

Енергија и животна средина

1

1

- Енергија – способност тела да изврши рад.
- На Земљи – потиче од енергије зрачења Сунца која је најпре процесом фотосинтезе променила облик
- Сунчева енергија – покреће хидролошки и друге атмосферске циклусе
- Све енергије, сем нуклеарне и геотермалне, су последица деловања Сунца
- Развој цивилизације повећава потребе за енергијом
- Углавном користимо фосилна горива.
 - Последице: климатске промене, киселе кише, ...

2

2

Облици енергије и њено одржање

- Један од најважнијих природних закона – закон одржања енергије – не може се ни створити ни уништити већ само мења облик
- Последица тога што је универзум затворен систем – укупна количина енергије се одржава

3

3

Конзервативне силе и потенцијална енергија (механика)

$$A = -\Delta E_p.$$

- Теорема о раду и енергији за конзервативне силе ($A=A_c$)

$$A_c = \Delta E_k = E_{kf} - E_{ki}.$$

$$-\Delta E_p = \Delta E_k \implies \Delta E_k + \Delta E_p = 0.$$

$$E_{kf} - E_{ki} + E_{pf} - E_{pi} = 0$$

$$E_{ki} + E_{pi} = E_{kf} + E_{pf}.$$

- Закон одржања (механичке) енергије – за случај када на систем делују само конзервативне силе - **збир кинетичке и потенцијалне енергије у систему је константан.**

4
4

4

Облици енергије и њено одржање

- Најопштији закон – Први закон термодинамике

$$\Delta Q = \Delta U + A.$$

5

5

Облици енергије и њено одржање

Јединице енергије	
SI	Џул (joule) (J=N m)
	1 Cal=4,2 J (топлота потребна да се температура 1 г воде промени за 1°C)
Британски систем	1 BTU=1,055 J (топлота потребна да се једна фунта = 0,4536 kg воде загреје за 1°F=0,556°C)~енергија при сагоревању једне шибице 1 quad=10 ¹⁵ BTU (квадрилион)
Тона нафтног еквивалента	1 ТОЕ=45 GJ (ослобађа је 1 тона сирове нафте)
Барел нафтног еквивалента	1 БОЕ=5,8 милиона BTU (ослобађа је 1 барел (bbl) нафте/42 галона/160 литара)

6

6

Облици енергије и њено одржање

- Облици у којима се енергија јавља
 - Механичка енергија
 - Унутрашња енергија
 - Магнетна енергија
 - Електрична енергија
 - Електромагнетна енергија
 - Хемијска енергија
 - Нуклеарна енергија

$$E = mc^2,$$

7

7

Облици енергије и њено одржање

- “енергетска криза”
 - Не значи да нема енергије већ да немамо могућност да је довољно ефикасно екстрахујемо и преведемо у облик погодан за складиштење и коришћење.
- Извори енергије
 - Обновљиви и
 - Сунчево зрачење, ветар, водотокови, плима и осека, геотермална енергија, биомаса
 - Необновљиви
 - Фосилна горива (угаљ, нафта, природни гас)
 - Нуклеарна енергија
- У суштини су сви извори необновљиви – питање је на којој временској скали
- Прецизније – обновљиви су они који се неће приметно смањити током неколико људских генерација.

8

8

Горива и ефикасност извора енергије

- Горива – супстанце у којима је енергија ускладиштена тако да може да се екстрахује и користи
- Углавном су смеше угљоводоника
 - сагоревање - егзотермна реакција
 - Реакција са кисеоником, граде се CO_2 и H_2O и ослобађа топлота
 - Ослобођена количина енергије – топлотна моћ горива

9

9

Горива и ефикасност извора енергије

Gorivo	Toplotna moć [kJ/g]
Vodonik	141,9
Benzin	47,0
Dizel	45,0
Etanol	29,8
Propan	49,9
Butan	49,2
Drvo	15,0
Ugalj (lignit)	15,0
Ugalj (antracit)	27,0
Prirodni gas	54,0

Tabela 6.1: Toplotna moć nekih vrsta goriva.

10

10

Горива и ефикасност извора енергије

- Немогуће је искористити сву енергију из једног извора – увек има губитака (у виду топлоте и звука)
- Степен искоришћења/ефикасност – количник искоришћене и укупне ослобођене енергије

$$\eta = \frac{E_{isk}}{E}$$

11

11

Горива и ефикасност извора енер

$$\eta = \frac{E_{isk}}{E}$$

- Ефикасност сијалице са W нити 0,1 (свега 10% енергије даје светлост, остало је топлота)
- Ефикасност вишестепене конверзије = производ ефикасности сваког степена
 - Светлости из термоелектране
 - 1. степен, добијање електричне струје, $\eta_1=0,35$
 - 2. степен, добијање светлости из електричне струје, $\eta_2=0,1$
 - Укупна ефикасности $\eta = \eta_1\eta_2=0,35 \times 0,1=0,035$

12

12

Необновљиви извори енергије



- Први извор енергије - дрво
- Прва технологија – паљење ватре и сагоревање (пре око 1 000 000 година)
- Након тога енергија ветра и водотокова
- Парна машина – индустријска револуција – угаљ као главни енергент
 - Прва револуција – употреба парне машине уместо ручне производње
 - Друга револуција – друга половина 19. и почетак 20. века: нафта и електрична енергија
 - Трећа револуција – дигитална револуција, од 1980. до данас.



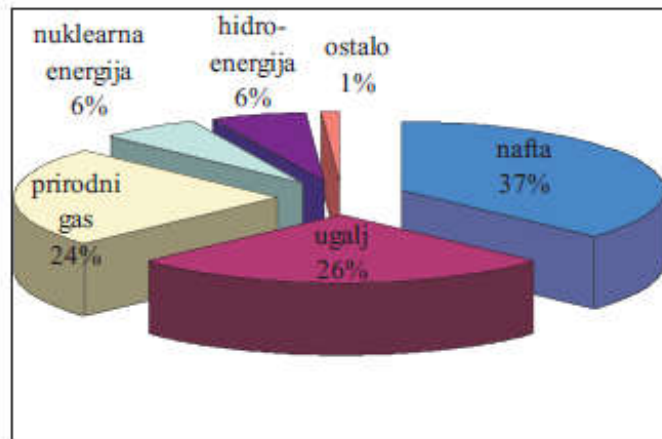
13

Необновљиви извори енергије

- 2. половина 19. века нафта и природни гас
- Након 2. св. рата нуклеарна енергија
- Фосилна горива данас подмирују око 87% енергетских потреба
- Нафта чини 37%
- Нуклеарна и хидроенергија по 6%
- Сви остали испод 1%

14

14



Slika 6.1: Svetska komercijalna potrošnja energije.

5

15

Необновљиви извори енергије

- Необновљиви извори: фосилна горива + нуклеарна енергија чине 93%
- Светске резерве лако доступне нафте су практично исцрпљене
- Трага се на океанском дну, покушава извлачење из нафтних шкриљаца
- Раст светске потрошње
 - по 1% годишње од 1970-2000.
 - Убрзан услед економског раста Кине и Индије

16

16

Необновљиви извори енергије

- Неравномерна расподела енергената и потрошње
- Богате земље, 20% светске популације
- Користиле су раније 80% енергије
- Очекује се да нове економске силе достигну по потрошњи Европу и САД

17

17

Фосилна горива

- Чврсте, течне и гасовите материје са високим садржајем угљоводоничних једињења, настале сабијањем наталожених остатака биљака и животиња под великим притиском у Земљиној кори.
- Настала у периоду Силура и Карбона (пре 360-400 милиона година)

18

18

Угаљ

- Настао у периоду Карбона пре 286-360 милиона година
- Клима на Земљи је била топлија и влажнија
- Део резерви потиче од шума папрати из времена диносауруса, пре око 65 милиона година
- Распрострањен, лако се експлоатише, има ниску цену,
- Први пут употребљен као средство за огрев пре око 3 000 година у Кини.
- Данас се користи за грејање кућа и постројења али и у термоелектранама.

19

19

Угаљ

- Хемијска енергија сагоревањем прелази у унутрашњу енергију воде, у термоелектранама након тога прелази у механичку енергију парне турбине а онда у електричну енергију



Slika 6.2: Parna turbina.

20

20

Угаљ

- Светске резерве 10 пута веће од резерва нафте и гаса
- Има га за више хиљада година овакве експлоатације
- Хилтов закон – квалитет угља расте са дужином “уклањање планинских врхова”
- Преко 90% резерви је у Азији, Северној Америци и Европи
- Србија, Колубара обезбеђује $\frac{1}{2}$ струје

21

21

Нафта

- Смеша различитих угљоводоника (95-98%) и једињења са N, S и O
- Вискозна течност, мрко-жуте, зелене или црне боје
- Густина, 820-920 kg/m³
- према групама угљоводоника
 - Парафинске, нафтенске и мешане

22

22

Нафта

■ Настанак

- Од беланчевина, угљених хидрата и масти
- Порекло од остатака биљних и животињских планктона и бактерија у мору
- Органски остаци геохемијским процесима под повишеним Т и Р прелазе у нафту и земни гас
- Око 2% оваквог материјала прелази у нафту
- Дубина слојева, неколико метара до 5 км

23

23

Нафта - примена

- Кина и Египат за осветљавање просторија
- Индустриска примена 1858. године, прва бушотина у САД
- Пречишћавање загревањем, дестилација
 - Керозин, бензин, дизел, растварачи, мазива, асфалт, ...
 - Пестициди, пластика, синтетичка влакна, боје, лекови
- 85% енергије за транспорт

24

24

Нафта - налазишта

- Око 65 000 нафтних поља
- Блиски исток 65% светских резерви
- Највећа потрошња у Северној Америци (32%)
- Штете
 - Од изливања
 - Повећање ефекта стаклене баште



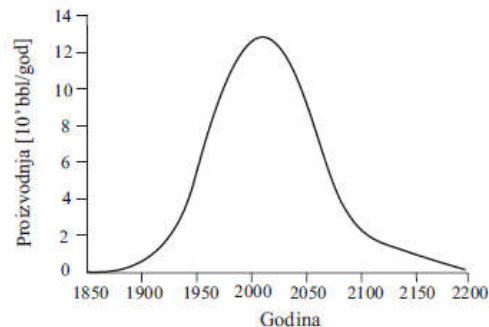
Slika 6.4: Naftna platforma.

25

25

Нафта - налазишта

- Преостало око 1,1 трилиона (тера)барела
- За мање од 40 година
- Хубертова крива (40-их година 20. века), 70. их год. Максимум производње у САД а затим пад.
- Аналогна предвиђања и за светске залихе нафте
- Нафтни шкриљци удвостручују резерве
- Арктик – северни пут...



Slika 6.5: Hubertova kriva globalne proizvodnje nafte.

26

26

Природни гас

- Конверзијом микро-органичких материјала
- Има га где и нафте
- Углавном га чини метан (90%), пропан, етан, ...
- Стопа пораста његовог искоришћења је највећа (2,2% годишње)
- Релативно ниска цена, велика ефикасност (75-95%)
- Чисто сагорева – ослобађа уз воду и нешто нечистоћа дупло мање угљен-диоксида
- Транспорт – гасоводима – не и бродовима
- Компримује се и утечни
 - На -160°C заузима 600х мању запремину

27

27

Природни гас

- Светске резерве
 - За око 60 година снабдевања
 - Можда и за око 200 – према прогнозама открића нових извора
 - 2/3 на Блиском Истоку и у земљама СССР
- Неконвенционални извори – хидрати метана у арктичком пермафросту и испод океанских седимената
- Извори
 - 350-3500 година?!

28

28

Нуклеарна енергија, 5-5-2015.

- 50. године прошлог века
- 6% светске енергије
- 14% светске електричне енергије
- ½ је у САД, Француској и Јапану
- Не емитује гасове стаклене баште
- Али ...
 - Чернобил (1986.), Фукушима (2011.)
 - Немачка одлучила да до 2022. угаси реакторе
 - Италија забранила употребу нуклеарне технологије
 - Кина гради 25 нових?!

29

29

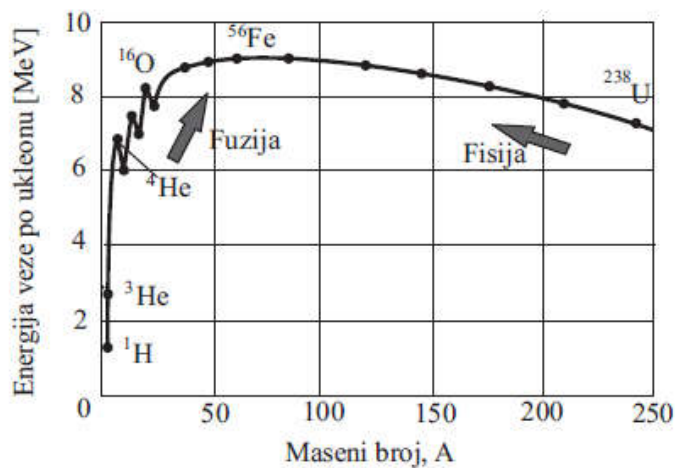
Нуклеарна енергија

- Нуклеарна енергија – ослобођена енергија везе језгра
- Језгро
 - Нуклеони – протони и неутрони
 - Збир маса нуклеона (појединачних) већи је од масе језгра као целине за Δm – *дефект масе*
 - Енергија која одговара овој маси је енергија везе језгра: $\Delta E = \Delta m c^2$

30

30

Нуклеарна енергија – енергија везе по нуклеону – стабилност језгра



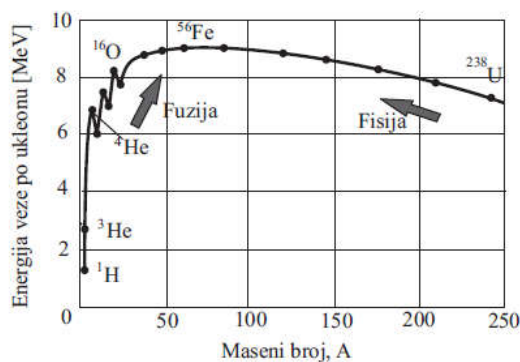
Slika 6.6: Zavisnost energije veze po nukleonu

31

31

Нуклеарна енергија – енергија везе по нуклеону – стабилност језгра

- Најстабилније је гвожђе
- Проблем су контролисана фисија и фузија



Slika 6.6: Zavisnost energije veze po nukleonu od atomskog broja.

32

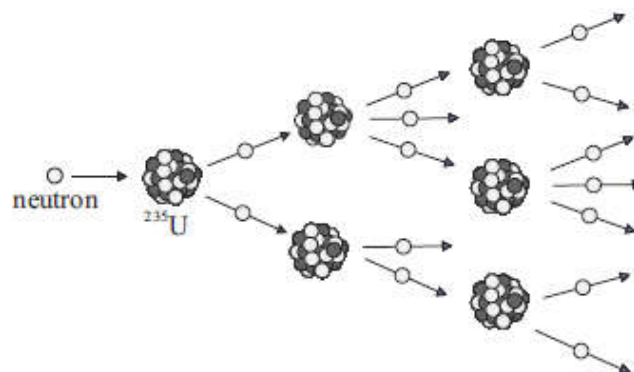
32

Нуклеарна енергија - фисија

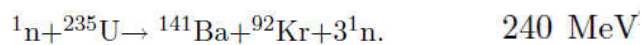
- 1939. Лиза Мајтнер, Ото Хан, Фриц Штрасман – дељење масивног језгра на два мања
- Тешко језгро се бомбардује спорим неутронима
- постаје нестабилно, дели се на лакша, ослобађа се енергија и нови неутрони
- Ланчана реакција

33

33

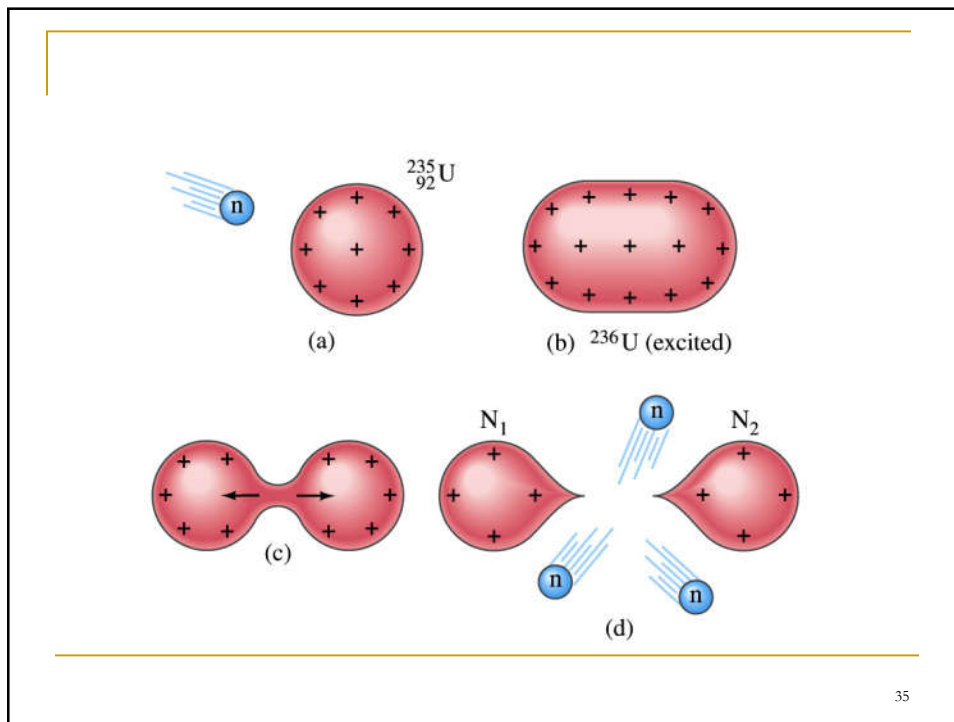


Slika 6.7: Lančana nuklearna reakcija.

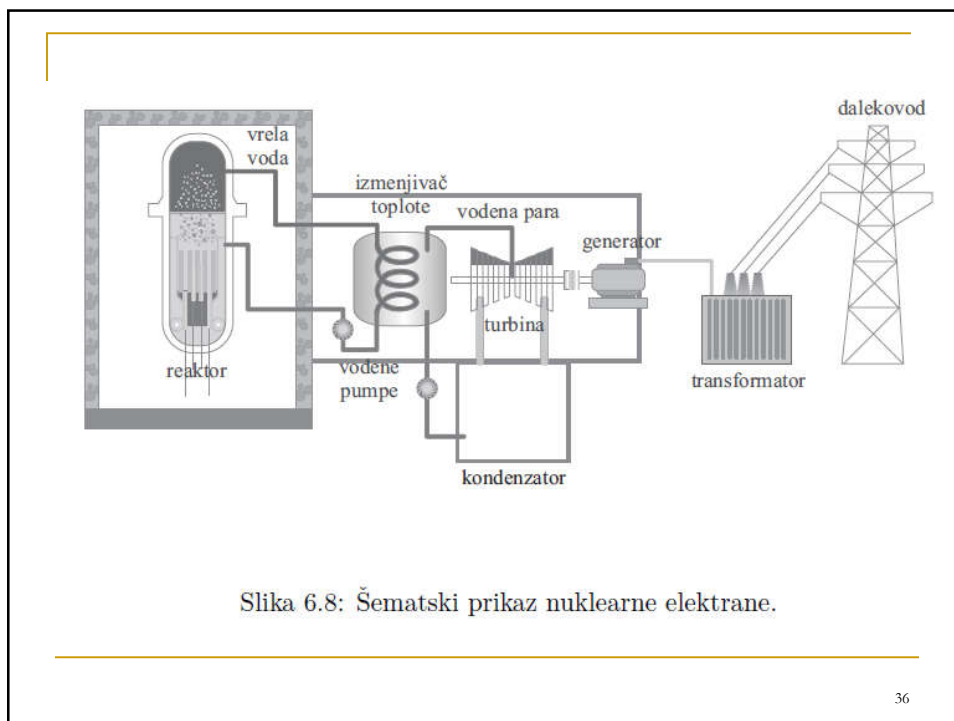


34

34



35



36

Нуклеарна енергија – фузија – 23.5.

- Алтернатива фисији?!
- Лака језгра се фузиношу у теже
- Ослобађа се енергија јер је добијени систем стабилнији
- Већа енергија него приликом фисије
- Сунце, сваке секунде 600 милиона тона водоника у хелијум
- Термонуклеарне реакције – зашто се тако зову?
- На Земљи у хидрогенским бомбама
- Потребна температура од 100 милиона Келвина
- Плазма? Магнетно конфинирање и ласерска фузија

37

37

Обновљиви извори енергије

- Соларна енергија
- Енергија ветра
- Енергија водотокова
- Енергија плиме и осеке
- Енергија таласа
- Геотермална енергија
- Енергија из биомасе

38

38

Соларна енергија

- Пасивна апсорпција топлоте
 - Апсорбују и потом зраче – конструкција зграда од посебног материјала
- Активни соларни системи
 - Од средине прошлог века
 - За добијање топлотне и
 - Панелни
 - вакуумски
 - електричне енергије

39

39



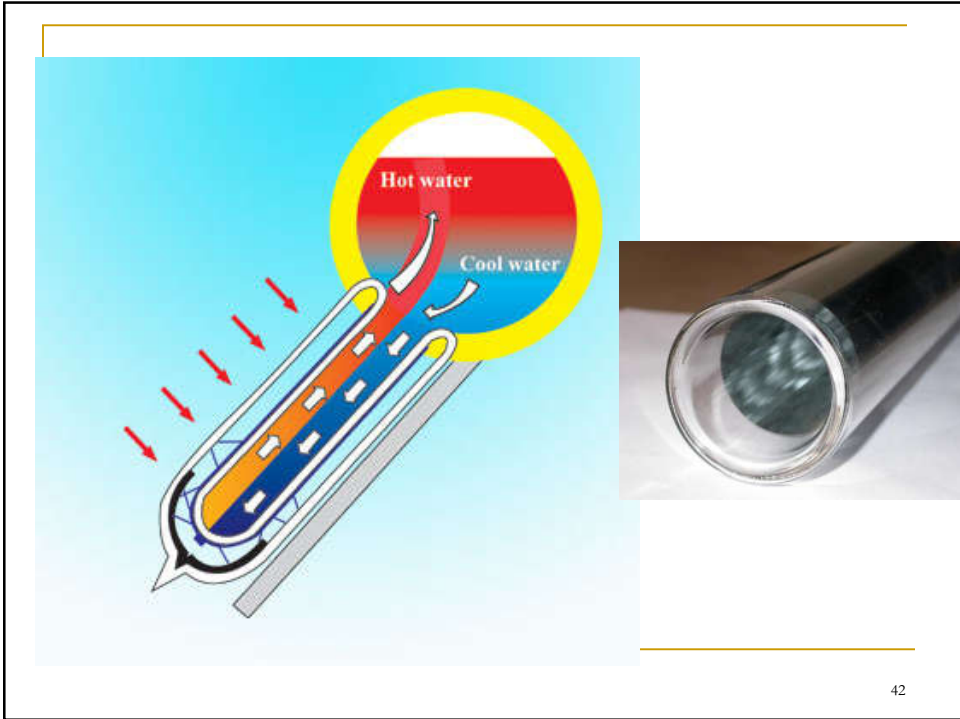
Slika 6.9: Panelni i vakuumski solarni kolektor.

40

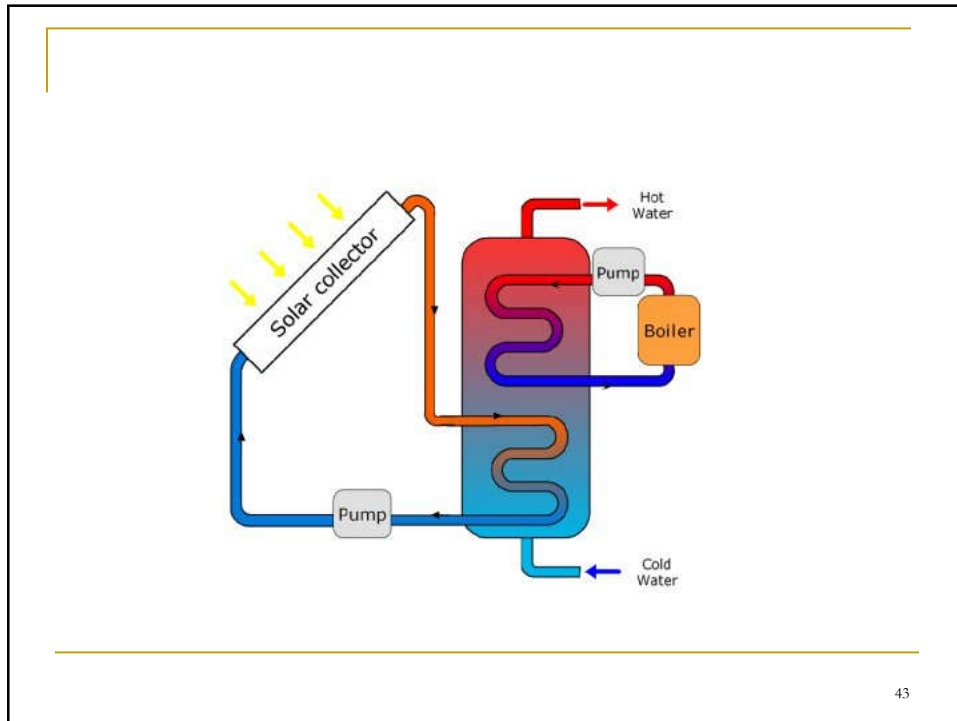
40



41



42



43

Соларна енергија

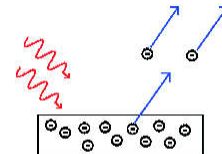
- Колектори са фотонапонским ћелијама
- фотоефекат

44

44

Фотоелектрични ефекат

- Појава да неки метал када се осветли зрачи електроне – Херц 1887. године. Овај процес је (као и зрачење црног тела) био у супротности са класичном физиком
- Експериментално установљене особине:
 - Када ЕМ зрачење дође на метал електрони бивају одмах избачени
 - Мењање фреквенције упадног зрачења уочава се гранична фреквенција испод које се ефекат не испољава
 - Мењање интензитета зрачења не утиче на кинетичку енергију електрона
 - Број емитованих електрона је сразмеран интензитету ЕМ зрачења
- Особине које је предвиђала класична физике
 - Електрони не би требало да буду избачени одмах – док не накупе довољно енергије
 - промена фреквенције зрачења не би смело да утиче на процес
 - Повећањем интензитета би требало да расте кинетичка енергија електрона а не број емитованих електрона



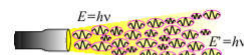
Slika 13.1: Svetlost izbacuje elektrone iz metala.

45

45

Фотоелектрични ефекат

- 1905. га је објаснио Ајнштајн (добрио Нобелову награду за то 1921. године
- Полазна претпоставка – ЕМ зрачење је квантовано – састоји се из “честица” (као што се наизглед непрекидан млаз воде састоји из молекула)
- Квант ЕМ зрачења – фотон
- Енергија се нити зрачи нити апсорбује у произвољним износима већ само у тачно одређеним
- Последица: кинетичка енергија фотоелектрона је једнака разлици енергије фотона и излазног рада
- Гранична фреквенција (испод које се он не дешава) фотоэффекта се добија у граничном случају



Slika 13.2: EM talas se sastoji od fotona. Svaki od njih ima frekvenciju i energiju.

$$E = h\nu.$$

$$E_{ke} = h\nu - E_v, \quad (13.3)$$

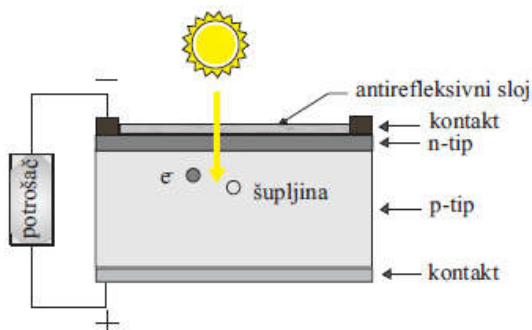
$$h\nu_0 = E_v$$

$$h\nu = E_v + \frac{1}{2}mv_e^2.$$

46

46

Соларна енергија – фотонапонске ћелије од полупроводника



0,5 V

Slika 6.10: Solarna (fotonaponska) ćelija.

2,5 A

$$P = UI = 0,5 \text{ V} \cdot 2,5 \text{ A} = 1,25 \text{ W.}$$

47

Енергија ветра

- Ветрогенератори, турбине
- Пречник 30-ак метара
- Снага 5 MW
- Фарме ветрова

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\rho V v^2.$$

$$V = Svt$$

$$E_k = \frac{1}{2}\rho v^3 St.$$



Slika 6.11: Turbina vetra.

48

48

Енергија ветра

- Снага

$$P = \frac{E_k}{t} = \frac{1}{2} \rho v^3 S,$$

$$\frac{P}{S} = \frac{E_k}{t} = \frac{1}{2} \rho v^3.$$

- Ако ветар дува под неким углом на раван лопатица

$$\frac{P}{S} = \frac{E_k}{t} = \frac{1}{2} \rho v^3 \cos \beta.$$



Slika 6.11: Turbina vetra.

49

49

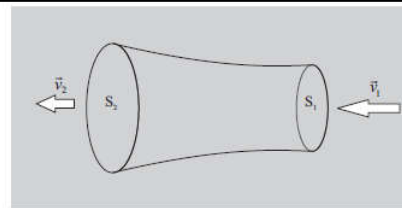
Енергија ветра

- Једначина континуитета – смањење брзине изазива повећање површине

$$S_1 v_1 = S_2 v_2,$$

- Бецов лимит – корекциони фактор – коефицијент перформанси

$$C_p = 4\varepsilon(1 - \varepsilon)^2,$$



Slika 6.12: Плустрација једначине континуитета.

$$\frac{P}{S} = C_p \frac{E_k}{t} = \frac{1}{2} C_p \rho v^3 \cos \beta$$

$$\varepsilon = (v_1 - v_2)/v_1$$

$$\varepsilon = 1/3$$

50

50

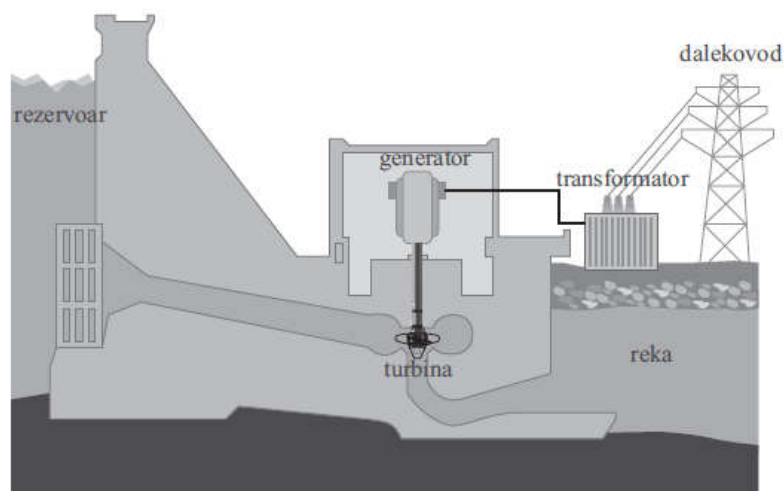
Енергија водотокова

- Заснива се на циклусу кружења воде
- Најпре за воденице
- Ткачке разбоје и друге машине
- Од касног 19. века за хидроелектране
- Еколошки чиста енергија – најраспрострањенији обновљиви извор на Земљи
- Конвертује се потенцијална енергија воде у кинетичку воде, затим енергију турбине,...

51

51

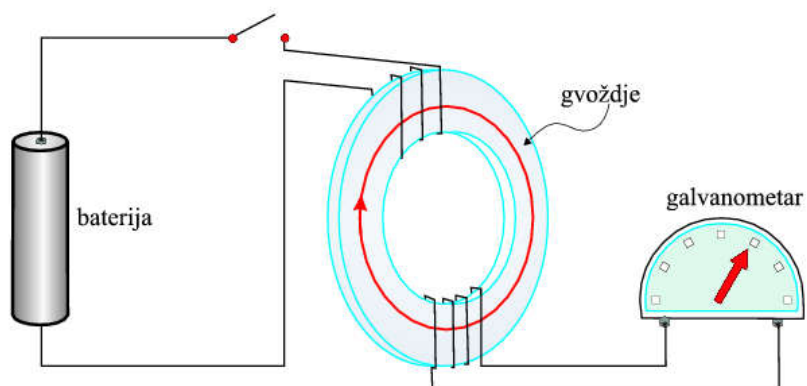
Енергија водотокова



Slika 6.13: Šematski prikaz hidroelektrične centrale.

52

Електромагнетна индукција

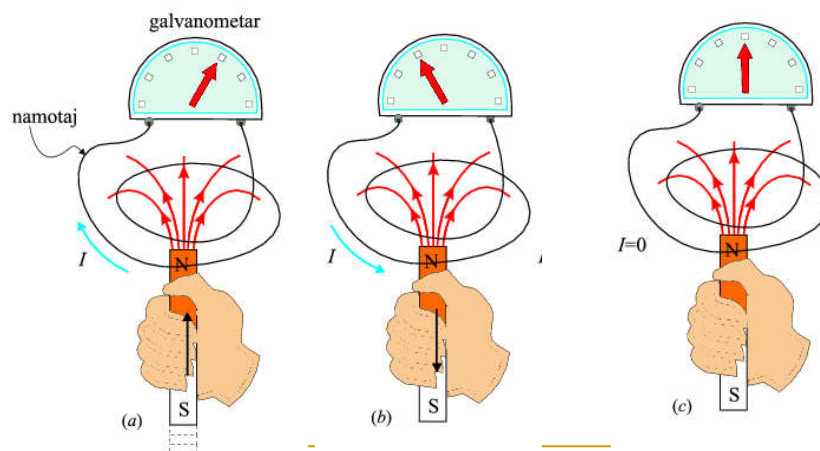


Slika 11.18: Faradejev uređaj za demonstriranje stvaranja struje magnetnim poljem.

53

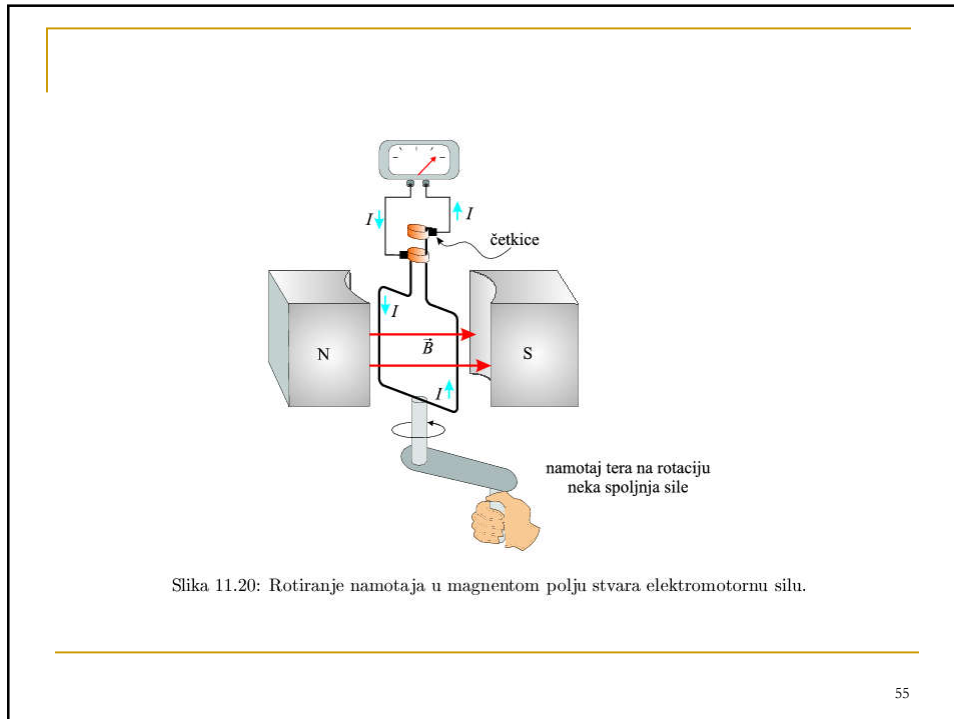
53

Од чега зависи ефекат?



54

54



55

Флукс магнетног поља

$$\Phi = B S \cos \theta,$$

- свака промена флукса изазива електромоторну силу

56

Фарадејев закон индукције и Ленцово правило

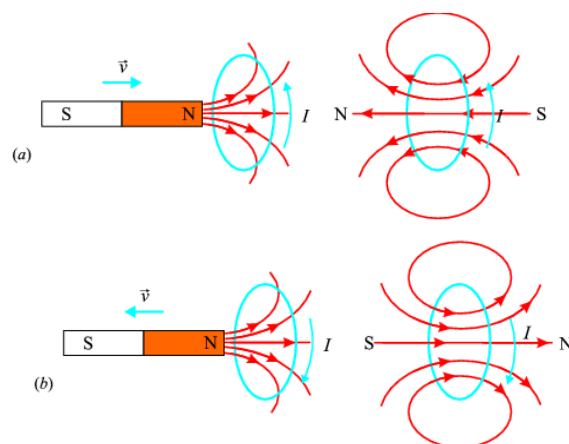
$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

- индукована електромоторна сила (ЕМС) у свакој проводној контури има такво магнетно поље да оно компензује промену флукса која је изазвала његово стварање.
- (Јасно) објашњење знака “-” се назива Ленцовим правилом

57

57

Илустрација Ленцовог правила



58

58

Енергија водотокова

- 1925. чини 40% произведене струје у свету
- Увећала се 15 x али је порасла и употреба фосилних горива
- Данас јој је удео око 20%
- Норвешка 99% јер је богата водотоковима
- 6 земаља производи половину енергије
 - Канада, Бразил, САД, Кина, Русија, Норвешка

59

59

Енергија водотокова

- Максимална снага централе?
- Проток
- Потенцијална енергија воде, ...

$$Q = V/t \quad E_p = mgh$$

$$P = \frac{mgh}{t} = \frac{\rho V gh}{t} = \rho ghQ \quad u = \sqrt{2gh},$$

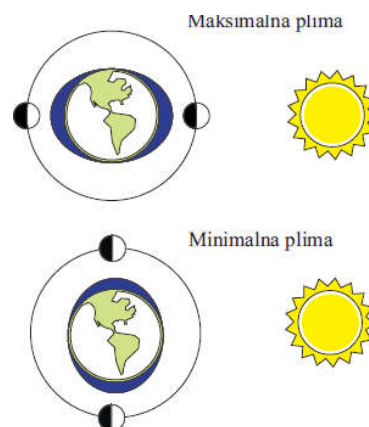
$$P = \frac{1}{2} \rho u^2 Q.$$

60

60

Енергија плиме и осеке

- Највидљиви ефекат утицаја Месеца на Земљу.
- Због ротација 2 x дневно се појављује
- Утицај Сунца $\frac{1}{2}$ утицаја Месеца

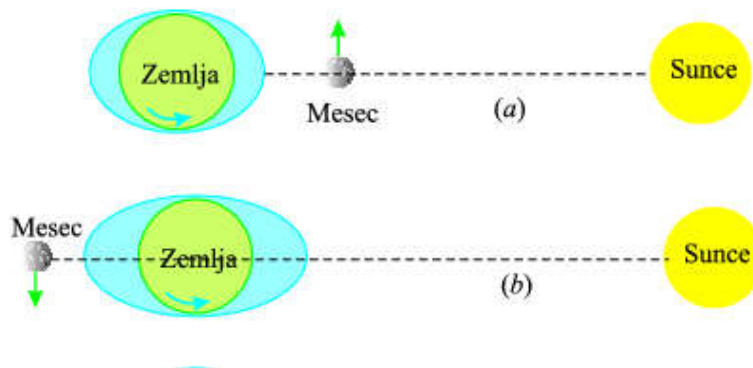


Slika 6.14: Plima i oseka.

61

Утицај Сунца на плиму и осеку

- утицај Сунца је половина утицаја Месеца
- највеће плиме – пролећне – када су Земља, Месец и Сунце у једној линији

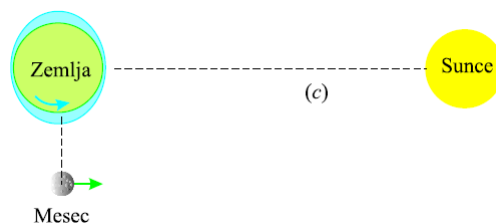


62
62

62

Утицај Сунца на плиму и осеку

- утицај Сунца је половина утицаја Месеца
- најниже када је Сунце под правим углом у односу на линију која спаја положаје Земље и Месеца



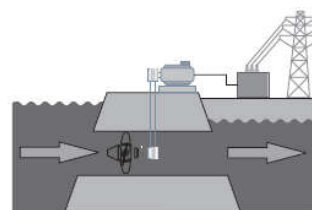
63

63

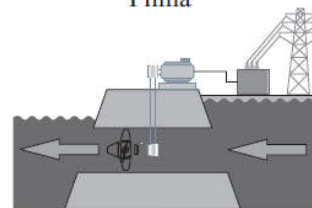
63

Енергија плиме и осеке

- Разлика нивоа плиме и осеке на обалама светског океана је око 1 метар
- За сада је рентабилно ако је 2 м?!
- Одвоји се браном вода у заливу
- Ефикасност око 25%
- Максимална снага?



Plima



Oseka

Slika 6.15: Plimska elektrana.

64

64

Енергија плиме и осеке 19.5

- Максимална снага?
- Маса воде у заливу

$$m = \rho SR,$$

- ЦМ је на висини $R/2$
- Потенцијална енергија и снага у једном циклусу трајања T су

$$E_p = \frac{1}{2} mgR = \frac{1}{2} \rho SgR^2.$$

$$P = \frac{E_p}{T} = \frac{\rho SgR^2}{2T}.$$

65

65

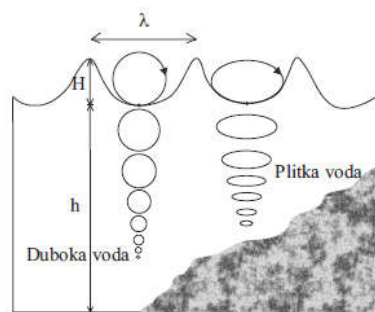
Енергија таласа

- Покреће их ветар
- Својства им битно зависе од дубине воде
- У дубокој води правилна кружна путања

$$u = \sqrt{g\lambda/2\pi}.$$

- У плиткој води путања елиптична

$$u = \sqrt{gh}.$$



Slika 6.16: Talasi u dubokoj plitkoj vodi.

66

66

Енергија таласа

- Енергија је сразмерна квадрату висине таласа

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2.$$

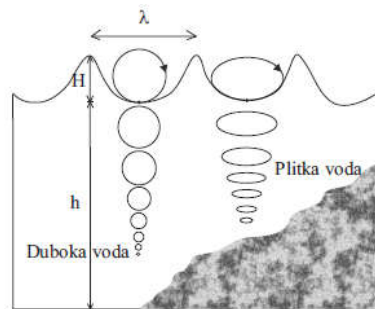
- Снага зависи и од таласне дужине и периода

$$P = \frac{E}{T} = \frac{1}{16\pi\lambda} \rho g^2 H^2 T.$$

- У реалности се суперпонирају

$$\bar{P} = \frac{1}{64} \rho g^2 H_s^2 T_s$$

- Средња висина и период доминантног таласа

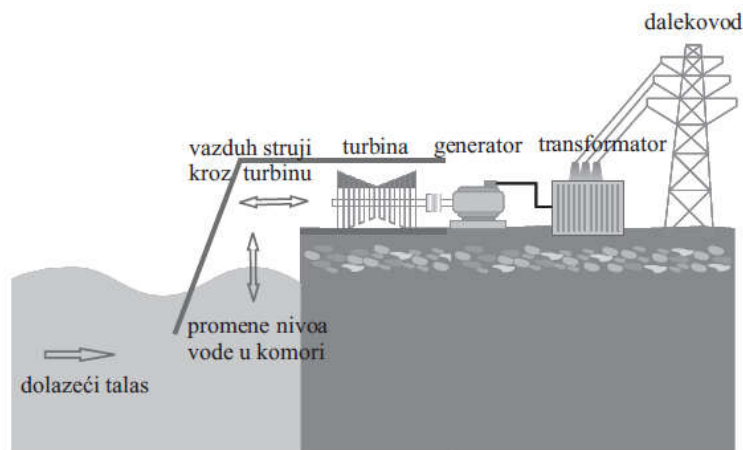


Slika 6.16: Talasi u dubokoj plitkoj vodi.

67

67

Енергија таласа



Slika 6.17: Obalski generator za konverziju energije talasa.

68

68

Енергија таласа

- Поред обалских постоје и системи који раде на пучини где је енергија таласа већа



Slika 6.18: Pelamis.

69

69

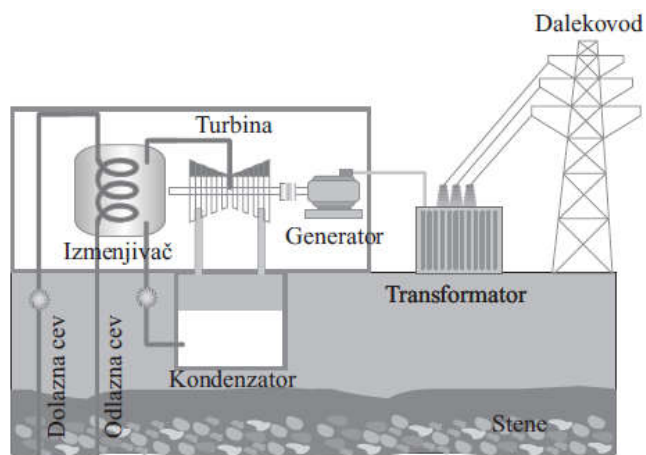
Геотермална енергија

- Унутрашња топлота Земље – настала при њеном настанку сажимањем протопланетарног облака прашине и гаса
- Обнавља се радиоактивним распадима елемената
 - Изазива кретање тектонских плоча
 - Издизање планина
 - Вулканске ерупције
 - Земљотресе
- Пацифички “ватрени појас”

70

70

Геотермална енергија



Slika 6.19: Princip rada binarne geotermalne elektrane.

71

Енергија из биомасе

72

71

Биомаса као гориво

- **Биомаса** - било која органска супстанца (материја биљног или животињског порекла) која може бити коришћена као извор енергије.
 - дрвеће,
 - покошени усеви,
 - морска трава,
 - отпаци животињског порекла,
 - стајско ђубриво, ...
- Биомаса - трансформисана Сунчева енергија
- Најчешћи начин да се из биомасе добије енергија је сагоревање биомасе.
- Биомаса је коришћена хиљадама година и она је најпознатији извор енергије.
- То је обновљиви извор енергије јер је снабдевање њоме неограничено-увек могуће да се засади и порасте за релативно кратко време.



3/24/2020

73

73

Биомаса као гориво

- Постоји 4 главна типа биомасе:
 - дрвеће и пољопривредни производи,
 - чврсти отпаци,
 - земни гас и
 - алкохолна горива.
- Сагоревање дрвећа је најчешћи начин за коришћење енергије биомасе и на њега отпада 90% од укупне енергије добијене из биомасе.
- Сагоревање чврстих отпадака – у термоелектранама – скупље је од угља али нас решава отпада

3/24/2020

74

74

Биомаса као гориво

- **метан** – биогаз - за загревање стаклених башти.
- Кукуруз, пшеница и друге житарице могу да се користе за производњу разних врста течних горива.
- Најчешћи су етанол и метанол.
- Данас су ово још увек прилично скупа горива и цена нафте би требало да буде два пута већа да би се производња етанола и метанола исплатила.
- Мешање 10% етанола и 90% бензина даје гориво које се зове **гасохол**.
- Гасохол по цени може да се пореди са ценом бензина и може да се користи као погонско гориво за моторе.
- Он такође има високу октанску вредност и чистије сагорева од бензина.

3/24/2020

75

75

Енергетска ефикасност и уштеда енергије

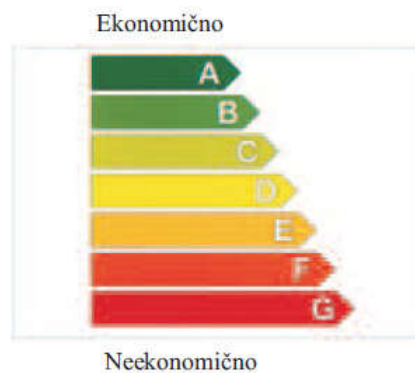
- Смањење количине енергије потребне за стварање производа и услуга
- Проналажење ефикасних начина за складиштење енергије
- Смањење свих видова енергетских губитака
 - Постиге се уштеда новца и штити се животна средина
 - Стратегија *одрживог развоја*

76

76

Енергетска ефикасност и уштеда енергије

- Производња штедљивих уређаја
 - Фрижидера
 - Троше до 40% енергије мање од “старих”
 - Веш машина
 - Шпорета
 - Сијалица
 - Енергетски ефикасне куће
- Енергетска ефикасност уређаја се деларише на производу



Slika 6.20: Skala ekonomičnost uređaja.