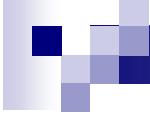


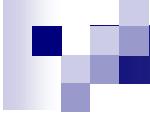


PROBLEM OPSKRBE ENERGIJOM I KLASIFIKACIJA OBLIKA ENERGIJE



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

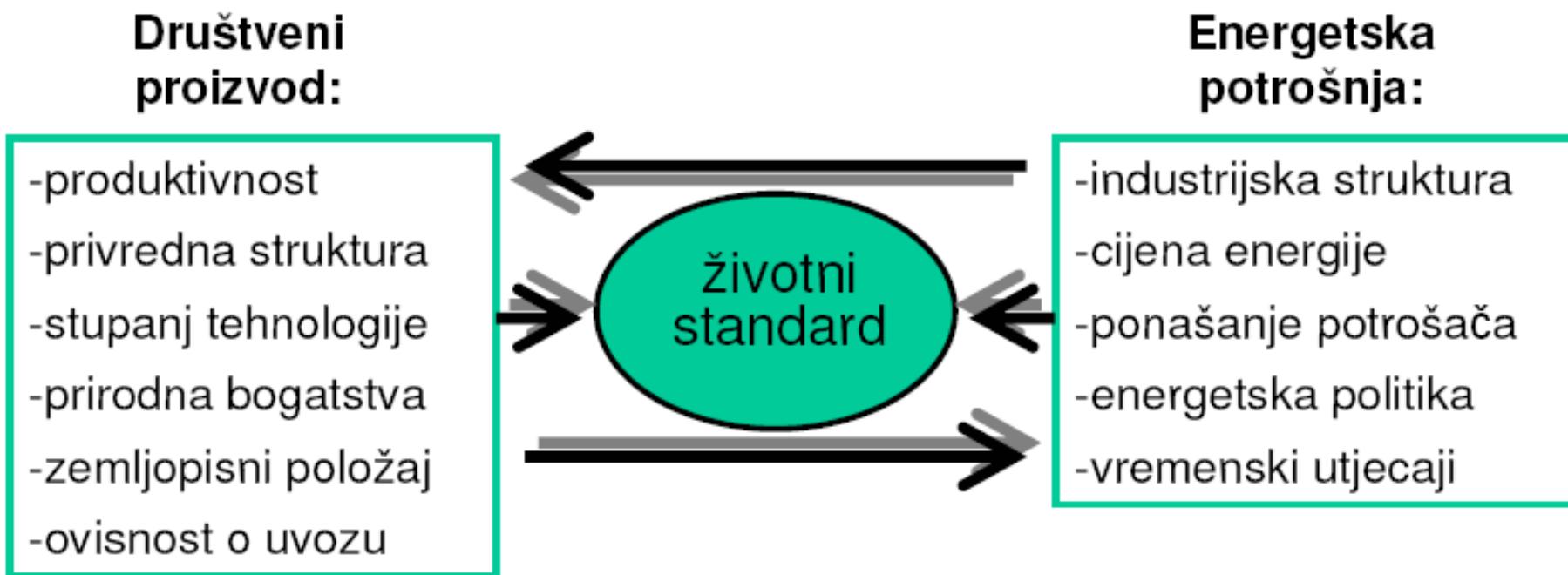


Važnost energije

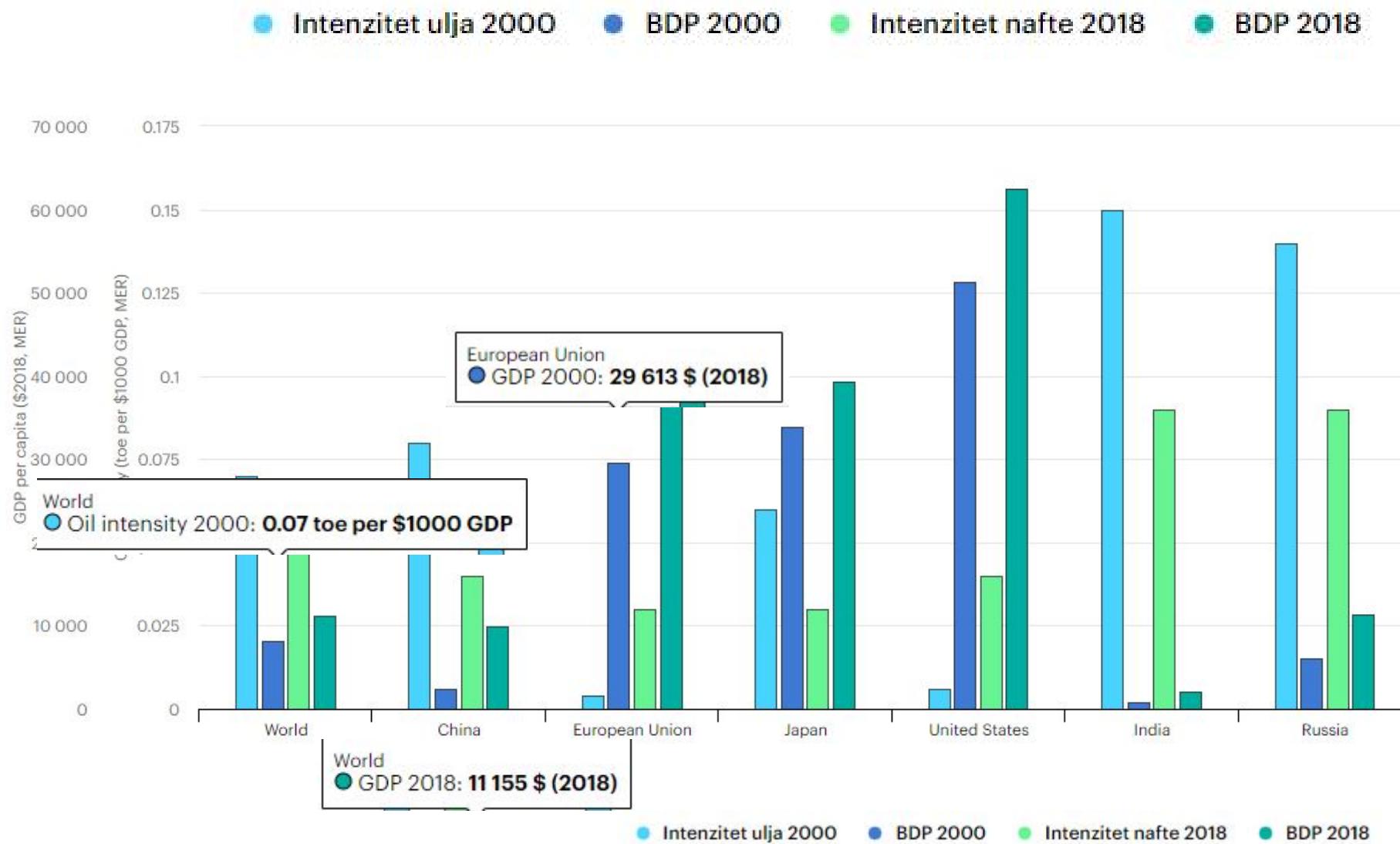
- Za očuvanje sadašnjeg stepena razvoja civilizacije smatra se da su presudna dva faktora i to:
 - **Izbjeći iscrpljivanje postojećih resursa koji nisu obnovljivi**
 - **Spriječiti onečišćenje**
- Problem čuvanja materijalnih rezervi se svodi na problem opskrbljenosti energijom
 - Npr za prečišćavanje 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 opskrbljenošć 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



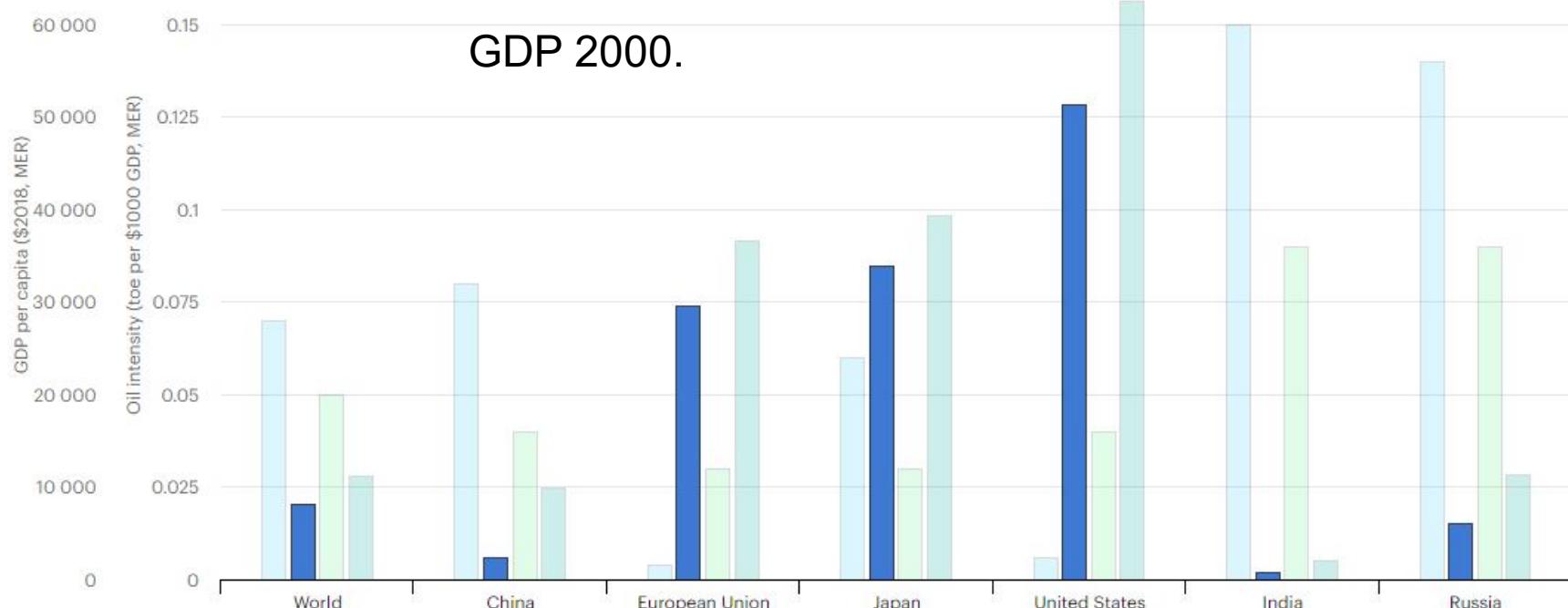
Trendovi potrošnje nafte i GDP/glavi stanovnika, 2000-2018



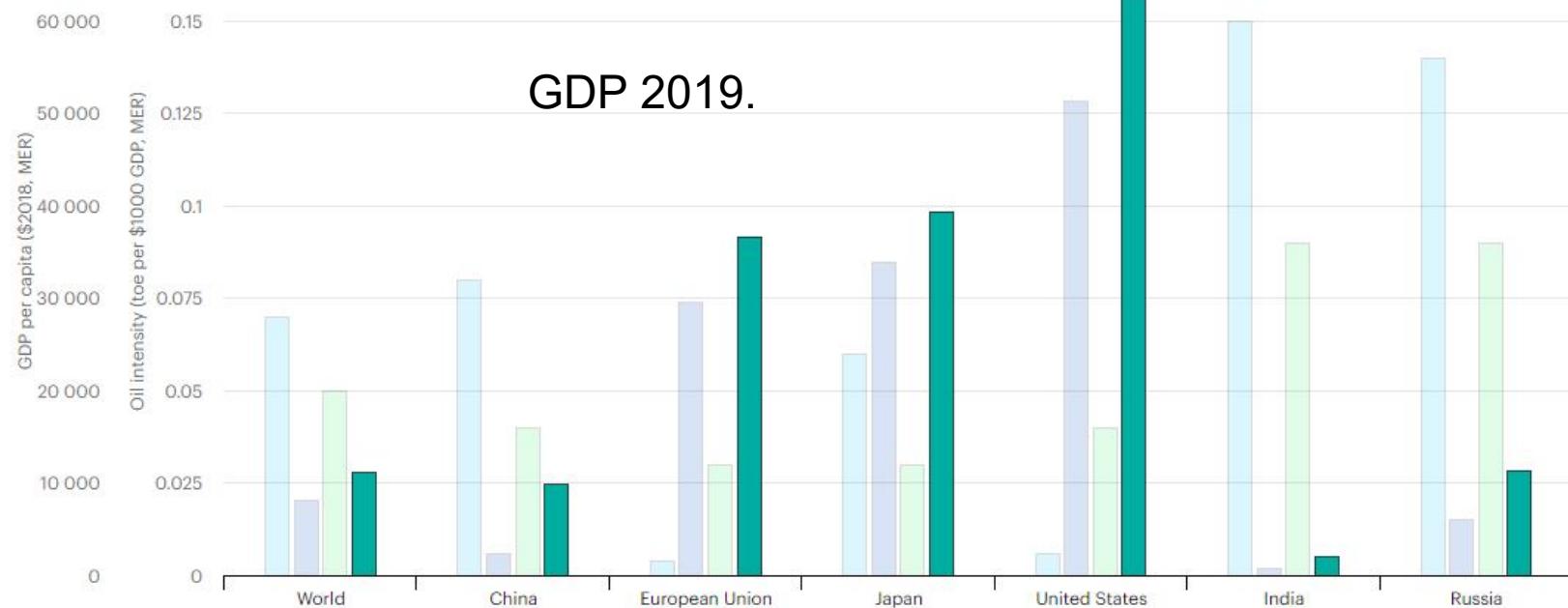
⁶<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/trends-in-oil-intensity-and-gdp-per->

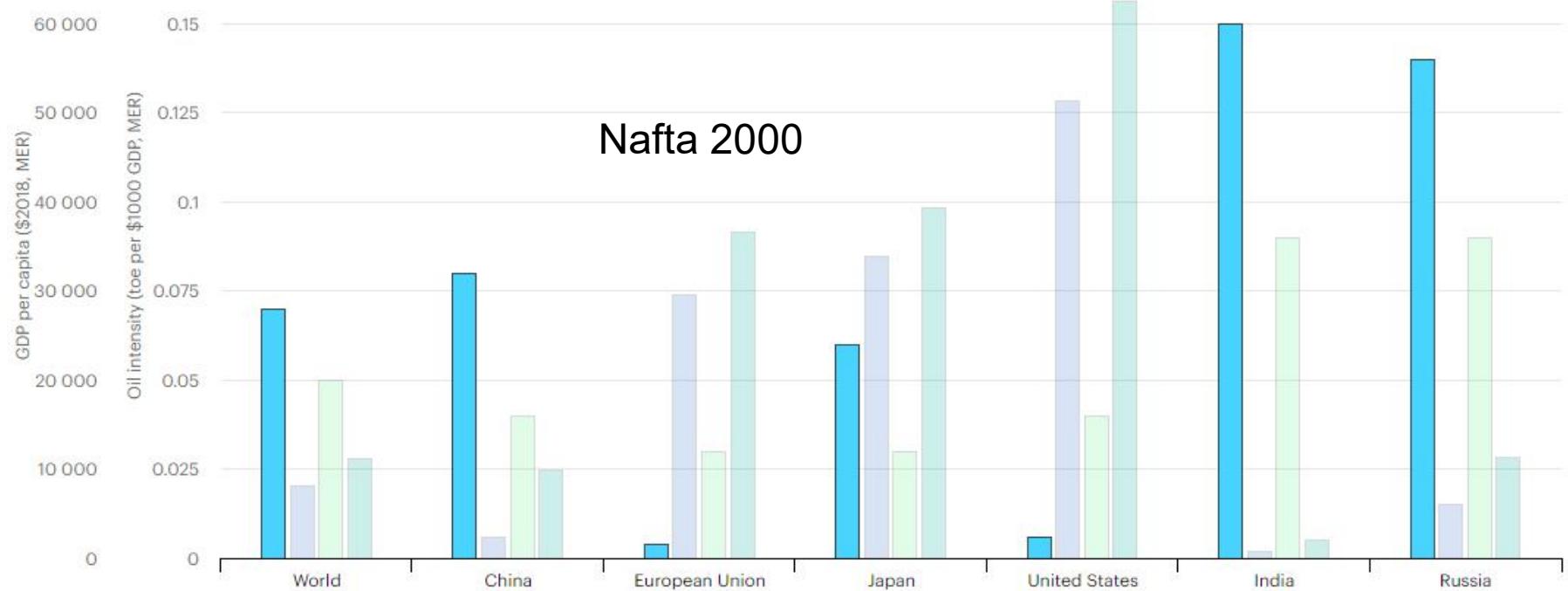
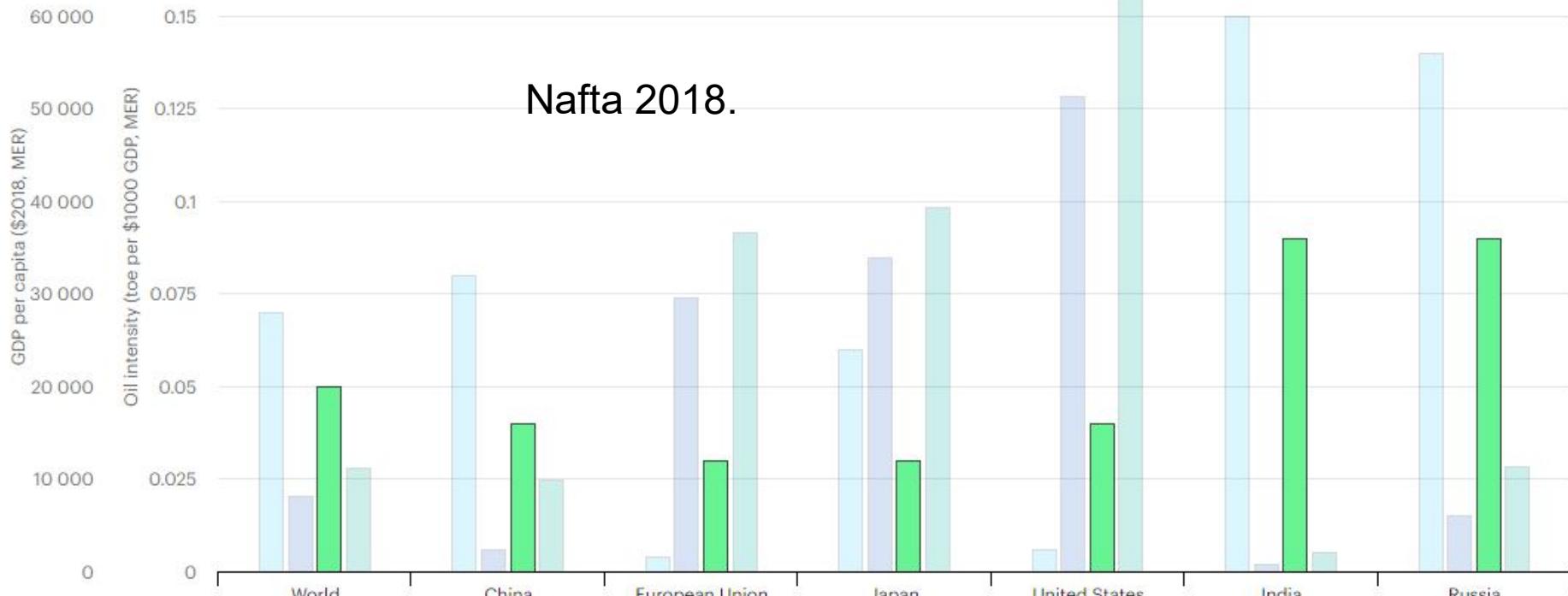


GDP 2000.



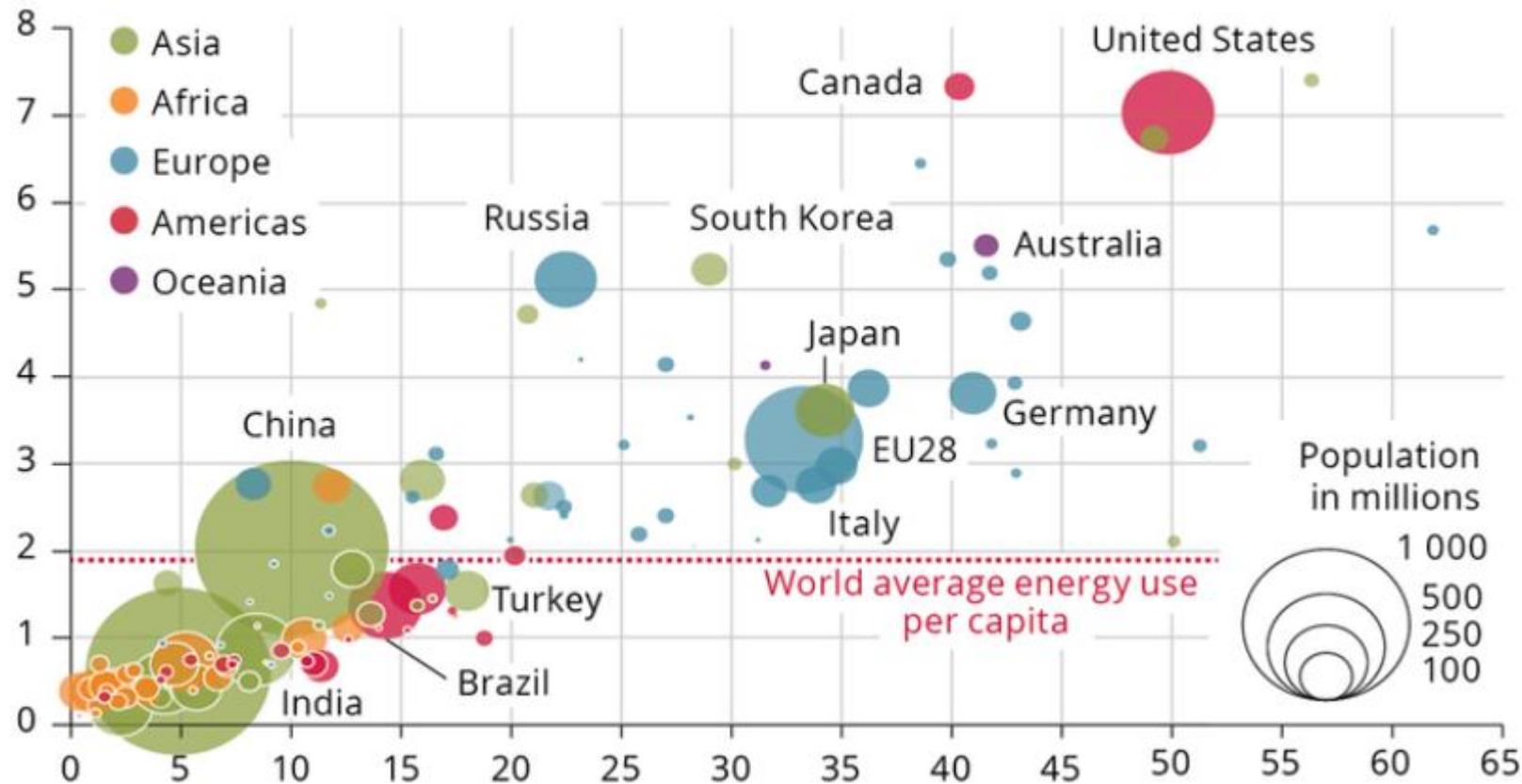
GDP 2019.





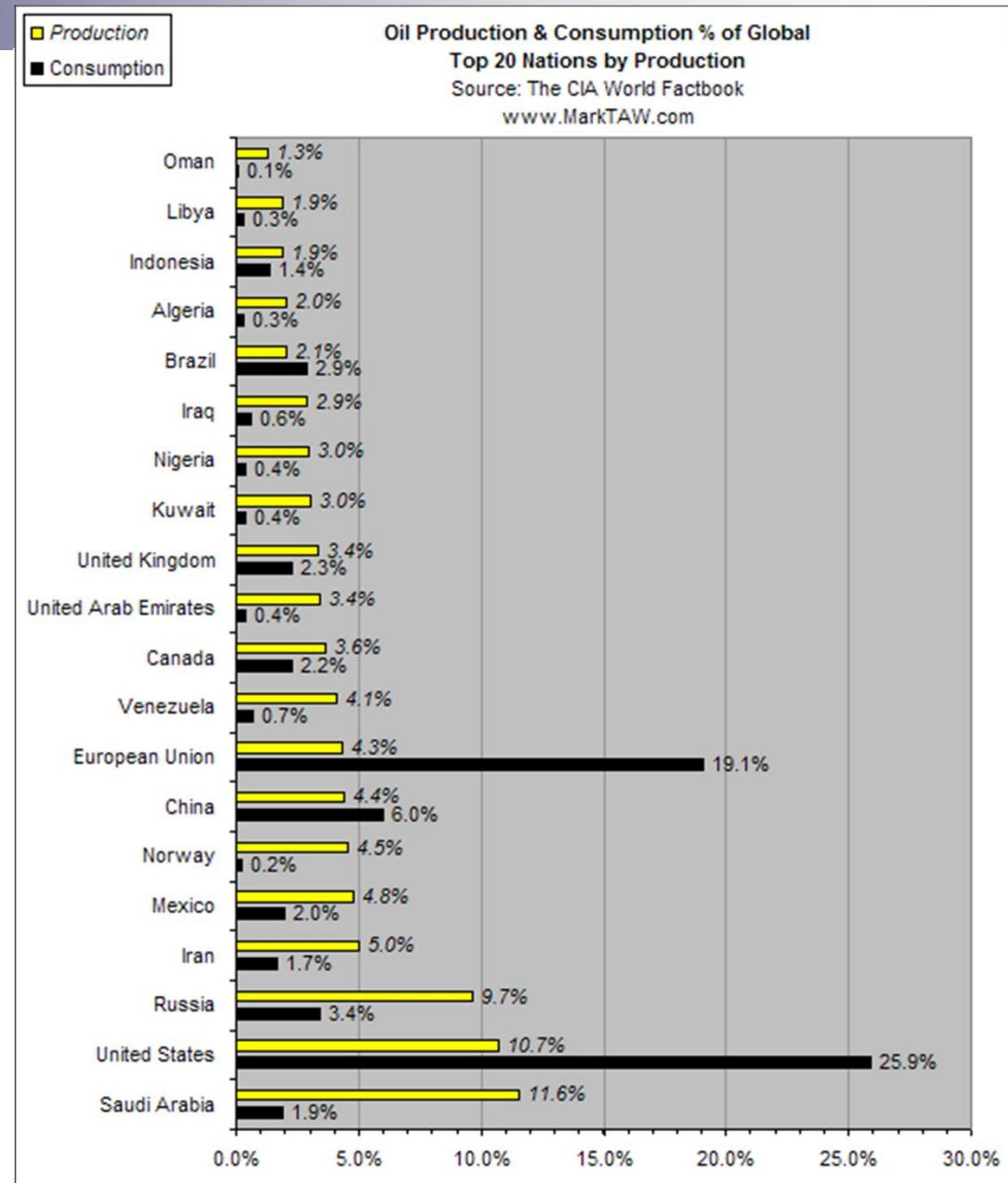


Energy use in tonnes of oil equivalent per capita



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

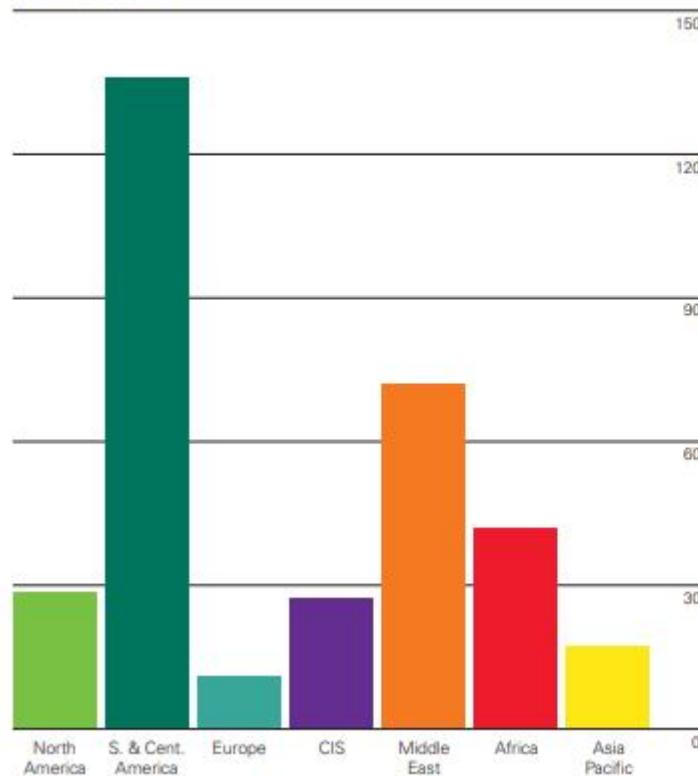




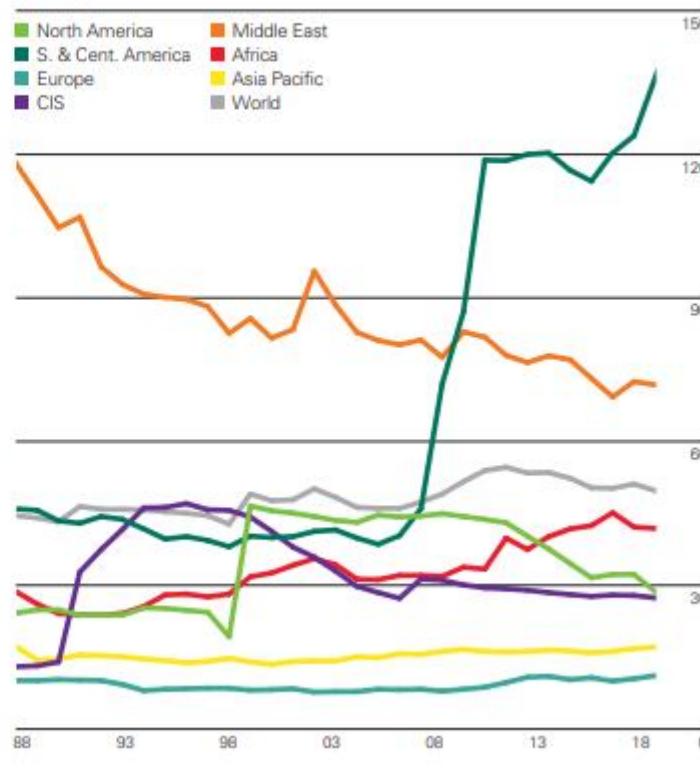
Reserves-to-production (R/P) ratios

Years

2018 by region



History



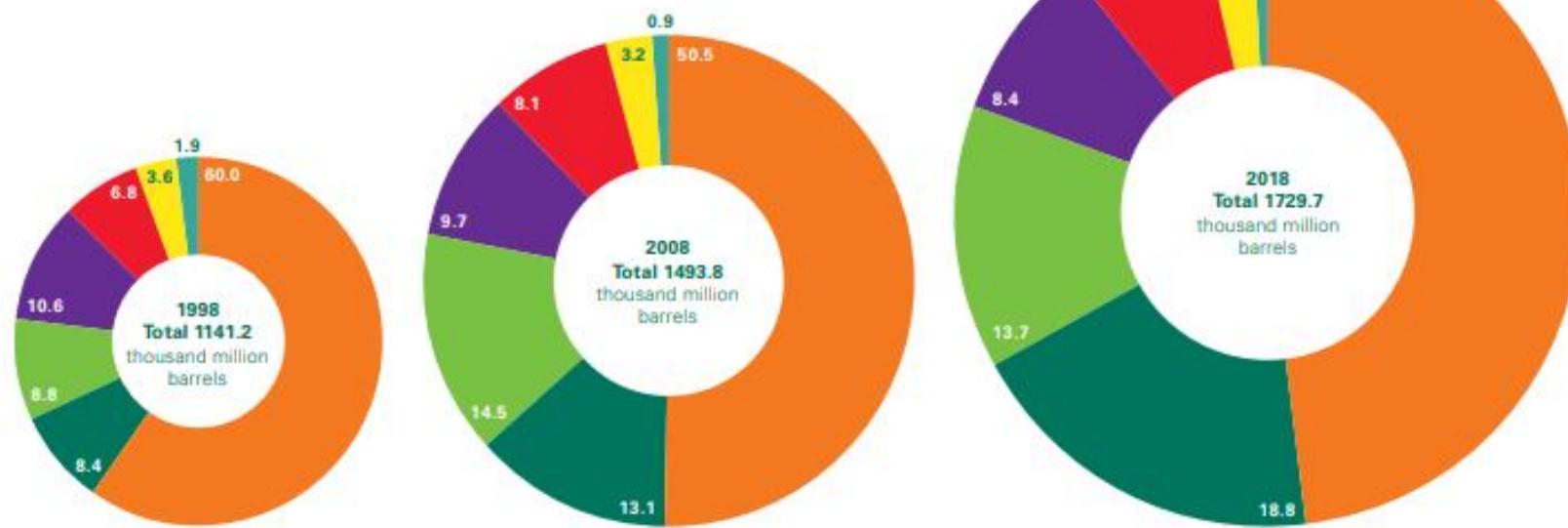
Odnos rezervi i proizvodnje nafte po regijama



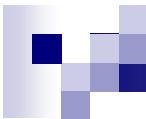
Distribution of proved reserves in 1998, 2008 and 2018

Percentage

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

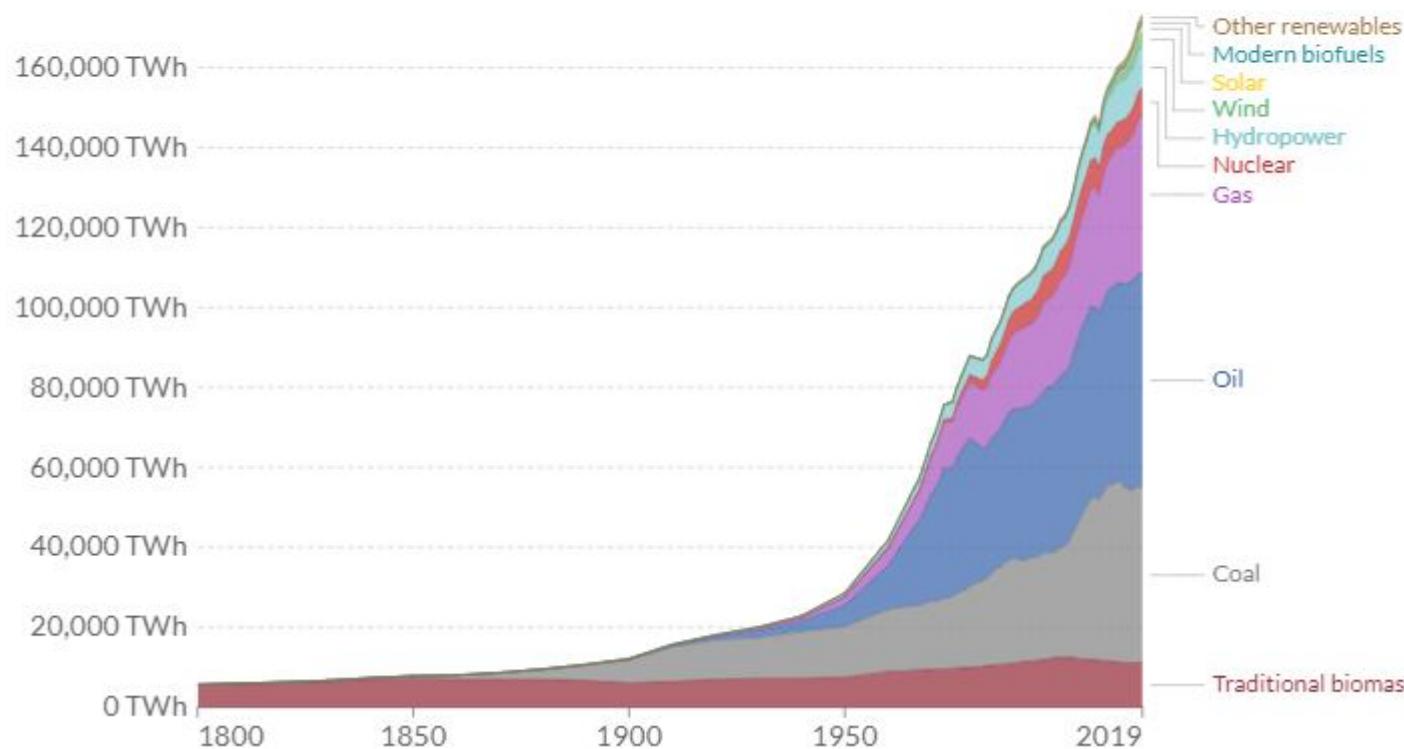


Raspodjela dokazanih rezervi nafte



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



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

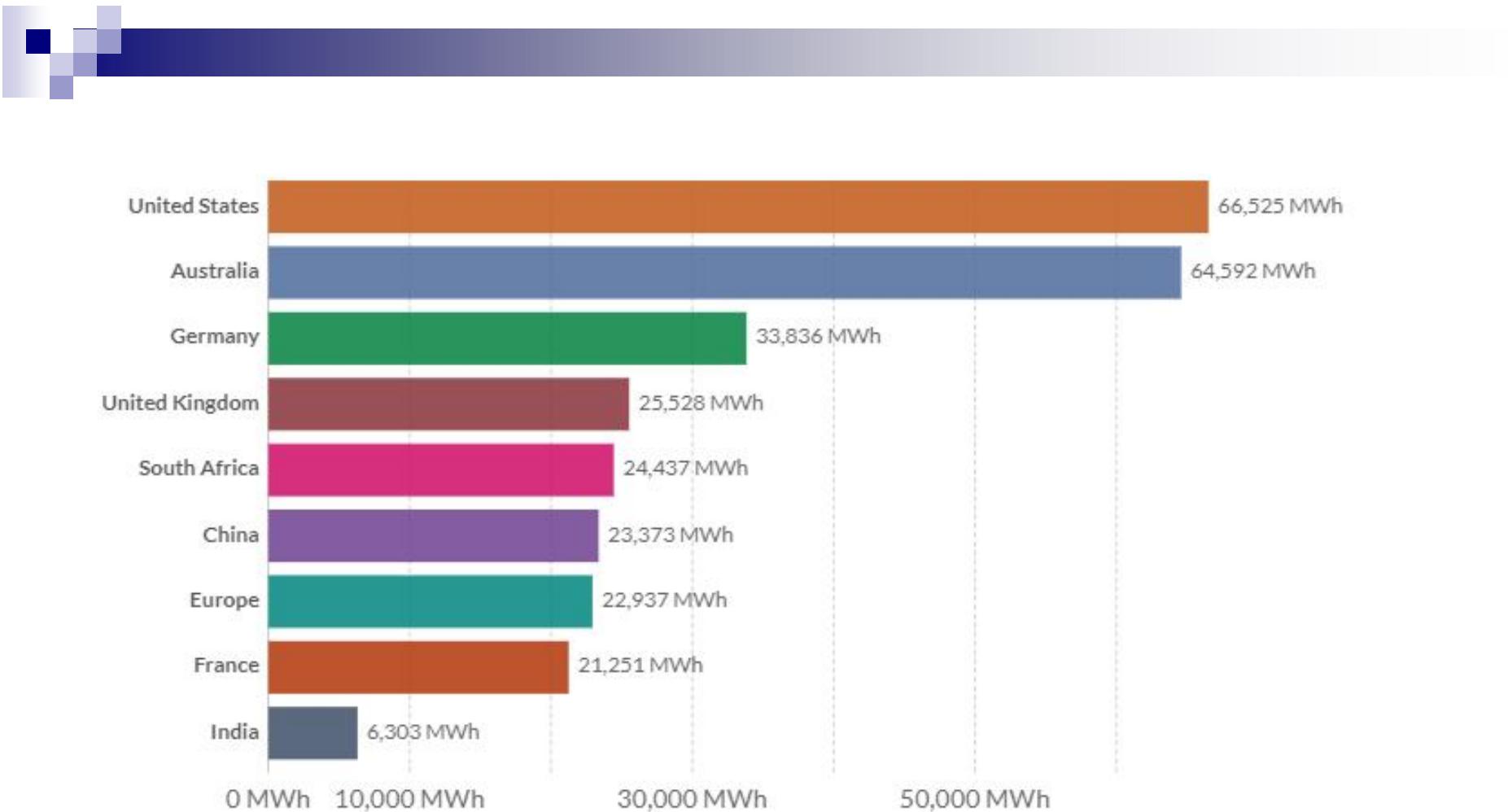
Povećanje potrošnje u posljednjih pola stoljeća, za 8 puta od 1950.,

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

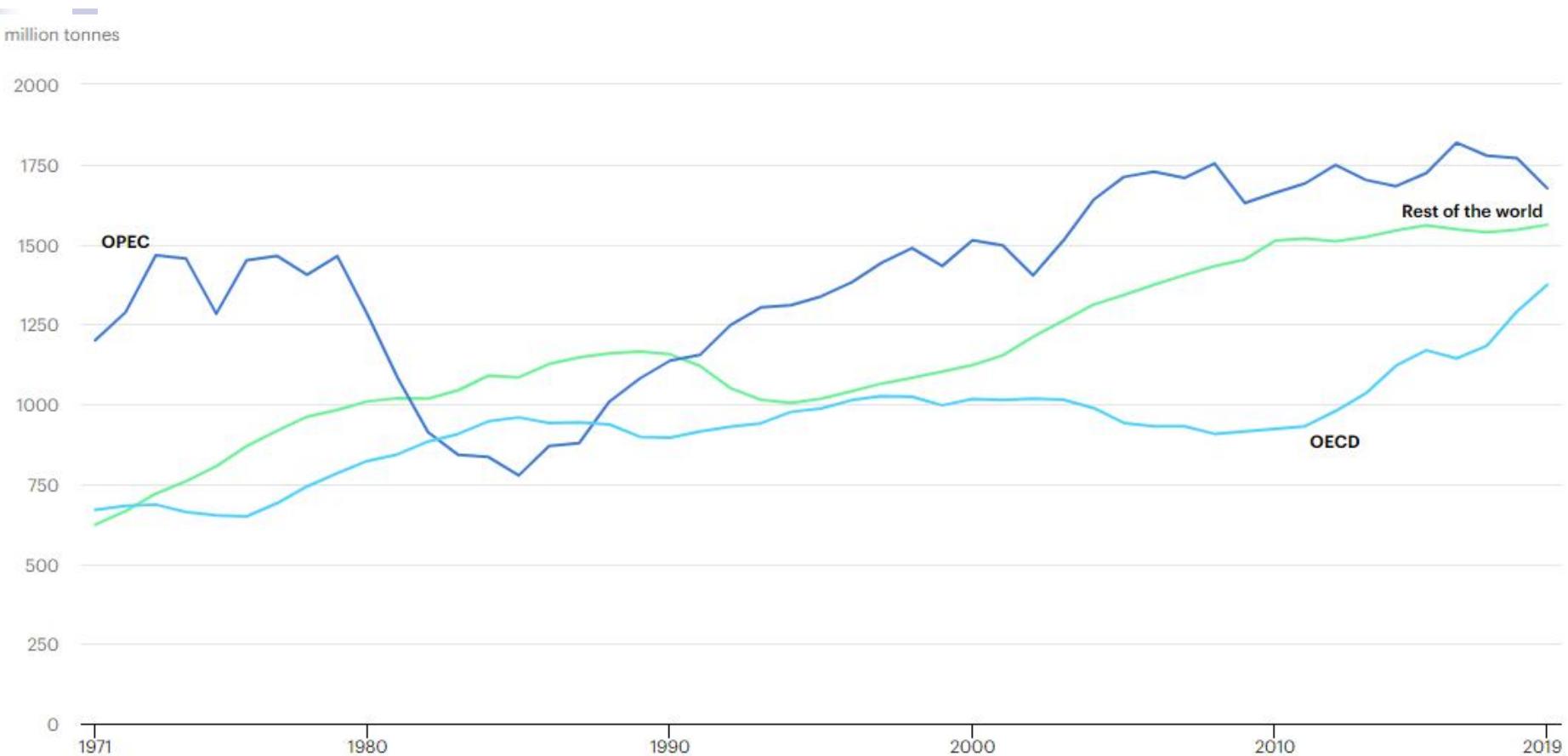
Danas potrošnja ugljena u mnogim dijelovima svijeta opada.

Ali nafta i plin i dalje brzo rastu.

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



Potrošnja fosilnih goriva po glavi stanovnika u 2019. godini



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.

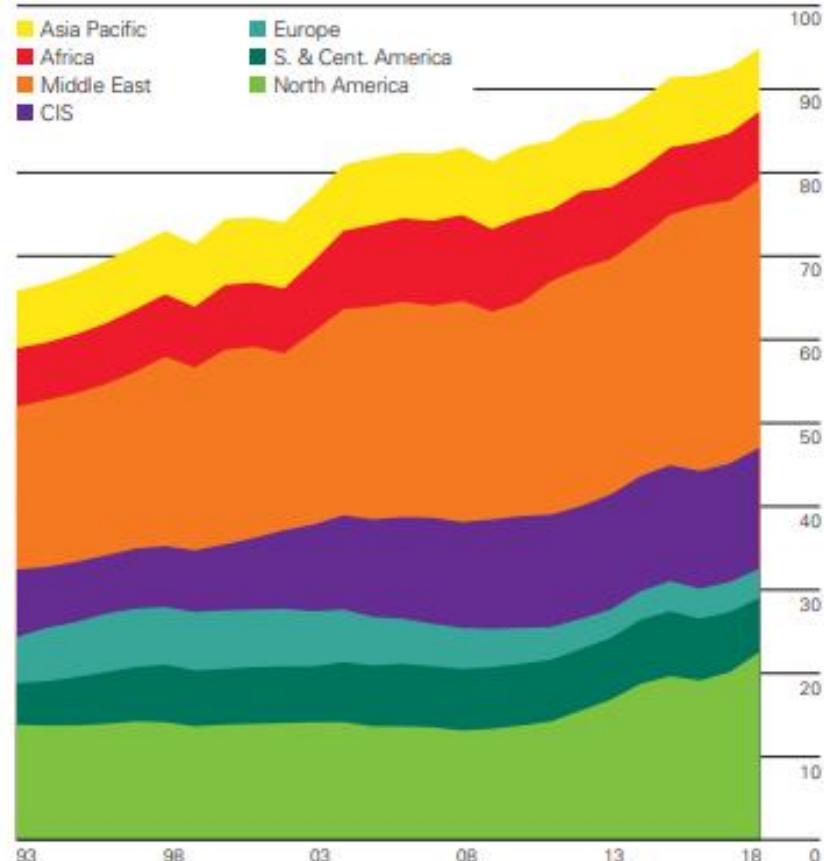
Saudijska Arabija bila je drugi najveći svjetski proizvođač u 2019.)



Oil: Production by region

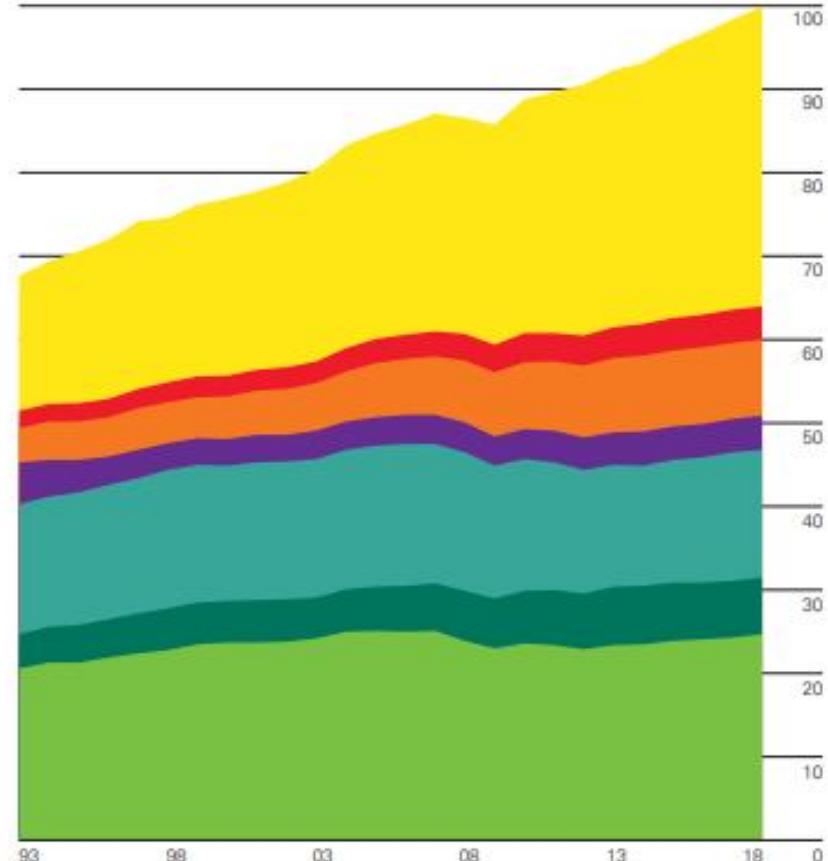
Million barrels daily

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



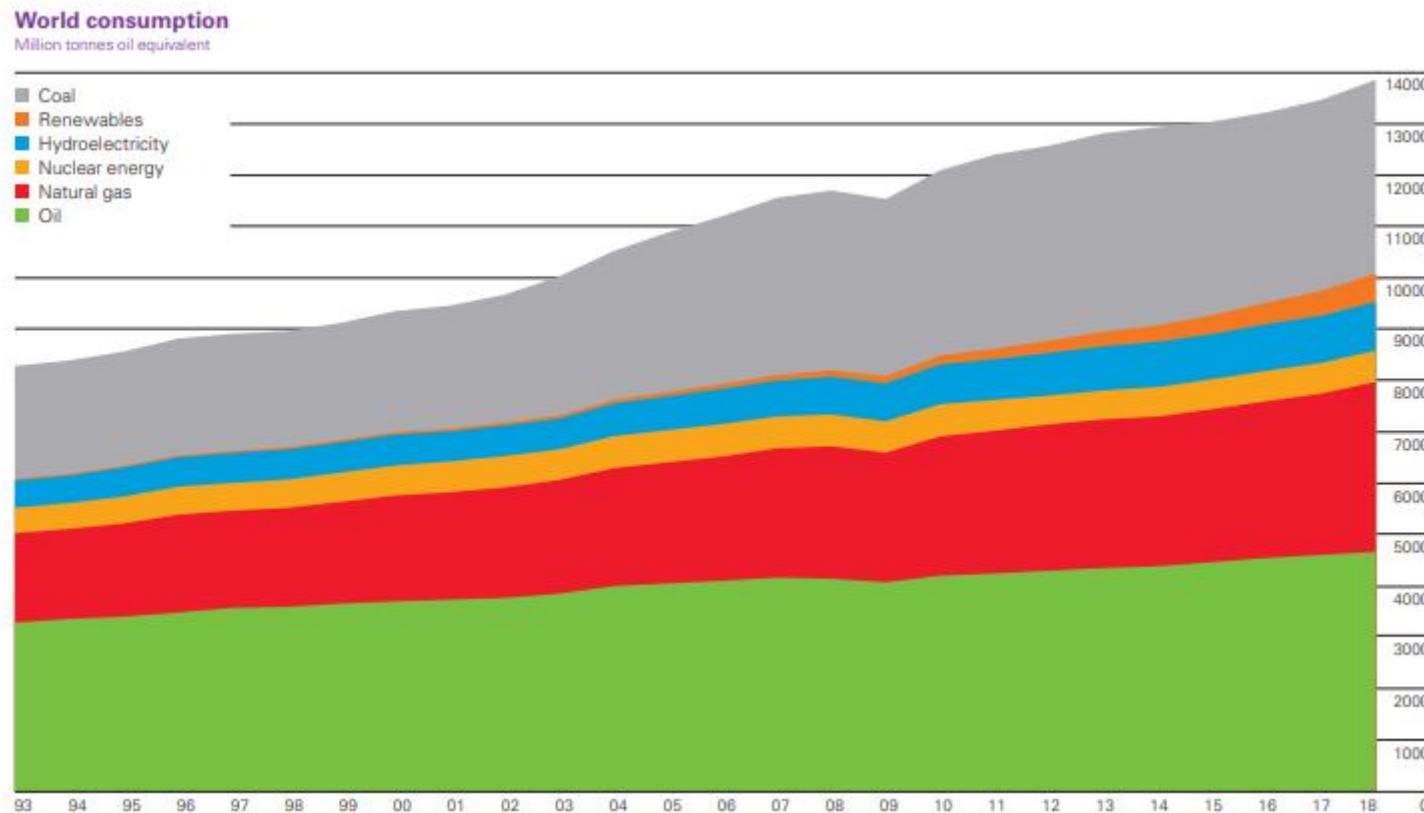
Oil: Consumption by region

Million barrels daily

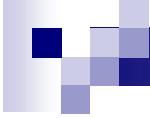


- Globalna proizvodnja nafte porasla je za 2,2 milijuna b / d u 2018.
- Rast je bio snažno koncentriran u SAD-u (2,2 milijuna b / d), Kanadi (410 000 b / d) i Saudijskoj Arabiji (390 000 b / d) dok je proizvodnja nafte naglo opala u Venezuela (-580.000 b / d) i Iranu (-310.000 b / d).
- Proizvodnja OPEC-a 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



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. & Cent. Americi, ali natprosječno u ostalim regijama.</p> <p>Sva su goriva, osim ugljena i hidroelektrične energije, rasla natprosječnim stopama.</p> <p>Najveći jplin prirost 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,
 ω - ugaona brzina

- Pri dizanju utega obavlja se mehanički rad

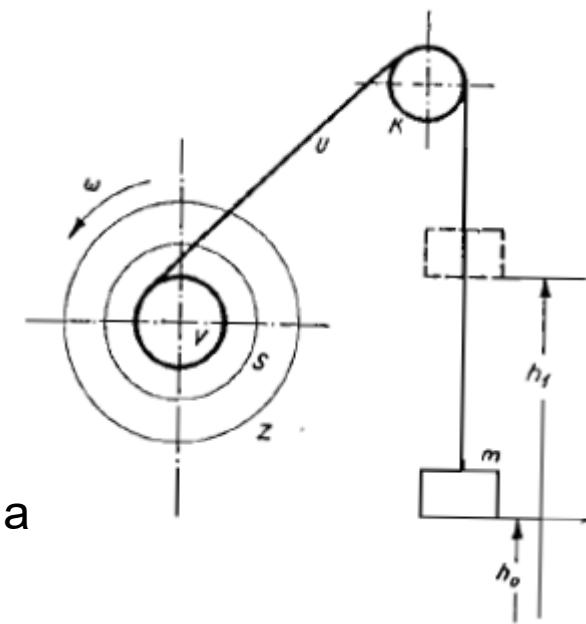
$$dW = m \cdot g \cdot dh \quad \text{Potencijalna energija se povećala}$$

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

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_{α} - 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 hватиšte pomjeri za 1 m

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

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

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



- Snaga – [W] (Watt):

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

$$1 [kWh] = 3600 kW\cdot s = 3.6 MJ$$

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

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



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 $g=9.80665\text{ms}^{-2}$, tj $1 \text{ kp} = 9.80655 \text{ N}$)

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

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

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

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

Tablica konverzije za dužine:

$$1 \text{ BTU} = 1055 \text{ Ws}$$

$$1 \text{ inch (in.)} = 25.4001 \text{ mm}$$

$$1 \text{ foot (ft.)} = 0.304801 \text{ m}$$

$$1 \text{ yarde (yd.)} = 0.914402 \text{ m}$$

$$1 \text{ rod (rd.)} = 5.02921 \text{ m}$$

$$1 \text{ mile (mi.)} = 1.609347 \text{ Km}$$

$$1 \text{ millimeter} = 0.03937 \text{ in.}$$

$$1 \text{ meter} = 3.28083 \text{ ft.}$$

$$1 \text{ meter} = 1.093611 \text{ yd.}$$

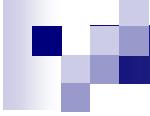
$$1 \text{ meter} = 0.198838 \text{ rd.}$$

$$1 \text{ Kilometer} = 0.621370 \text{ mi}$$

Klasifikacija oblika energije

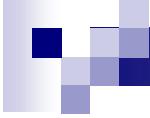
Uobičajena je podjela na: **primarni, transformirani i korisni oblici energije**

- 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 OBЛИCI 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 (bioplín)***

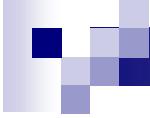
Klasifikacija primarnih oblika energije prema uobičajenosti upotrebe (ranja i uobičajena podjela)

■ Konvencionalni

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

Nekonvencionalni

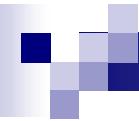
- Kinetička energija vjetra
- Potencijalna energija plime i oseke
- Toplinska energija Zemljine unutrašnjosti koja se ne pojavljuje na površini
- Sunčeva energija (neposredno korištenje)
- Toplinska energija mora
- Energija fuzije lakih atoma



Klasifikacija primarnih oblika prema fizikalnim svojstvima

Prirodne oblike energije dijelimo na nosioce:

- ***Hemijeske energije:*** drvo i otpaci, ugljen i treset, sirova nafta, zemni plin, uljni škriljavci, biomasa, biopljin
- ***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:*** Sunčeve 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.

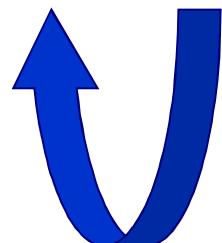
Neobnovljivi primarni izvori energije

- 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

- Sunčev 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 sadražaj zemlje je:

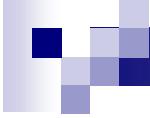
10^{31} joule = $3 \cdot 10^{15} \text{ TW} \cdot \text{hr}$,

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 obika 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 Sunčevu 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

NEOBOVLJIVI 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, usklađenja 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 ekonomска opravdanost njihova iskorištavanja (vezano uz razvoj metoda i postupaka) razlozi njihovog većeg iskorištavanja do sada!

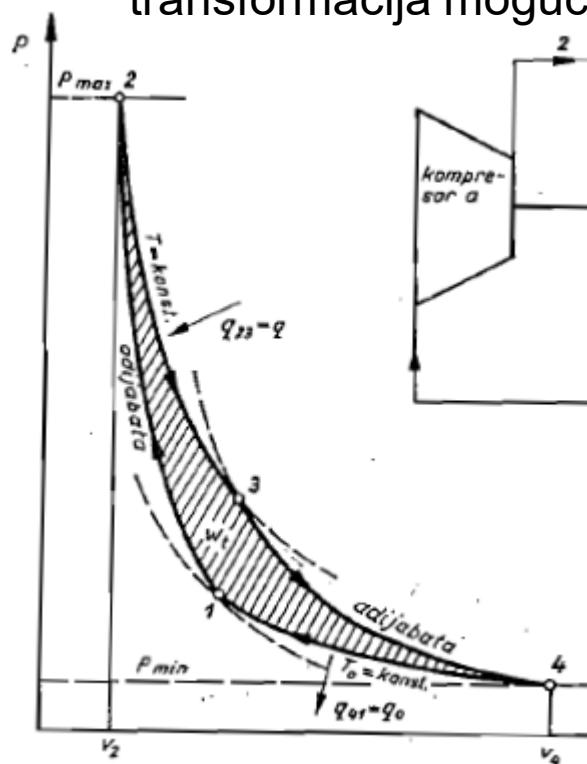
Transformirani oblici energije

- 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 energije 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.

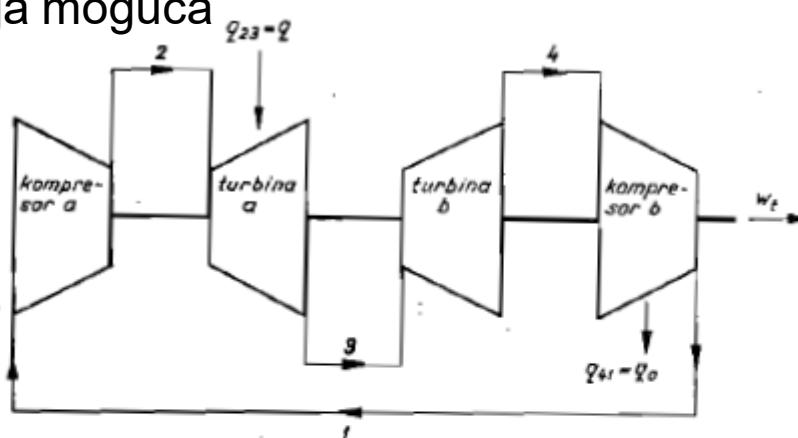
- Transformacije energije su važne u primjeni energije u različitim prirodnim naukama uključujući prirodne nавке, biologiju, geologiju, hemiju i kosmologiju.
- Energija može biti transformisana tako da se može koristiti u drugim procesima ili mašinama, ili za obezbjeđivanje nekih usluga kao što su: grijanje, 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

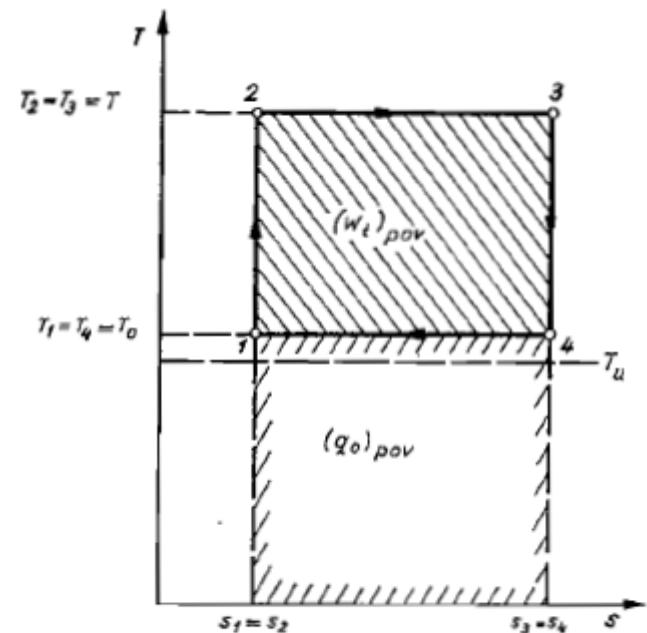
- 1 Zakon termodinamike- govori o transformacijama oblika energije
- 2 zakon termodinamike- smjer odvijanja termodinamičkih procesa- da li je neka transformacija moguća



Sl. 5.32. Carnotov kružni proces

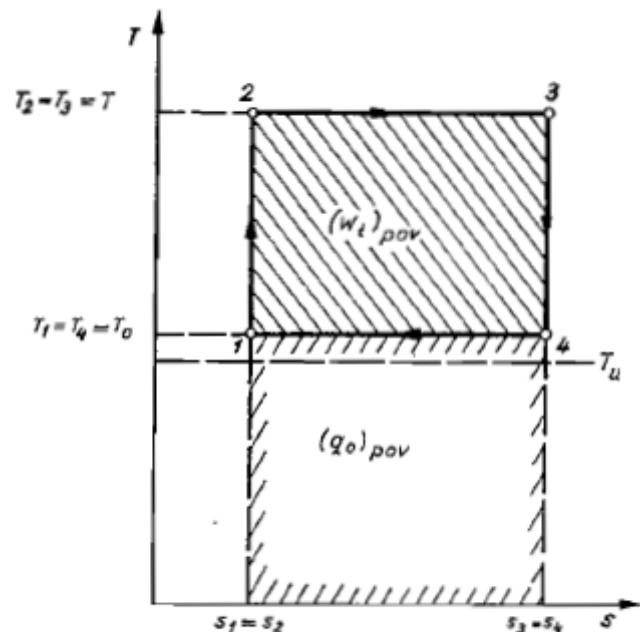


Sl. 5.31. Shema spoja toplinskog stroja za izvođenje Carnotova kružnog procesa



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 toplina

Površina ispod donje izoterme-odvedena toplina

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

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

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

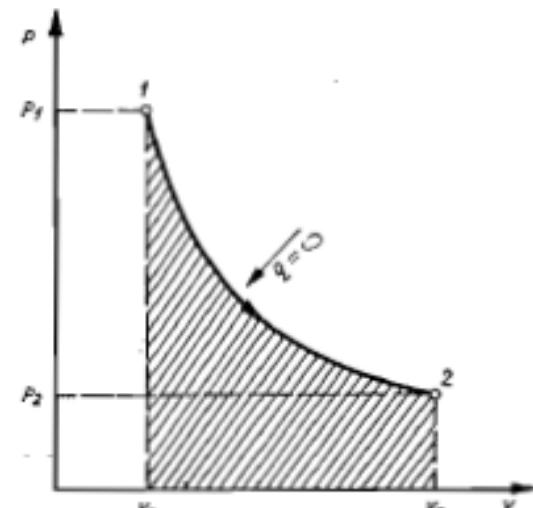
$$(W_t)_{pov} = Q_{pov} - |Q_{0pov}| = (T - T_0)(S_3 - S_2)$$

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

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)

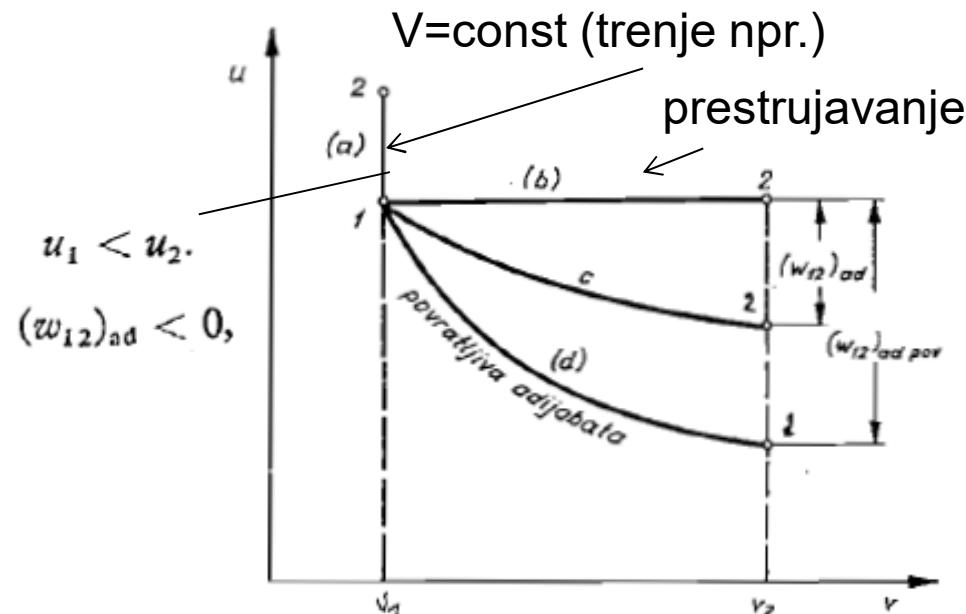
Zaključak:

- 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. Adijabatska ekspanzija –maksimalna mehanička energija– ali samo do pritiska koji je jednak pritisku okoline. Postoji dakle granica pretvorbne unutarnje energije u mehaničku energiju



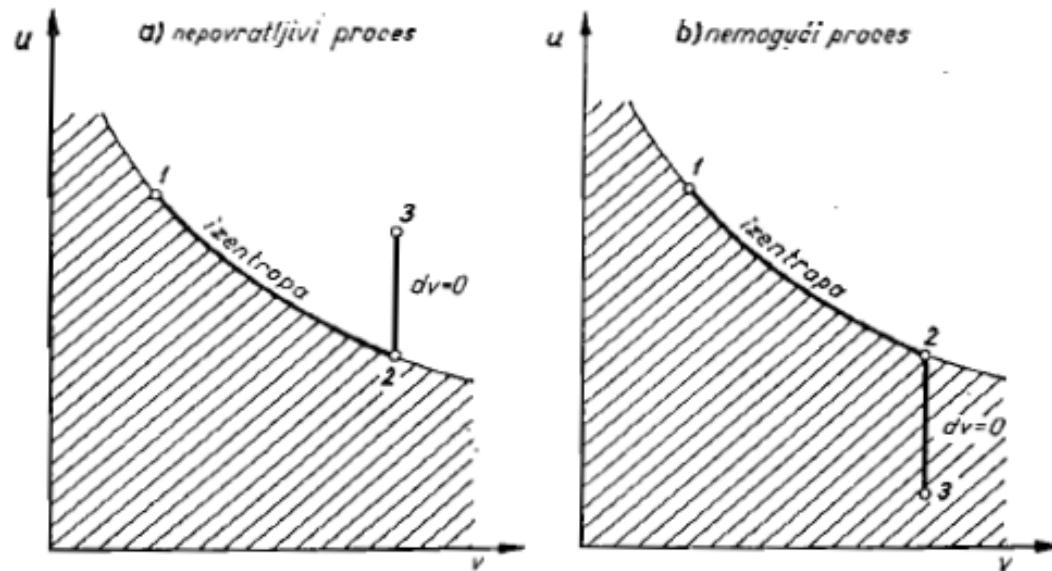
$$u = \int_1^2 c_v dT = c_v (T_2 - T_1)$$

$$du + p dv = 0$$



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

Za pretvorbu mehaničke energije u unutrašnju nema ograničenja



Određivanje razlike 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 vрати v način do uspostavljanja ravnoteže.

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

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

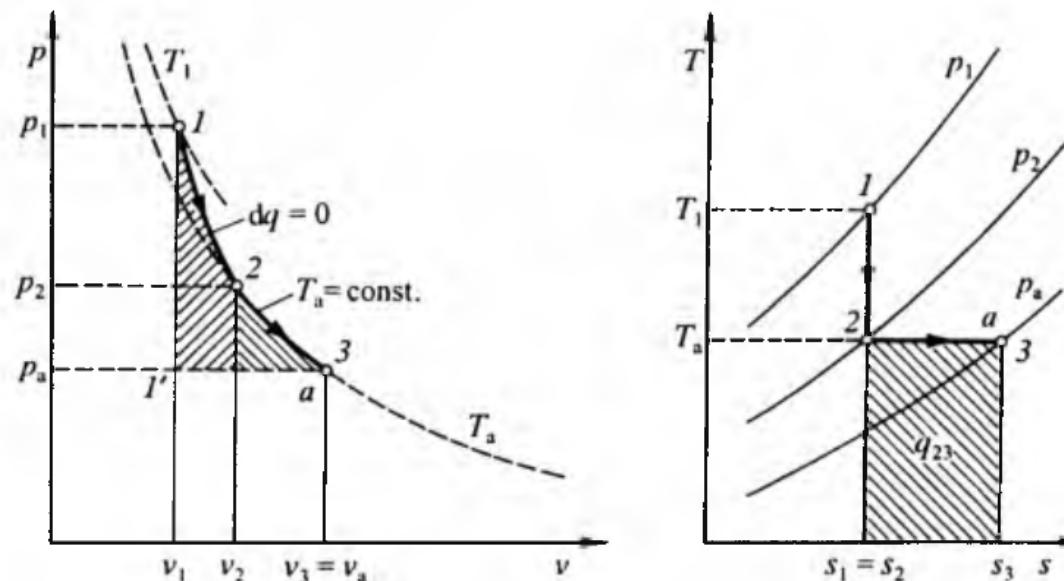
- Ostvariti rad na povratni način do uspostavljanja ravnoteže

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 pritisaka $p_3 = p_a$

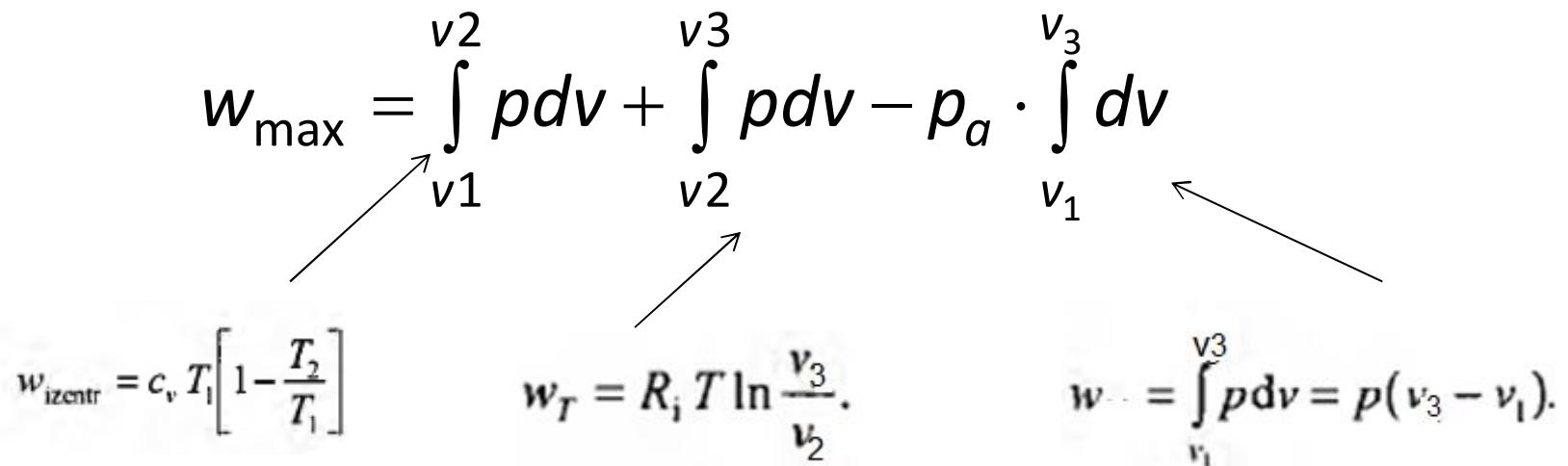
Izotermna ekspanzija je potpuno povratna jer se potrebna toplina $T_a \cdot (s_3 - s_2)$ dovodi radnoj materiji iz okoline iste temperature dakle uz $\Delta T = 0$



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, izoternog od 2 do 3, i „potiskivanja okoline od 1 do 3:

$$w_{\max} = \int_{v1}^{v2} pdv + \int_{v2}^{v3} pdv - p_a \cdot \int_{v1}^{v3} dv$$



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

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

$$w_p = \int_{v_1}^{v_3} p dv = p(v_3 - v_1)$$

$$w_{\max} = c_v (T_1 - T_a) + R_i T_a \ln \frac{p_2}{p_a} - p_a (v_a - v_1), \quad \begin{aligned} T_2 &= T_3 = T_a, \\ p_3 &= p_a \text{ i } v_3 = v_a \end{aligned} \quad 49$$

- 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 sistema u okolini pritiska pa i temperature Ta:

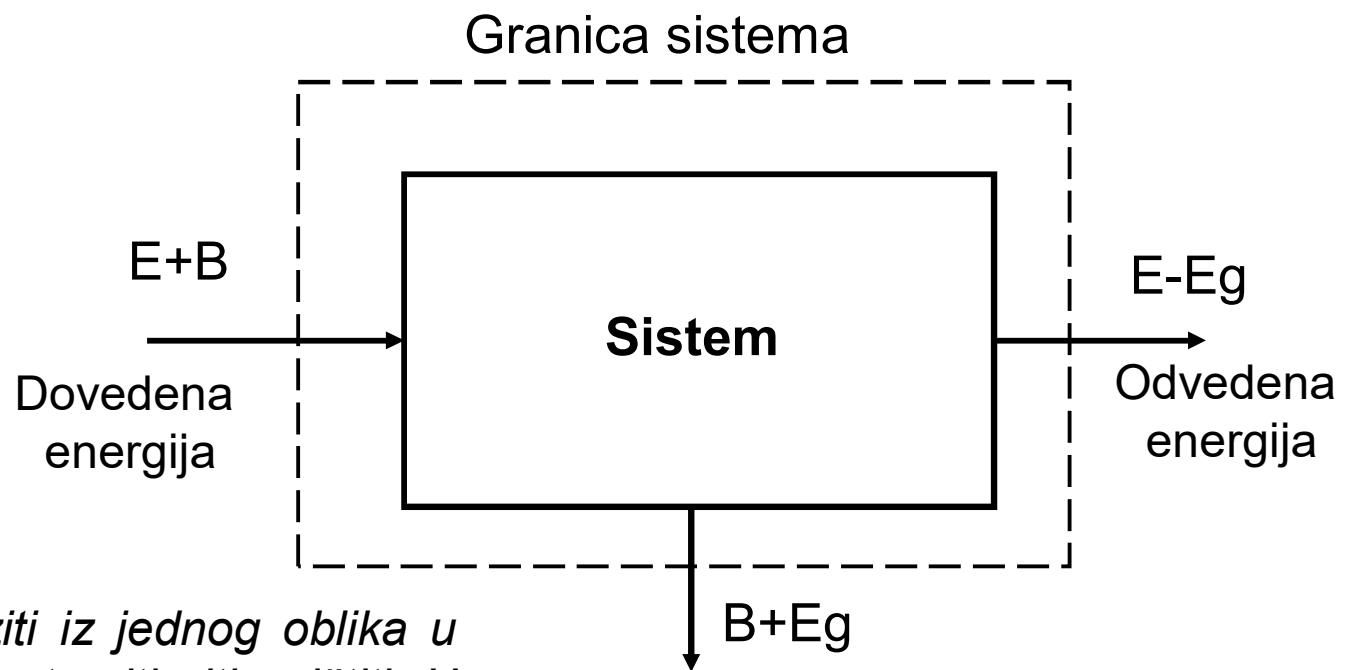
$$w_{\max} = u_1 - u_a - T_a(s_1 - s_a) + P_a(v_1 - v_a).$$

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. glavnem 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 vrjednije 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 (Eg)**

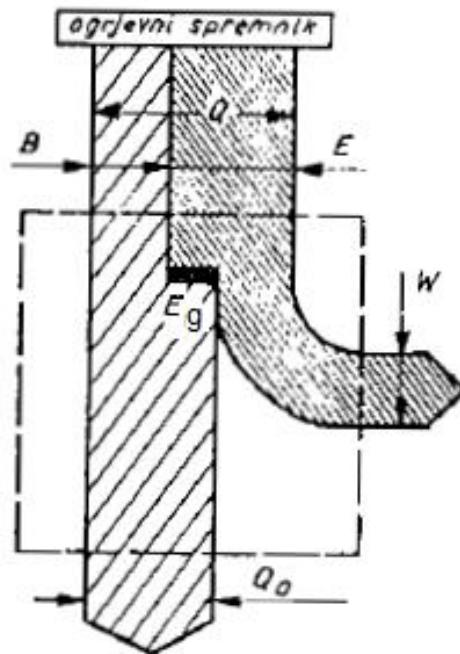
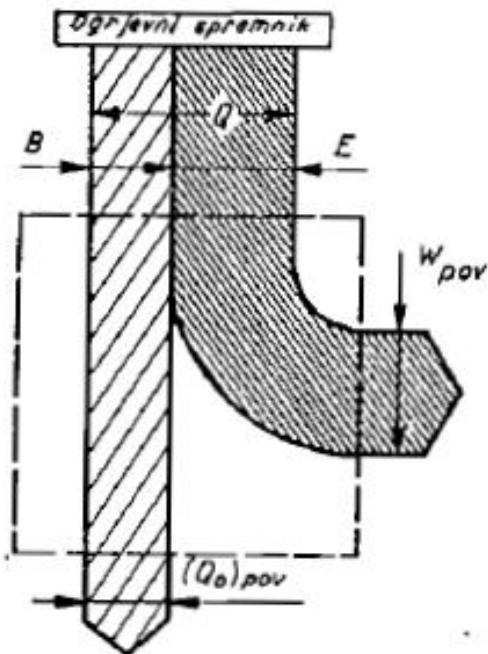


Energija može prelaziti iz jednog oblika u drugi, ali se ne može stvoriti niti uništiti. U izoliranom sistemu je zbroj energija konstantan - *Zakon očuvanja energije.*

- prema 2. glavnom stavku termodinamike postoje tri oblika (vrste) energije s obzirom na mogućnost pretvorbe u mehanički rad:
- **eksergija**: 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 eksergija, uz mehaničku i električnu energiju, jer se u potpunosti pretvara u sve druge oblike energije.);
- **energija**: Energija koja se može samo ograničeno pretvoriti u eksergiju. Tu se ubrajaju unutarnja energija i toplina. 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 podsistemima okolice: tlu, vodi i zraku, na temperaturi i tlaku okolice.
- Da bi se ostvario korisni rad potrebna je razlika, odnosno dva nivoa, toplotne. Toplotni rezervoar, koji okružuje neku toplotnu mašinu, u kojem vlada na svakom mjestu ista temperatura ne može se upotrijebiti za korisni 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 sprječili nepotrebne gubitke eksnergije.
- Povratni proces- eksnergija se javlja kao mehanička energija W_{pov}

Anergija: odvedena toplina Q_0

Uspoređujući dovedenu eksergiju i dobivenu eksergiju može se definirati

Eksersijski (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 lаких 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- Sunčeve isijavanje i zračenje topline iz geotermalne energije(vrući izvori)

Ostale moguće transformacije oblika energije

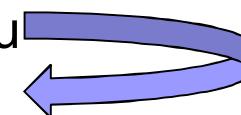
- Transformacije primarnih oblika se ne mogu uvijek koristiti kao korisni oblici energije
- Potrebna još bar jedna , nekada i više pretvorbi da bi dobili najpogodniji oblik energije za korištenje
- Mogući slučajevi:

1.Transformacija transformiranih oblika energije: transformacijom primarnih oblika energije dobija se:

- toplinska energija i
- mehanička energija.

Toplinska energija se transformira u mehaničku

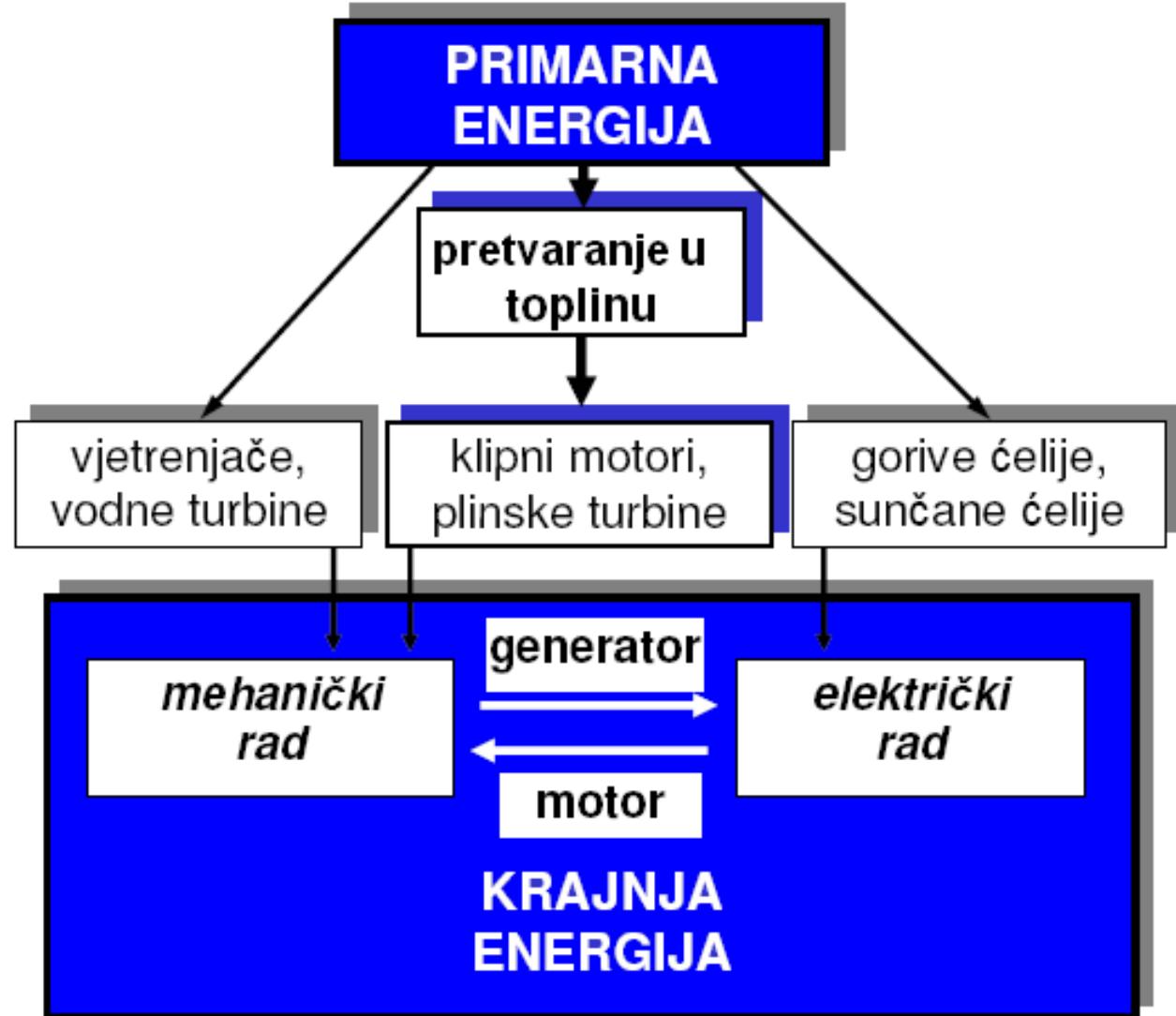
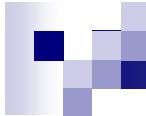
- Termoelektrane: kotao turbina



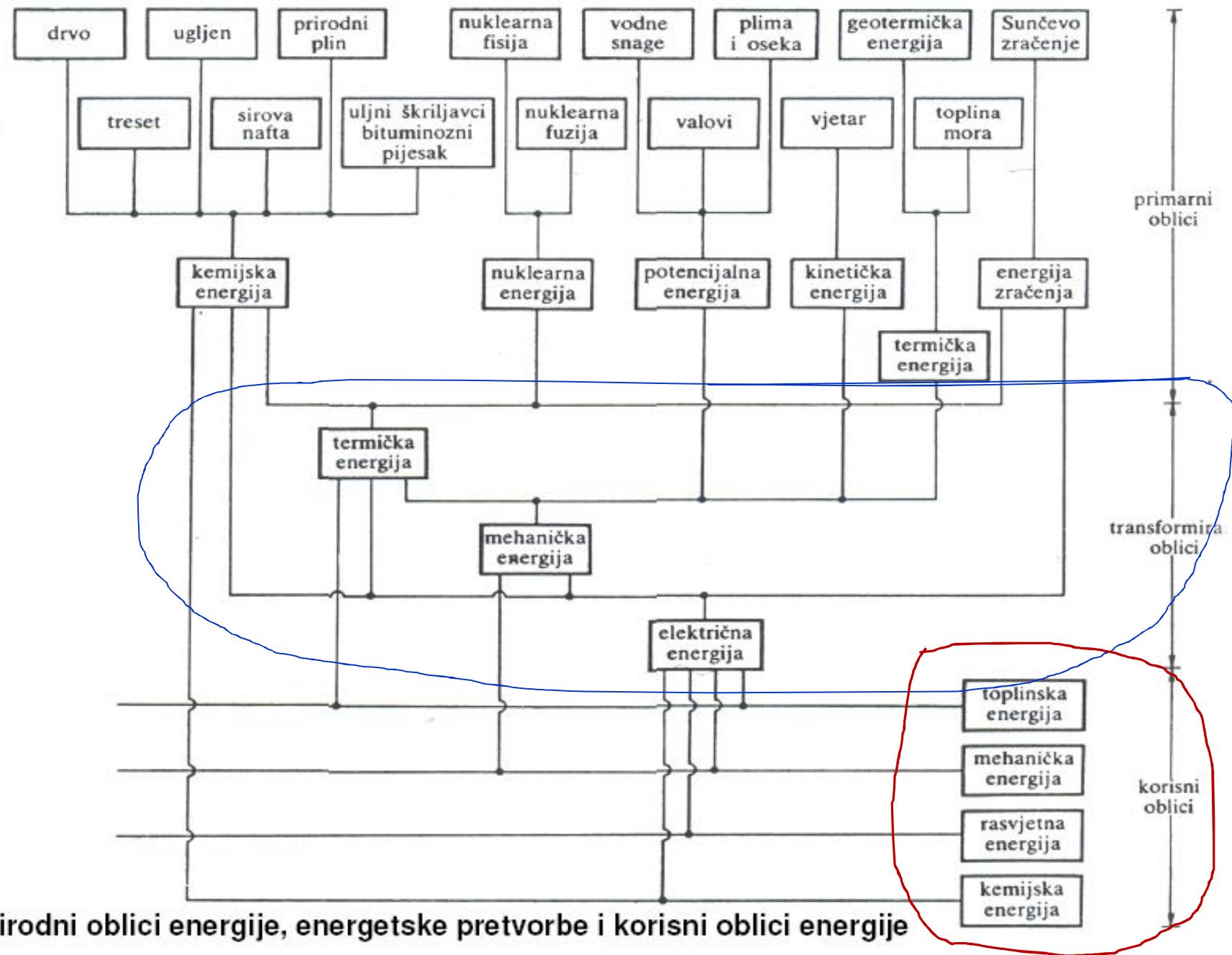
Mehanička energija u električnu

- elektrane: turbina-generator





Kao **krajnji energetski 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),

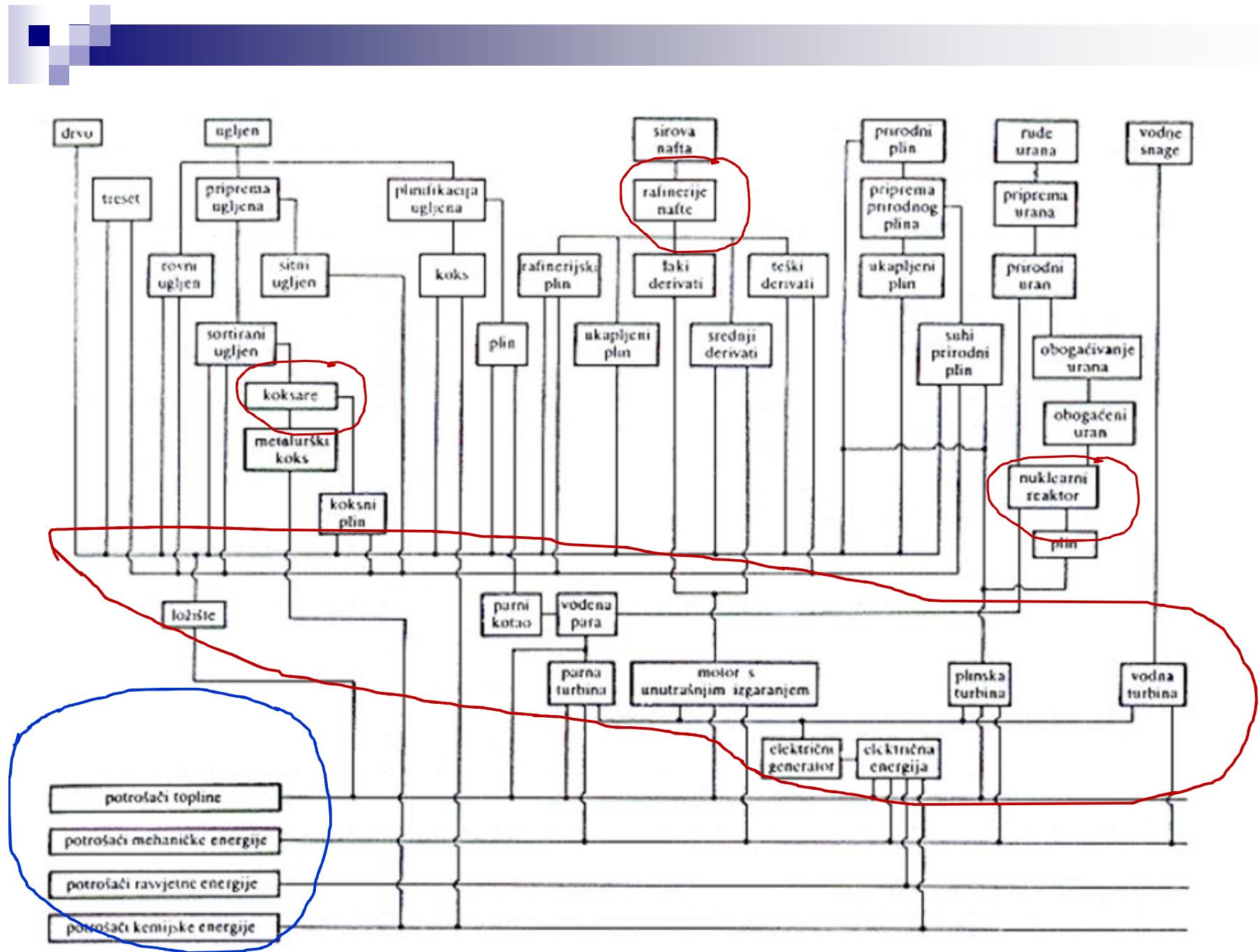
2. Za pogon parnih turbina u kojima se unutrašnja energija pare konačno transformira u mehaničku (preko kinetičke).

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.



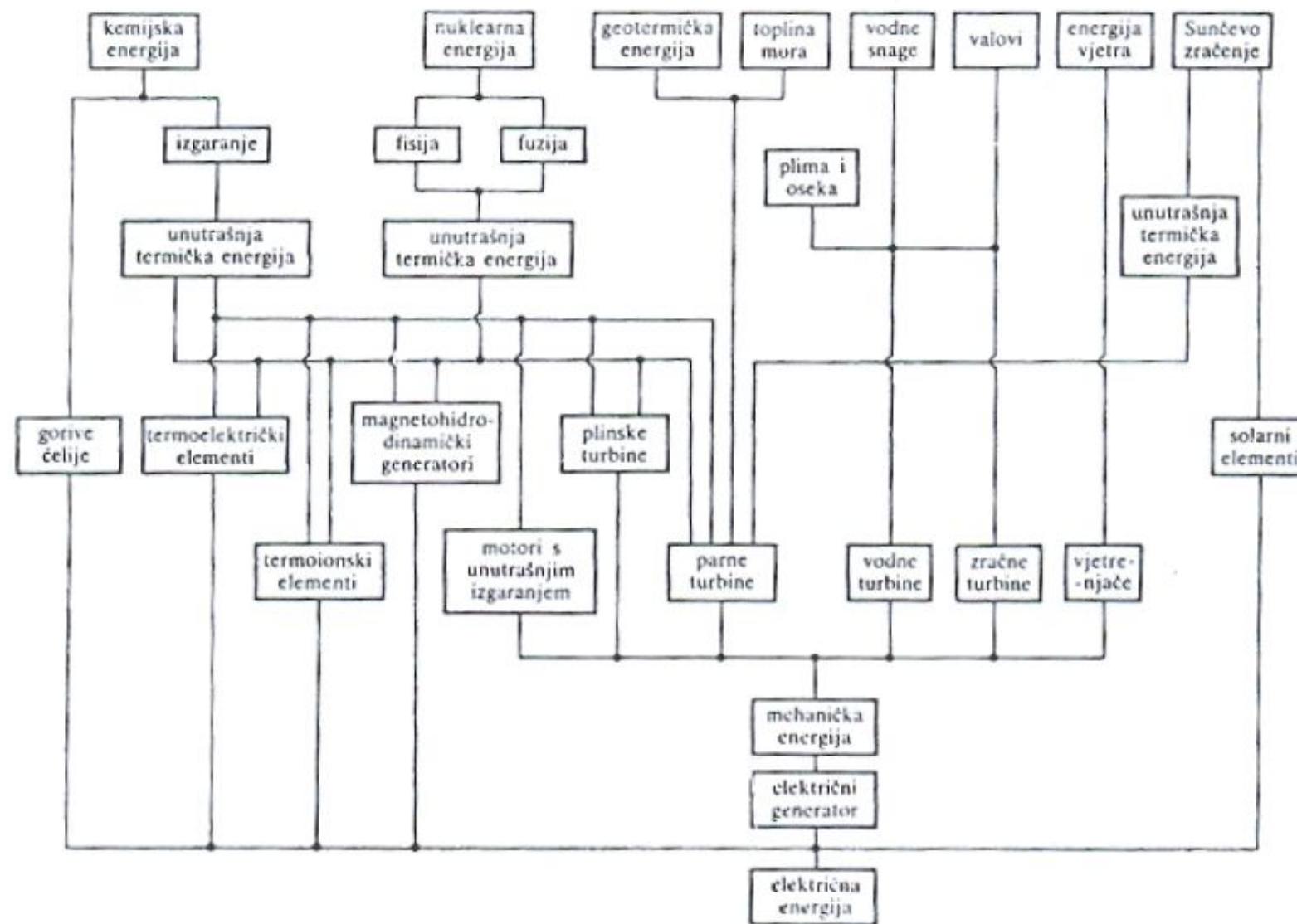
Konvencionalni primarni oblici energije, transformacije i postrojenja za transformaciju te korisni oblici energije

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

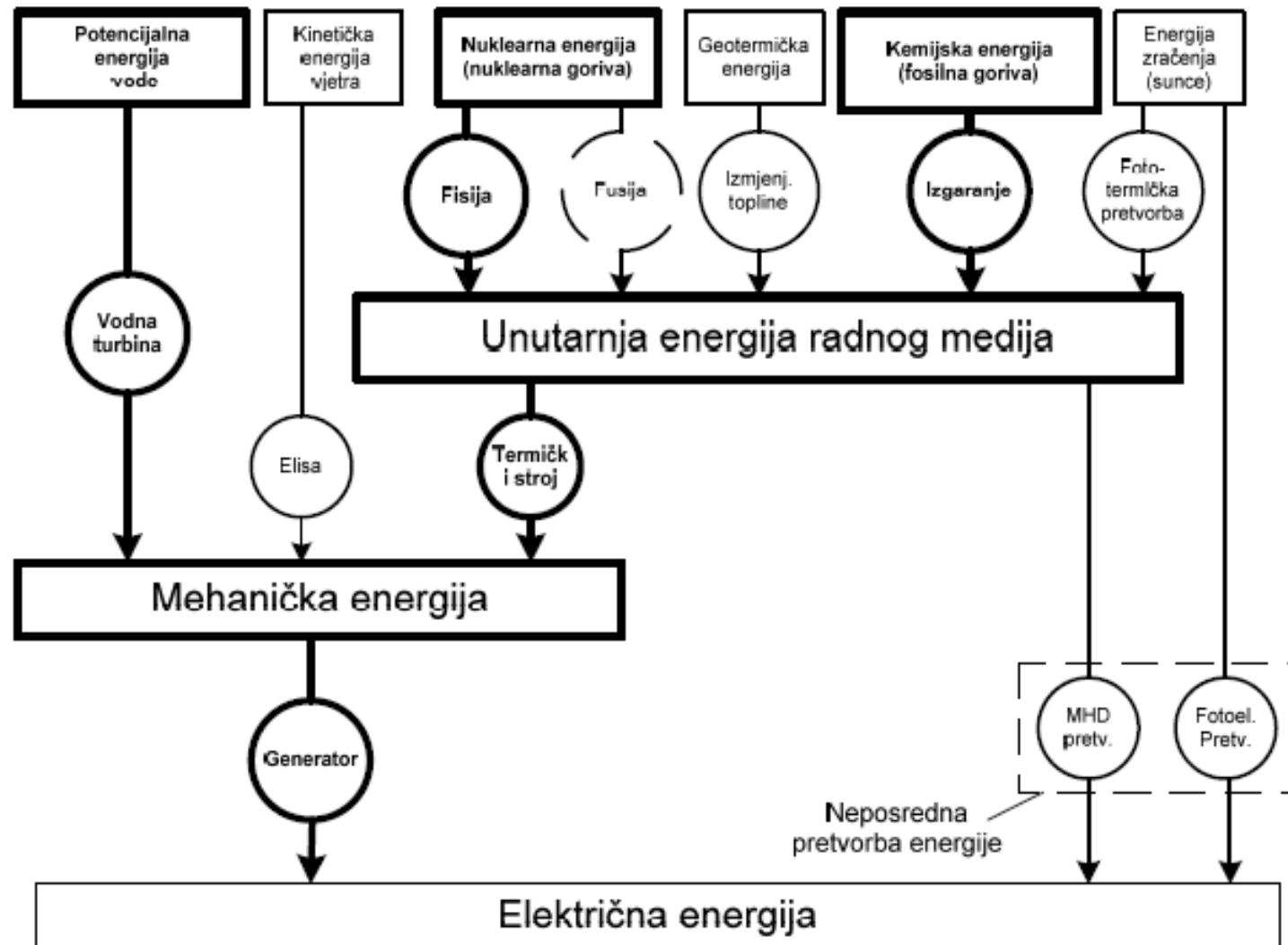
4. Može se desiti i obrnuta transformacija oblika energije u primarni oblik:

- 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)*

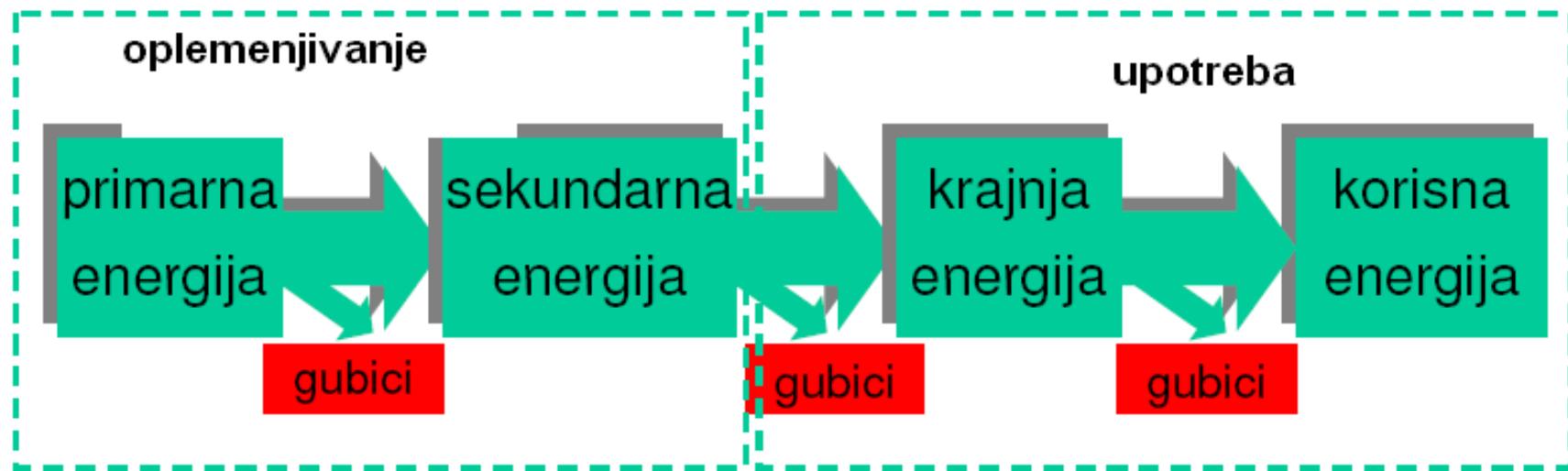
Moguće transformacije u električnu energiju



Postupci proizvodnje električne energije u elektranama



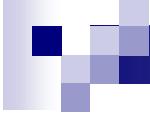
Lanac pretvorbi pri upotrebi energije



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!!**



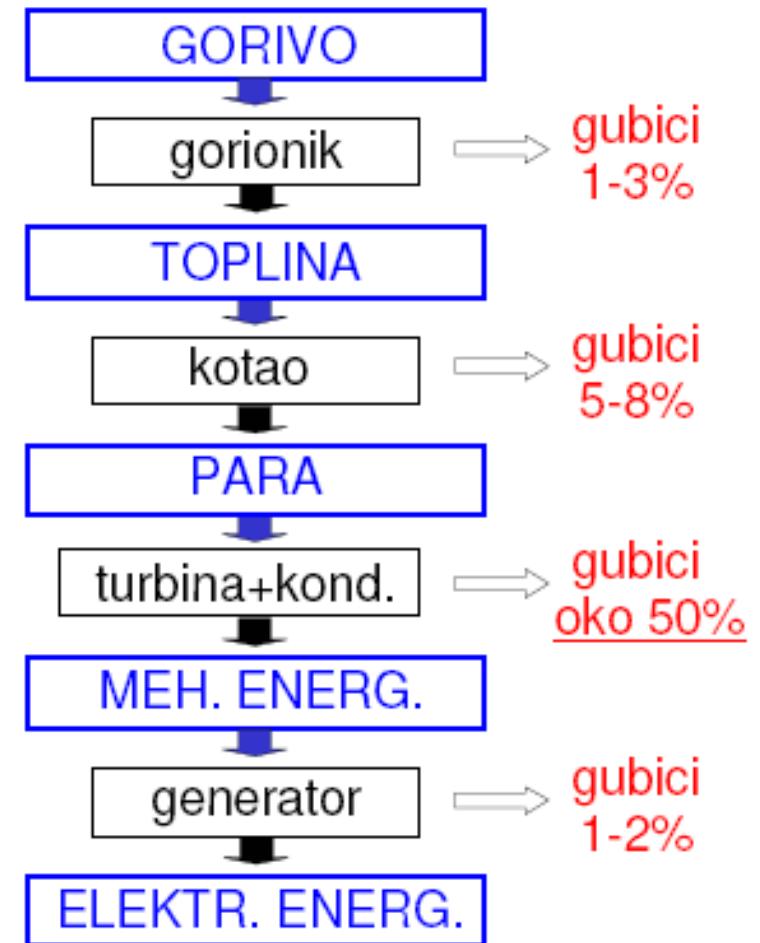
Električna energija- najplemenitiji sekundarni oblik energije

Prednosti:

- moguća je pretvorba iz svakog energetskog izvora (čak i otpad)
- pouzdano 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 - intezivne investicije



PRIMARNA ENERGIJA

Fosilna
goriva

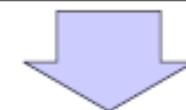
Nuklear.
goriva

Energija
vode

Energija
vjетra

Sunčeva
energija

Otpad
(biološki)



ELEKTRIČNA ENERGIJA



Svjetlo

Mehanička
energija

Kemijska
energija

Toplinska
energija

Pomoćna
energija

KORISNA ENERGIJA



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 reduksijskim pećima i elektrolizama, ali se tu pojavljuje i toplinska energija kao korisni oblik energije.