogu se bez ograničenja pretvarati u toplinu i unutarnju energiju,
  - nije moguće svu toplinu i unutarnju energiju pretvoriti u mehaničku energiju, o čemu govori II. glavni zakon.
- Dakle, prema II. glavnom zakonu dvije su vrste energija:
  - **energije koje se mogu neograničeno pretvarati u druge energetske oblike i**
  - **energije koje su u tome ograničene.**
- **Prve su nazvane eksergije** One su vrijednije baš zbog mogućnosti neograničene pretvorbe.

- **Eksergija ( $E$ ):** udio energije koji se može pretvoriti u bilo koji drugi oblik energije (vršiti rad).
- **Anergija ( $B$ ):** energija koja se ne može pretvoriti u eksergiju (ne može vršiti rad).
- **Gubici ( $E_g$ )**



Energija može prelaziti iz jednog oblika u drugi, ali se ne može stvoriti niti uništiti. U izoliranom sistemu je zbroj energija konstantan - **Zakon očuvanja energije.**

- 
- prema 2. glavnom stavku termodinamike postoje tri oblika (vrste) energije s obzirom na mogućnost pretvorbe u mehanički rad:
  - **eksnergija**: to su mehanička i električna energija koje se u, „idealnim procesima“ u potpunosti pretvaraju u mehanički rad ili u bilo koji drugi oblik energije. (Dakle, i mehanički je rad eksnergija, uz mehaničku i električnu energiju, jer se u potpunosti pretvara u sve druge oblike energije.);
  - **energija**: Energija koja se može samo ograničeno pretvoriti u eksnergiju. Tu se ubrajaju unutarnja energija i toplota. Ograničenje je posljedica II. glavnog zakona termodinamike. **To su nuklearna energija, kemijska energija, unutrašnja kalorička energija, toplinska energija, rad trenja** (rad trenja je mehanički rad kojim se svladavaju sile trenja i otpora, odnosno naprezanja pri deformaciji tijela, pretvoren u unutrašnju kalorijsku energiju).
  - **anergija**: to su oblici energije koji se, i opet zbog prirodnih ograničenja, ne mogu pretvoriti u mehanički rad niti u bilo koji drugi oblik energije. To je unutrašnja kalorijska energija akumulirana u okolini, tačnije u podsystemima okoline: tlu, vodi i zraku, na temperaturi i tlaku okoline.
  - Da bi se ostvario koristan rad potrebna je razlika, odnosno dva nivoa, toplote. Toplotni rezervoar, koji okružuje neku toplotnu mašinu, u kojem vlada na svakom mjestu ista temperatura ne može se upotrijebiti za koristan rad

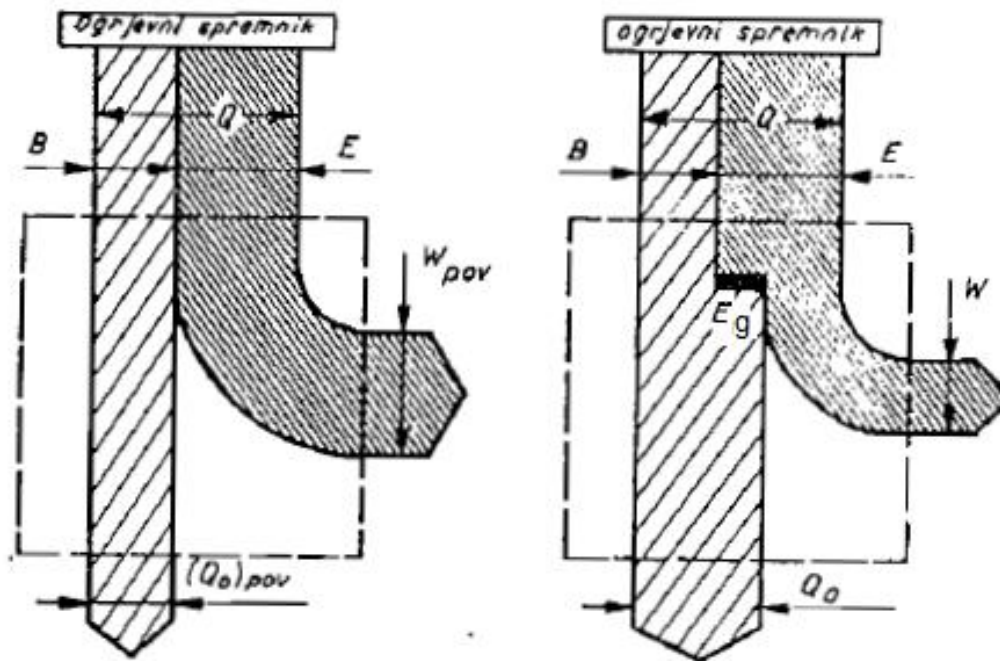
- 
- I. glavni zakon termodinamike se može iskazati :
    - u svim procesima zbroj eksergije i anergije ostaje stalan.

Eksergija + anergija = ukupna energija

$$W = E + B$$

- Pojmovi eksergija i anergija imaju puno tehničko značenje. Za sve tehničke postupke (grijanje, hlađenje, transport, obrada materijala itd.) potrebna je **energija**.
- Ali za postupke nije dovoljna bilo kakva energija, već **eksergija**, takva energija koja se može pretvoriti u druge oblike energije.
- Potrošači troše eksergiju i za vrijeme trošenja ona se pretvara u **anergiju**.
- U svim nepovrativim procesima pretvara se eksergija u anergiju.
- Budući da nije moguće anergiju pretvoriti u eksergiju, dio eksergije koji se pretvorio u anergiju možemo označiti kao gubitak eksergije

- Taj je gubitak svojstvo nepovrativih procesa i prikazuje termodinamički gubitak kao posljedicu nepovrativosti procesa.



$$|Q_0| = B + E_g$$

$$\xi = \frac{W}{E} = \frac{E - E_g}{E} = 1 - \frac{E_g}{E}$$

- Zadatak je inženjera da tako vode procese kako bi spriječili nepotrebne gubitke eksergije.
- Povratni proces- eksergija se javlja kao mehanička energija  $W_{pov}$

Anergija: odvedena toplina  $Q_0$





Uspoređujući dovedenu eksergiju i dobivenu eksergiju može se definirati

***Eksergijski (tehnički) stupanj djelovanja***

*Mjera dobrote tehničkog procesa*

$$\eta = \frac{E - E_g}{E}$$

■ ***Termički stupanj djelovanja energetske pretvorbe***

*Mjera sposobnosti pretvorbe energije u korisni rad*

$$\xi = \frac{E - E_g}{E + B}$$

■ ***Maksimalni stupanj djelovanja energetske pretvorbe***

*Dio dovedene energije (topline), koji se može pretvoriti u bilo koji drugi oblik energije.*

$$\xi = \frac{E}{E + B}$$



## Klasifikacija oblika energije pri pretvorbi energije

- Općenito **pri pretvorbi energije** možemo definirati slijedeće oblike energije:

**1. Primarna (prirodna) energija** (u prirodnom stanju)

**2. Sekundarna (pretvorbena) energija** (od opskrbljivača pripremljena za korisnika kroz tehničke procese)

**3. Krajnja energija** (kod korisnika transformirana energija)

**4. Korisna energija** (kod korisnika primjenjena energija)

- Količina energije se mjeri radom koji bi ona mogla obaviti.



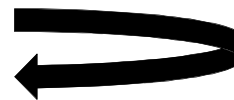
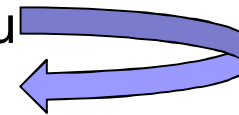
## Transformacije primarnih oblika u transformirane oblike energije

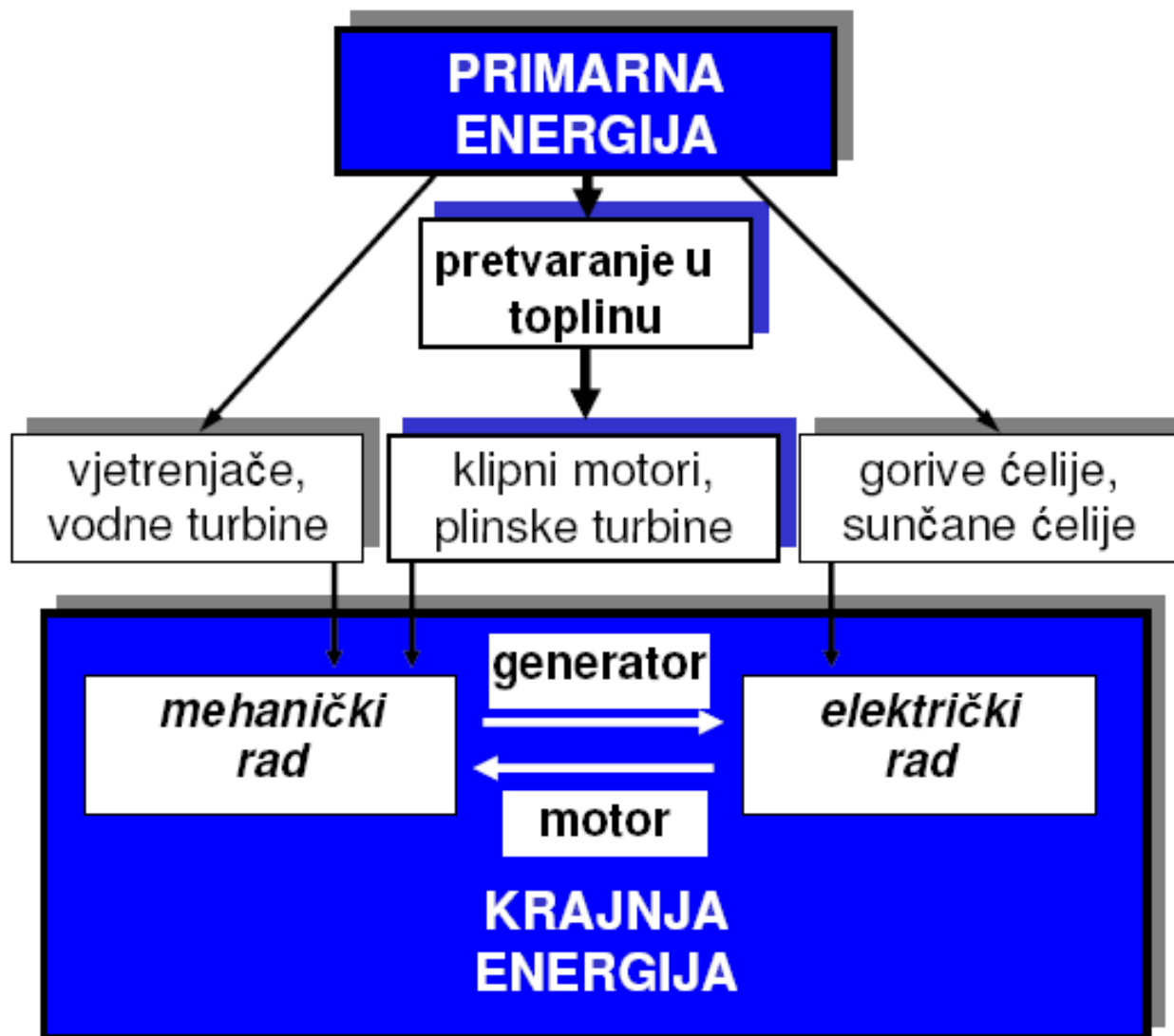
### ■ Najčešći oblici:

- ☐ Izgaranje-proces transformacije hemijske energije u unutrašnju energiju
- ☐ Destilacija (rafinerije)- transformacije sirove nafte u derivate
- ☐ Degazolinaže-transformacije u kojima se vrši odvajanje lakih od teških ugljikohidrata
- ☐ Nuklearne reakcije- transformacije nuklearne energije u unutrašnju energiju nosilaca energije
- ☐ Turbinske pretvorbe-transformacije potencijalne energije (vodotoka, plime i oseke), kinetičke energije (vjetar, valovi), geotermalčne i toplinske energije mora u mehaničku energiju.
- ☐ Zračenje- Sunčevo isijavanje i zračenje topline iz geotermalne energije(vrući izvori)

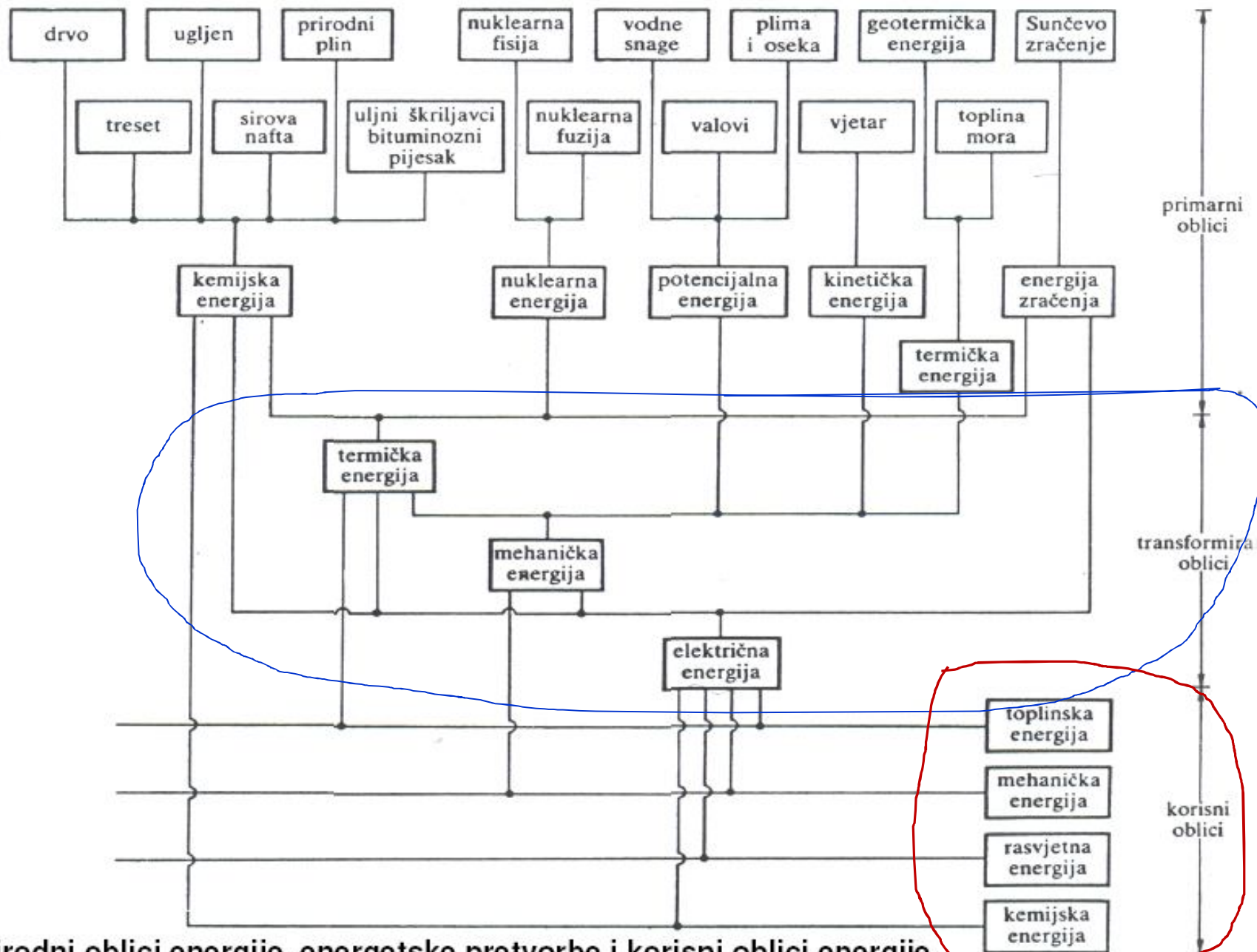
## Ostale moguće transformacije oblika energije

- Transformacije primarnih oblika se ne mogu uvijek koristiti kao korisni oblici energije
- Potrebna još bar jedna , nekada i više pretvorbi da bi dobili najpogodniji oblik energije za korištenje
- Mogući slučajevi:
  1. Transformacija transformiranih oblika energije: transformacijom primarnih oblika energije dobija se:
    - toplinska energija i
    - mehanička energija.
  - Toplinska energija se transformira u mehaničku
    - Termoelektrane: kotao turbina
  - Mehanička energija u električnu
    - elektrane: turbina-generator




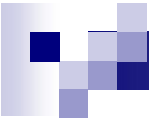


*Kao **krajnji energetske oblici** u osnovi se podrazumjevaju **mehanički ili električki rad** (energija).*



Prirodni oblici energije, energetske pretvorbe i korisni oblici energije


- 
- *Da bi se iskoristila potencijalna energija vodotoka, plime i oseke te energija valova, potrebna je pretvorba u mehaničku a zatim u električnu energiju.*
  - *Slično je i za **vjetar***
  
  - **Toplina vrućih izvora** i *toplina suhih stijena može se iskoristiti neposredno, ali samo na ograničenoj udaljenosti od bušotina, ili pretvorbom u mehaničku a zatim u električnu energiju.*
  
  - **Energija Sunčeva zračenja** *može se transformirati*
    - *u unutrašnju energiju bez koncentracije zračenja (grijanje vode)*
    - *ili s koncentracijom zračenja da bi se postigla viša temperatura (proizvodnja vodene pare, specijalni metalurški postupci)*
    - *ili se može transformirati **neposredno u električnu energiju** pomoću solarnih poluvodičkih elemenata.*



## 2. Transformacija primarnih oblika u korisne oblike pri upotrebi hemijske energije

- ☐ Hemijska energija drveta i fosilnih goriva se načešće transformiše u unutrašnju energiju a moguća je i pretvorba u električnu energiju, ili izravno kao hemijska energija
  
- ☐ Proces transformacije kemijske u unutrašnju energiju-**izgaranje**.
  
- ***Izgaranje:*** proces transformacije hemijske energije u unutarnju energiju (neposredna upotreba: za grijanje prostorija, kuhanje, pripremu tople vode, za tehnološke procese kad su potrebne visoke temperature (keramička, metalurška, cementna industrija i sl.) - nosioci energije plinovi izgaranja.
  
- ***Ložišta:*** postrojenja i uređaji za neposredno iskorištavanje unutrašnje energije: unutarnju energiju nosilac predaje okolnom zraku, vodi, sirovinama ili poluproizvodima u tehnološkim procesima.



- 
- Ta energija se koristi za grijanje i pripremu tople vode i za tehnološke procese
  - *Unutarnja energija plinova izgaranja može se, dalje, prijelazom topline u parnim kotlovima predati vodi, odnosno **vodenoj pari**.*
    - Zagrijana para se koristi za:

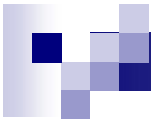
**1. Grijanje** prostorija ili u tehnološkim procesima kad su potrebne relativno niske temperature (do nekoliko stotina°C),

**2. Za pogon parnih turbina** u kojima se unutrašnja energija pare konačno transformira u mehaničku (preko kinetičke).

*Parne termoelektrane i Nuklearne termoelektrane*

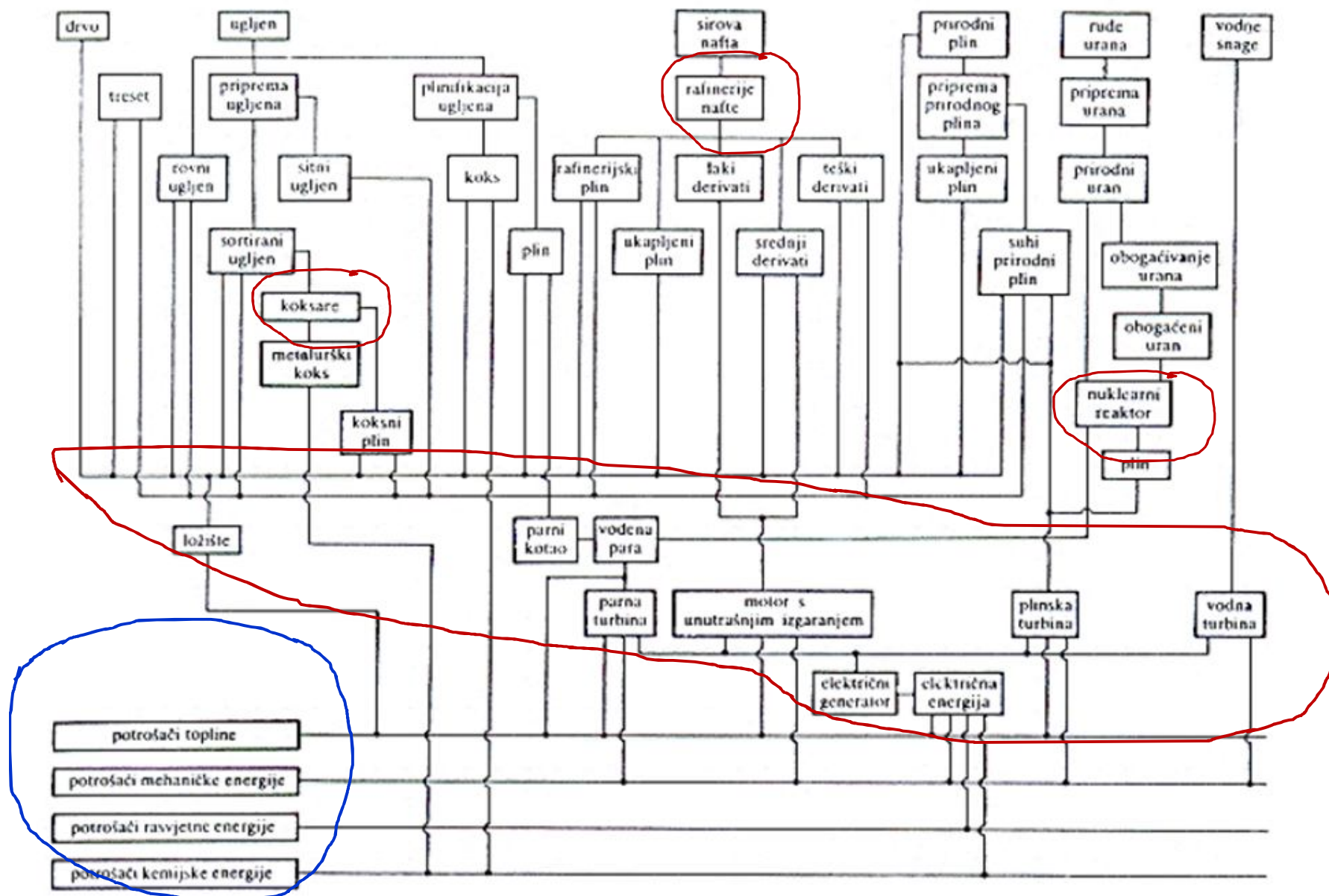
*Unutarnja energija plinova izgaranja može se i neposredno pretvoriti u mehaničku energiju u **plinskim turbinama i motorima** s unutrašnjim izgaranjem.*

*Plinske termoelektrane*



- Jedna od mogućih transformacija ugljena kao energenta je vezana za
  - metaluršku industriju-proizvodnja metalurškog koksa. Pri koksiranju se kao nusproizvod dobija koksni plin koji služi kao gorivo.
- Sirova nafta se ne upotrebljava u prirodnom obliku te se podvrgava postupku destilacije-derivati
- Transformacija sirove nafte u derivate omogućava široku upotrebu tog primarnog energenta
- Degazolinaža: postupak kojim se odvajaju laki od teških ugljikovodika, koji se u obliku ukapljenog plina upotrebljavaju u ložištima
- **Nuklearna energija** se transformira u **unutrašnju energiju** nosilaca energije, zatim u mehaničku i električnu pomoću parnih turbina i električnih generatora.





Konvencionalni primarni oblici energije, transformacije i postrojenja za transformaciju te korisni oblici energije



3. Najčešći su slučajevi kad se transformirani oblici energije transformiraju u korisne oblike

4. Može se desiti i obrnuta transformacija oblika energije u primarni oblik:

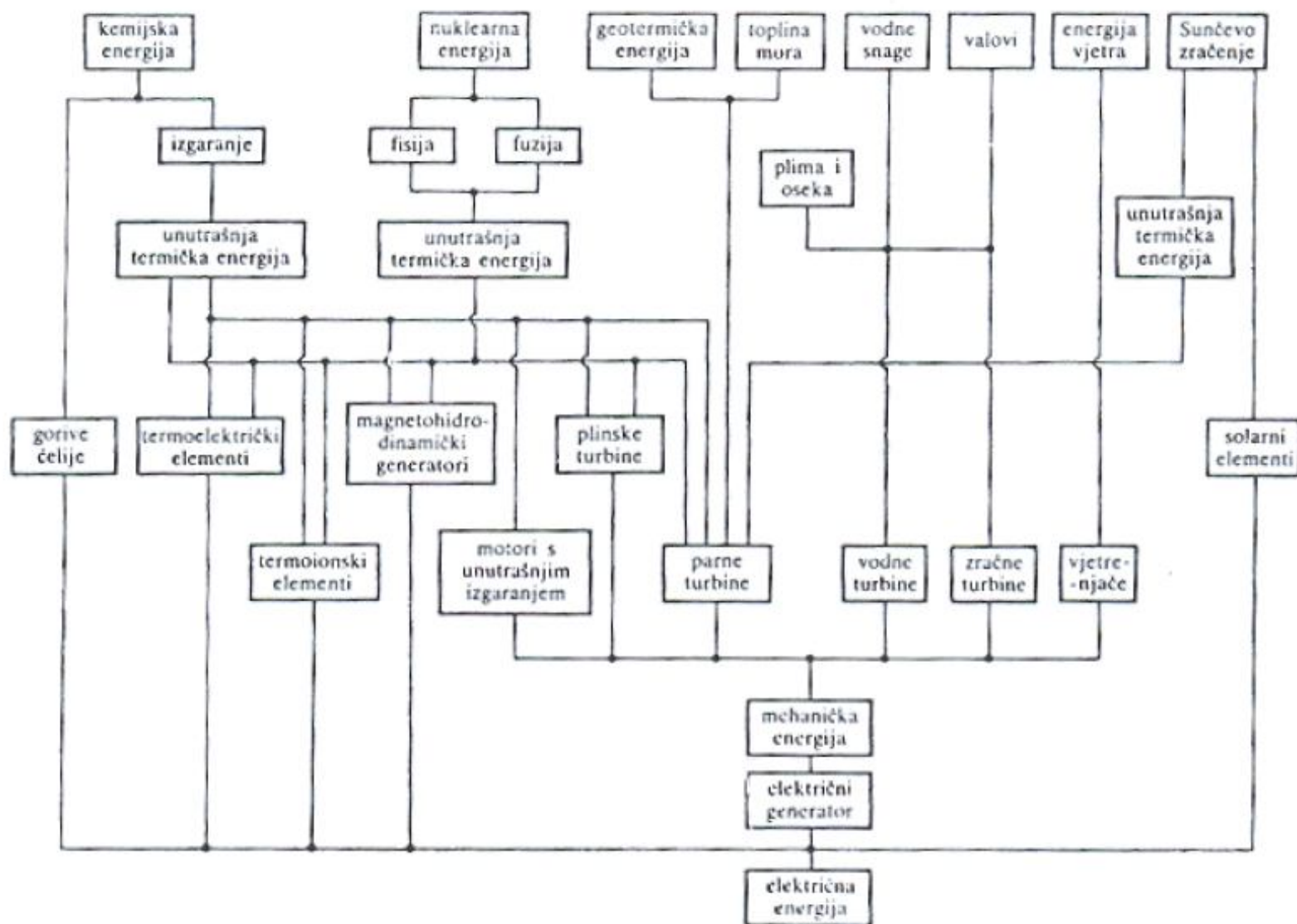
- Pumpno-akumulacijsko postrojenje: električna energija se transformira u mehaničku energiju, a mehanička energija u električnu

■ Neke od mogućih kombinacija za dobijanje **električne energije- sekundarni pretvorbeni oblik** 

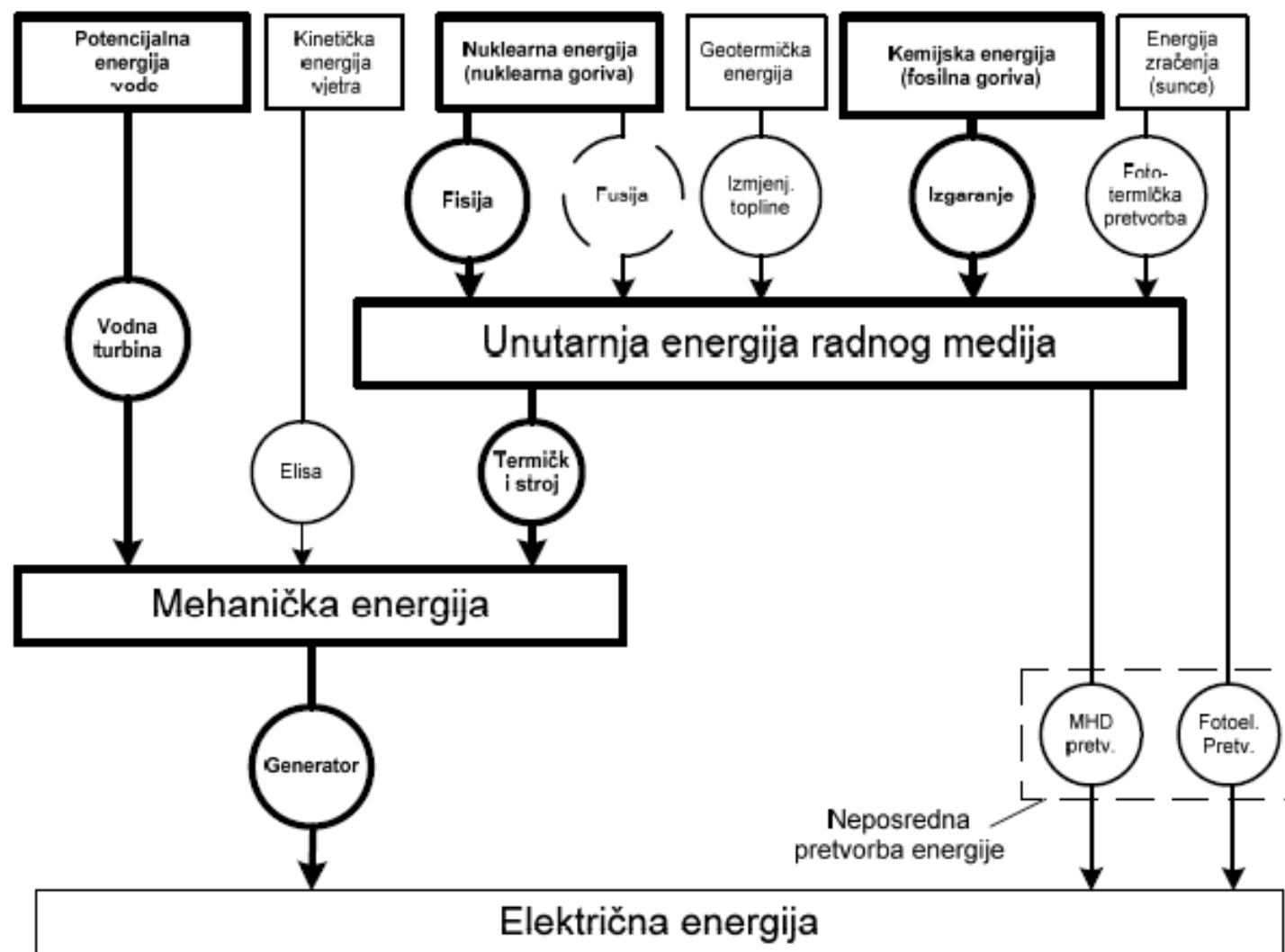
■ Razlikuju se:

- Transformacija u električnu energiju preko mehaničke energije (parne, hidro turbine, plinske turbine, motori s unutrašnjim sagorijevanjem, vjetrenjače)-moguće je dobiti veće količine električne energije
- Transformacije u električnu energiju bez posredovanja mehaničke energije (gorivne ćelije npr, fotonaponske ćelije)

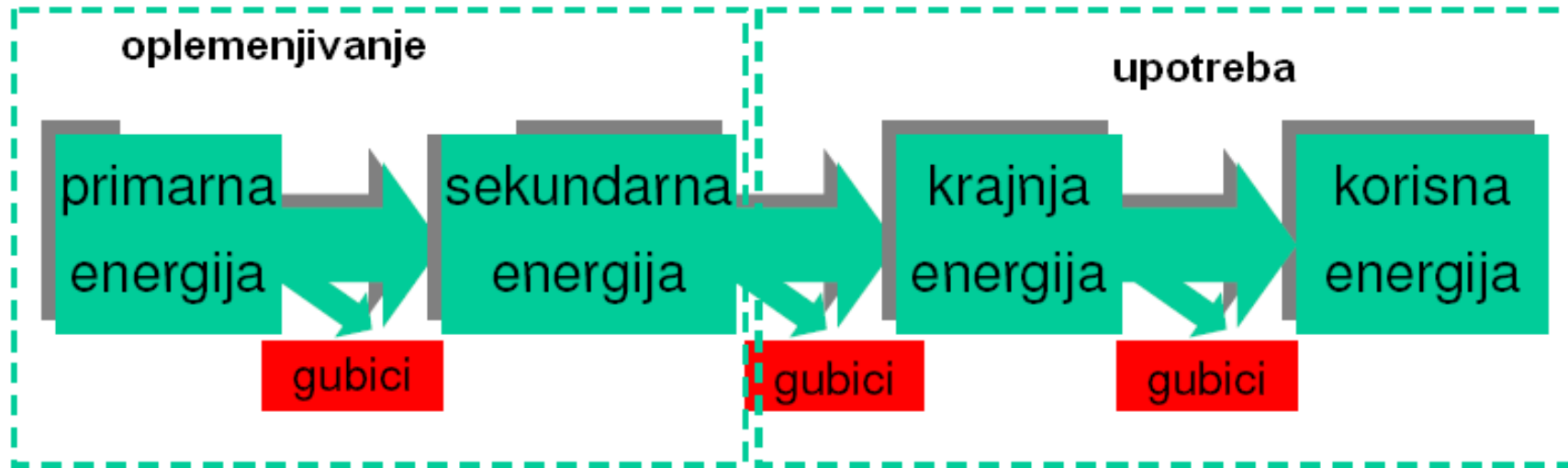
## Moguće transformacije u električnu energiju



## Postupci proizvodnje električne energije u elektranama

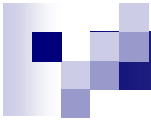


## ***Lanac pretvorbi pri upotrebi energije***



**Stepen djelovanja pretvaranja:**

$$\eta = \frac{\text{dovedena energija} - \text{gubici}}{\text{dovedena energija}} < 1$$



- ***Najvažniji zadatak energetike je racionaliziranje pretvaranja raznih oblika primarne (prirodne) energije u krajnje (korisne) energetske oblike!!***





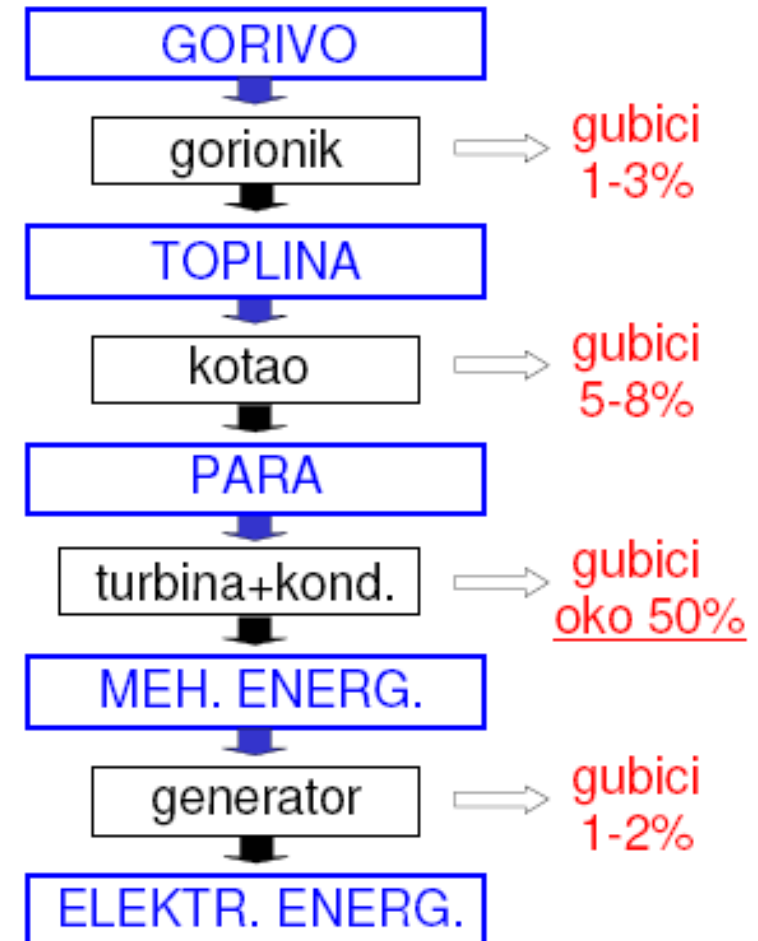
## ***Električna energija- najplemenitiji sekundarni oblik energije***

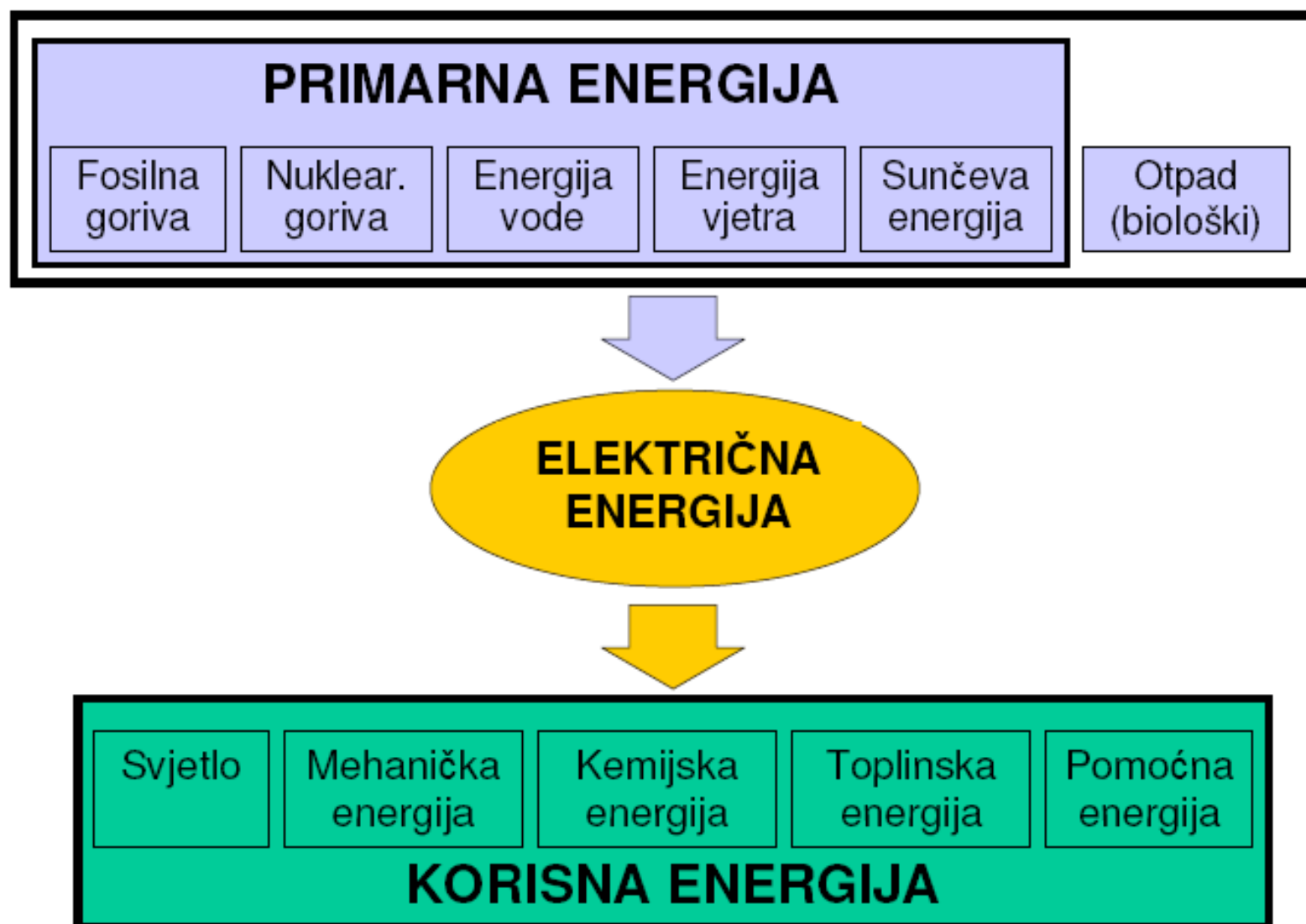
### ***Prednosti:***

- *moguća je pretvorba iz svakog energetskeg izvora (čak i otpad)*
- *pouzdana i uz racionalne gubitke se prenosi do zadnjeg korisnika*
- *dalje pretvorbe su jednostavne i ekonomične*
- *jednostavna je za regulaciju, upravljanje i mjerenje*
- *nezamjenjiva je za obradu i prijenos podataka*
- *ne šteti okolini*

### **Nedostaci:**

- Dobiva se uglavnom toplinskim pretvaranjem ( $\eta_{max} \approx 0,4$ )
- Ne da se ekonomično akumulirati
- Prijenos je vezan na elektroenergetske vodove i transformatore (mreže)
- Elektrane i mreže su kapitalno - intenzivne investicije







## Korisni oblici energije i njihovi izvori

*Potrošačima je potrebna korisna energija u jednom od sljedećih oblika:*

- **1. toplinska**
- **2. mehanička**
- **3. rasvjetna ili**
- **4. hemijska energija, odnosno dva ili više korisnih oblika energije istodobno**
  
- **Toplinska energija:** *izvor vrela voda ili vodena para kao nosioci unutarnje energije; najčešće potrebni izmjenjivači topline (radijatori i sl.), ponekad se primjenjuje i postupak miješanja vodene pare ili vrele vode s kapljevinom koju treba ugrijati (npr. u kupkama za bojenje u tekstilnoj industriji).*



- **Mehanička energija:**
  - **za stabilne potrošače** izvor praktički samo **električna energija** (električni motori).
  - **Za transport** se mehanička energija proizvodi pomoću **motora s unutrašnjim izgaranjem** (cestovni i zračni promet),
  - dok se **za željeznički i brodski promet** upotrebljavaju i parni kotlovi s parnim turbinama. Za željeznički i gradski promet dolazi u obzir i električna energija.
- **Rasvjetna energija:** izvor jedino **električna energija**. Ta je energija također nezamjenjiva za elektrokomunikacijske uređaje (telefon, radio, televizija).
- **Hemijska energija:** korisni oblik energije u redukcijskim pećima i elektrolizama, ali se tu pojavljuje i toplinska energija kao korisni oblik energije.