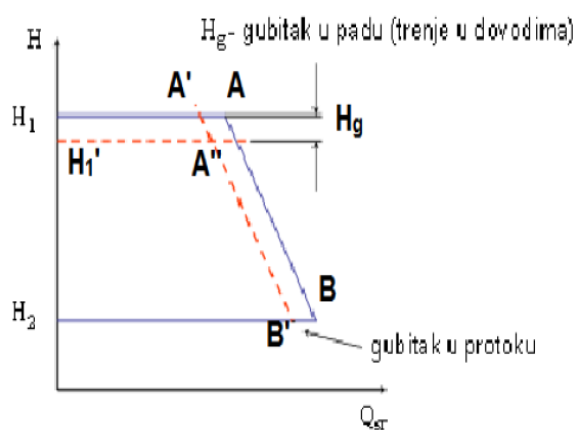


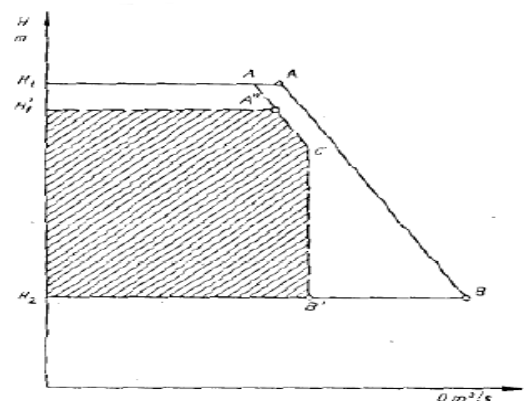
HIDROELEKTRANE

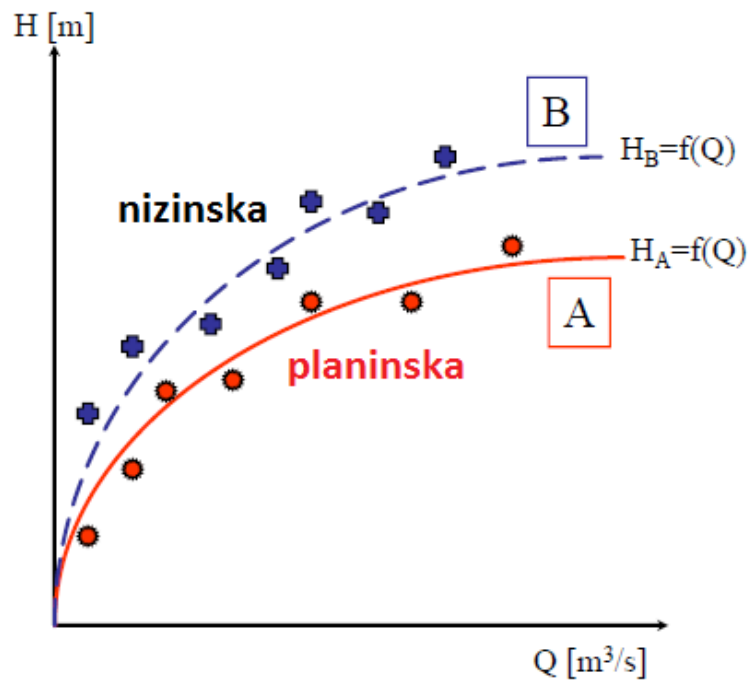
- prednosti – obnovljivi izvor, mala emisija plinova, visoka efikasnost pretvorbe u rad
- nedostatci – mala gustoća energije, utjecaj na bio sustav, društveni utjecaj
- konsumpcijska krivulja – krivulja koja prikazuje ovisnost visine vode u koritu o trenutnom volumnom protoku
- vjerojatnosna krivulja – krivulja trajanja protoka, tj. vjerojatnost pojave protoka za određeni vremenski period; služi za proračun ukupne količine vode, snage te proizvedene energije hidroelektrane te planiranje izgradnje iste; kreira se na temelju konsumpcijske krivulje
- ovisnost snage o neto padu – linearni porsat snage: $P_t = gQH_n$ [kW]
- faktor otjecanja – omjer količine vode koja se tijekom godine pojavljuje u vodotoku i količine padaline na to oborinsko područje; ovisi o temperaturi, pritocima, rasporedu padalina, topografiji tla itd.
- veličina izgradnje – najveći protok koji se može iskoristiti u turbinama, još se naziva i instalirani protok Q_i
- podjela prema položaju strojarne – pribranske i derivacijske
- podjela prema padu – niskotlačne (do 25m), srednjotlačne (25-200), visokotlane (>200m)
- podjela prema načinu korištenja vode – protočne, akumulacijske, reverzibilne
- Q-H dijagram – prikazuje ovisnost protoka rijeke o nadmorskoj visini
- lokacijski preduvjeti za reverzibilnu HE – reverzibilne hidroelektrane imaju gornju i donju akumulaciju; nužan uvjet je visinska razlika između ta 2 spremnika
- brana – skretanje vode od njezinog prirodnog toka prema zahvatu, povišenje razine vode radi većeg pada, ostvarivanje akumulacije; vrste brane: gravitacijska pregrada, lučna pregrada, olakšana pregrada
- zahvat – prima i usmjerava vodu prema hidroelektrani; površinski i ispodpovršinski
- dovod vode – spaja zahvat s vodostanom ili vodom komorom; gravitacijski dovod (nije posve ispunjen vodom) i tlačni tunel (posve ispunjen)
- tlačni cjevovod – dovod vode do turbine; slobodno stojeći i integralni dio stijene
- vodna komora – na kraju tlačnog cjevovoda sa svrhom da kod naglog smanjenja opterećenja HE tlak vode u cjevovodu ne poraste iznad dozvoljenog
- stlačivost – svojstvo kapljevine da joj se porastom tlaka malo smanjuje volumen
- viskoznost – pojava naprezanja zbog sila smicanja na dodirnoj plohi između dva sloja tekućine gdje se dio mehaničke energije pretvara u UKE
- kavitacija – padne li tlak za vrijeme strujanja do tlaka isparavanja, tekućina će ispariti stvarajući mjehuriće koji daljnjim strujanjem dolaze u područje višeg tlaka te se kondenziraju uz nagli porast tlaka; problem zbog naglog porasta tlaka do 1000 bara, moguća oštećenja

- Pelton turbina – akcijska turbina; koristi se kod HE s manjim protokom, a većim padom (tlakom); dovođenje vode u turbinu odvija se preko mlaznice na lopatice koje se okreću u zraku; snaga se regulira promjenom smjera mlaza vode ili protumlazom
- Kaplan turbina – reakcijska turbina; koristi se kod HE s velikim protokom i niskim padom; pomicanjem rotorskih lopatica dobiva se bolje prilagođavanje strujanju; regulacija snage reguliranjem protoka vode kroz turbinu; velika jedinična snaga; ne koristi se za reverzibilne HE jer one traže veće padove
- propelerna turbina – u principu Kaplanova s nepomičnim rotorskim lopaticama
- turbine u Hrvatskoj – najčešće se primjenjuju Francis turbine, nema Pelton turbina zbog nedostatka velikih padova
- biološki minimum – protok koji osigurava opstanak eko-sustava brane; svojstvo pribranskih HE
- aspirator – uređaj na izlazu iz turbine koji omogućava iskorištenje potencijalne energije vode zbog razlike visine između izlaza iz turbine i razine donje vode
- difuzor – uređaj na izlazu iz turbine koji omogućuje iskorištenje potencijalne energije te smanjenje gubitaka kinetičke energije vode između izlaza iz turbine i razine donje vode
- protočna niskotlačna – zbog niskog tlaka prisutne su velike brzine; za smanjenje gubitaka koristi se difuzor jer smanjuje gubitke kinetičke energije (ovisne o brzini)
- gubitci pribranske i derivacijske (dodatni zbog udaljenosti brane i strojarne) hidroelektrane



– derivacijska hidroelektrana





$$\frac{p}{\rho} + gh + \frac{1}{2}c^2 + w_r = \text{konst.} \left[\frac{J}{kg} \right] \quad \text{energijska}$$

$$p + \rho gh + \frac{1}{2}\rho c^2 + p_r = \text{konst.} \left[\frac{N}{m^2} \right] \quad \text{tlačna}$$

$$\frac{p}{\rho g} + h + \frac{1}{2}\frac{c^2}{g} + h_r = \text{konst.} [m] \quad \text{visinska}$$

POTROŠNJA, PRIJENOS, DISTRIBUCIJA

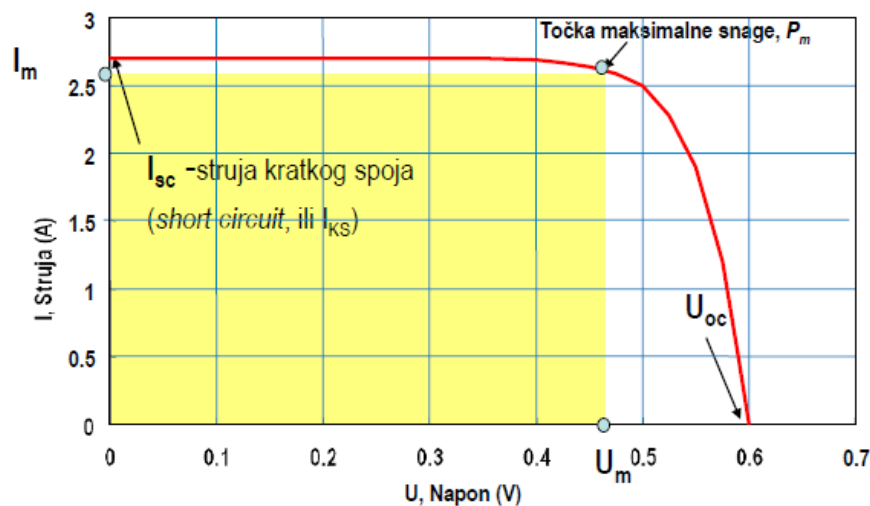
- fazni kut napona i struje – induktivitet (struja kasni za naponom za 90°) i kapacitet (struja prethodi naponu za 90°)
- planiranje potreba – dnevno (nejednolika potrošnja tijekom dana, čak i sata), mjesečno (godišnja doba, sezone odmora) i godišnje (promjena broja stanovnika, porast životnog standarda)
- faktor opterećenja – omjer proizvedene energije i energije koja bi se mogla proizvesti maksimalnom snagom $m = \frac{W}{24h \cdot P_{MAX}}$
- faktor ravnomjernosti – omjer minimalne i maksimalne snage potrošnje $m_d = \frac{P_{min}}{P_{MAX}}$
- metode planiranja prema vremenu – kratkoročne (<5 god), srednjoročne, dugoročne (>20 god)
- vozni red elektrana – pokrivanje dnevnog dijagrama opterećenja elektranama u sustavu

- vršna opterećenja – koriste se responzivne elektrane (brzo u pogonu) uz jeftino gorivo npr. reverzibilna HE, plinska TE
- vršno opterećenje plinska TE ili VA? – plinska TE jer vjetroagregat ne može držati stalnu, konstantnu, opskrbu pa ju je bolje iskoristiti cijelu, a plinsku TE za vršno
- metode predviđanja prema funkcijskoj ovisnosti – nezavisne (na temelju potrošnje u prošlosti) i zavisne (uzimaju se u obzir drugi faktor: BDP, porast stanovništva i sl.)
- podjela mreža topografski – prijenosne (međusobno povezane u zatvorene cjeline, izvan naseljenih područja, umrežene; visoki naponi 110, 220 i 400 kV, velike udaljenosti) i distribucijske (prostorno uzamčene, do svakog potrošača, po naseljima, zrakaste; srednji (10, 20, 35 kV) i niski (220, 400 V) naponi, manje udaljenosti)
- stupovi – zatezni (horizontalne sile u smjeru trase se poništavaju) i nosivi (samo djelomično poništavanje horizontalnih sila)
- električni vod – skup vodiča i izolacije za prijenos električne energije, ima čeličnu jezgru zbog boljih mehaničkih svojstava i bakar i aluminij kao vodiče; nadzemni, podzemni, podvodni
- kabel – ima izolaciju, koristi se čisti bakar ili aluminij, više usukanih žica
- prekidač – uključenje i isključenje vodova; normalni pogon i kvarovi
- rastavljač – vidljivo odvajanje dijelova rasklopnog postrojenja; isklapanje i uklapanje samo kad ne teče struja
- neravnoteža – djelatne snage (odstupanje frekvencije) i jalove snage (odstupanje napona)
- istosmjerni napon – koristi se za povezivanje sustava različitih frekvencija, pri prijenosu na velikim udaljenostima te kod podvodnih kabela
- porast frekvencije – porast proizvodnje, tj pad potrošnje
- pad frekvencije – pad proizvodnje, tj porast potrošnje
- visoki napon – radi smanjenja gubitaka prijenosa električne energije: 110, 220, 440 kV

SUNCE

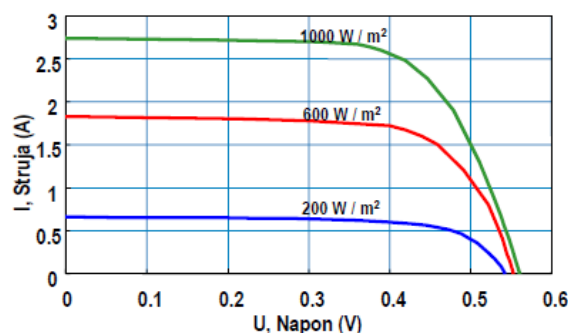
- solarna konstanta – količina energije dozračene sa Sunca na Zemljinu atmosferu u jedinici vremena $G_0=1367 \text{ W/m}^2$
- indeks prozirnosti – omjer ukupne ozračenosti na tlu i ozračenosti na ulasku u atmosferu
- ovisnost ozračenja – orijentacija plohe, mikroklima (prozirnost, temperatura, vlažnost), zagađenje
- direktno zračenje – jedino korisno zračenje; dominantno za vedroga dana; važno za FN ćelije i solarne termoelektrane
- difuzno zračenje – karakteristično za vrijeme oblačnog vremena
- piranometar – uređaj koji mjeri ukupno Sunčevo zračenje na vodoravnu plohu
- pasivno grijanje – velika južna površina, konstrukcija s velikom termalnom masom, dobra izolacija, izbjegavanje zasjenjivanja

- aktivno grijanje – solarni kolektori (nisko, srednje i visoko temperaturni)
- efikasnost – omjer snage proizvedene električne energije i snage Sunčeva zračenja
- solarne termoelektrane – parabolična protočna (najrazvijenija, koncentracija zračenja 100x, 14% efikasnost, prati Sunce, Rankineov proces), solarni tanjur (koncentracija zračenja 1000x, 18% efikasnost), parabolični tanjur (koncentracija 3000x, u razvijanju, efikasnost 22%); unaprjeđenja na cijevima i spremanju topline
- FN ćelije – poluvodič (silicij, tanki film) apsorbira svjetlost i oslobađa elektron, p-n spojevi, efikasnost pada porastom temperature, teorijski maksimum 28%
- napon praznog hoda – karakteristika ćelije, određuje se kad je neopterećena ($I=0$)
- faktor punjenja – omjer maksimalne teoretske snage i produkta I_{KS} i U_0 ; određuje koliko je FN ćelija blizu idealnoj
- svojstva primarnog radnog medija – visoka temperaturna efikasnost i temperatura ključanja

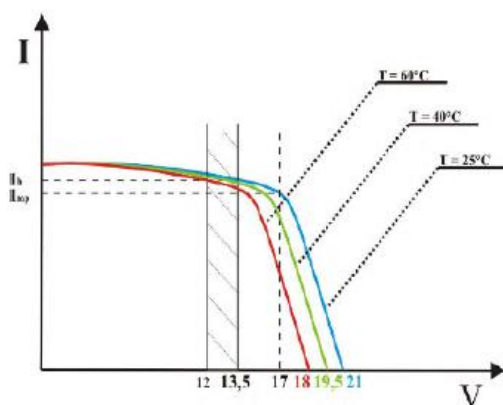


$$F = \frac{I_m \cdot U_m}{I_{KS} \cdot U_0}$$

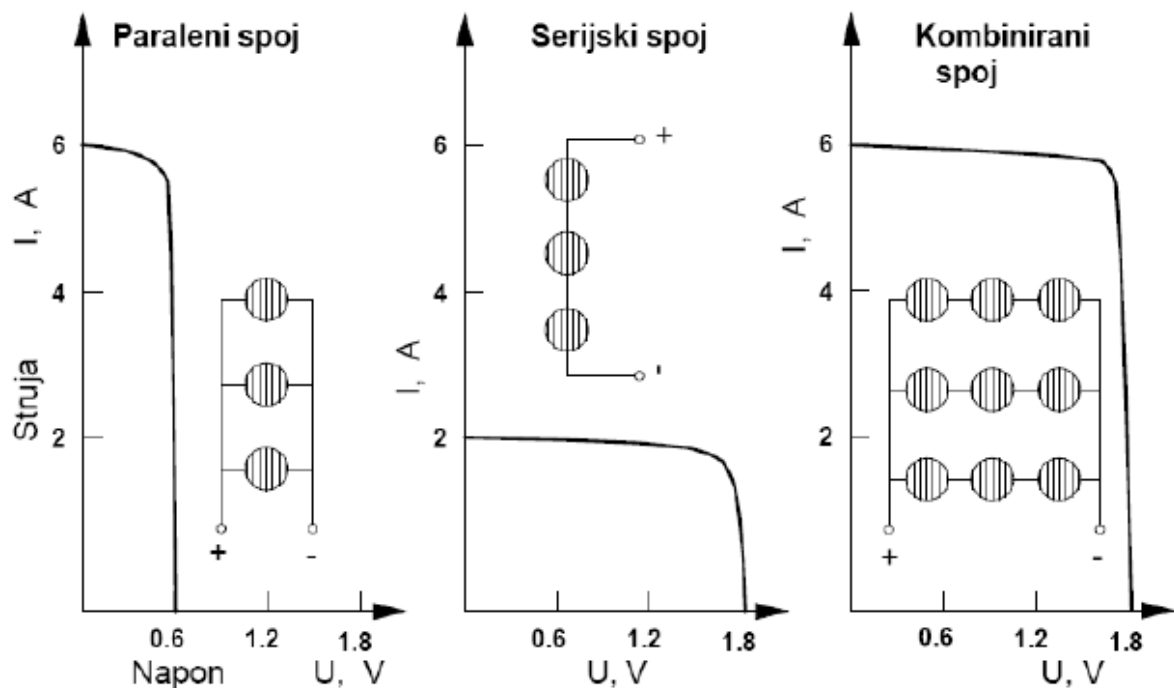
**I-U
karakteristika
FN ćelije**



I-U karakteristika monokristalne FN ćelije pri ozračenjima od 200, 600 i 1000W/m²



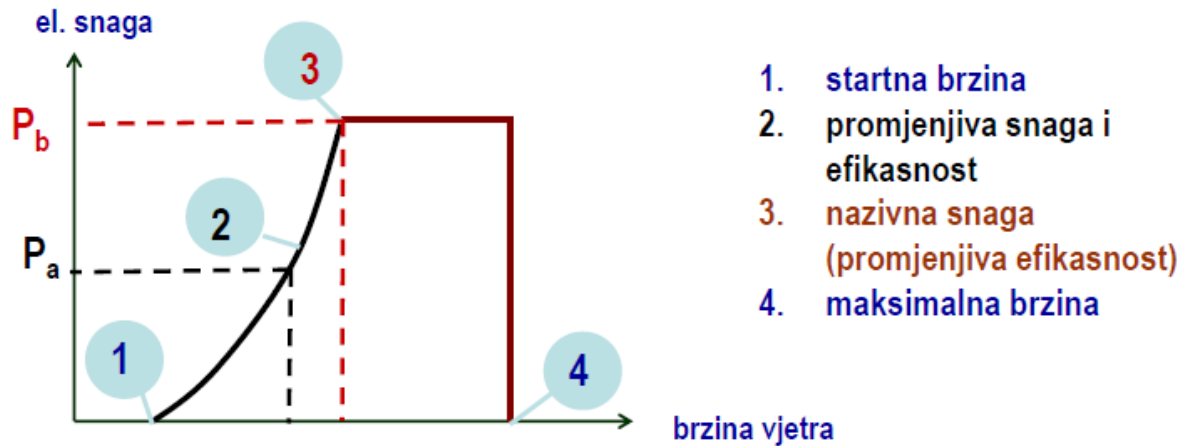
I-U karakteristika modula sa monokristalnim FN ćelijama pri različite temperature.



VJETAR

- maksimalna iskoristivost snage – Betzov zakon, 16/27 maksimalne energije je iskoristivo da bi se osiguralo daljnje strujanje vjetra
- podjela vjetroagregata – okomiti i vodoravni rotor
- regulacija snage vjetroturbine – pasivno (stall, aerodinamička efikasnost lopatica opada s porastom brzine) i aktivno (pitch, zakretanje lopatica); izvedbu određuje broj i dizajn lopatica, vrsta prijenosa i električno upravljanje
- aerodinamičke sile – sila gradijenta tlaka, sila teža, Coriolisova sila, trenje itd.
- varijabilnost – varijacije brzine vjetra tijekom dana, čak i sata
- predvidljivost – nepredvidive promjene u smjeru i brzini vjetra za duža vremenska razdoblja, potrebna duga i složena mjerenja
- osnovne komponente VA – rotor, generator, lopatice, stup, prijenosnik, kočnice
- indirektan pogon – asinkroni generatori
- direktan pogon – sinkroni generatori
- indirektan spoj na mrežu – sinkroni i asinkroni generatori s pretvaračem, karakteristično za promjenjive brzine vjetra
- promjenjiva brzina vrtnje – ostvariv optimalan pogon za svaku brzinu vjetra, ali uz skuplje investicije; veća količina predane energije u odnosu na stalnu brzinu vrtnje
- more i kopno – more ima veću jediničnu snagu, velika izgradnja vjetroagregata na obali i na moru
- nazivna snaga jednaka maksimalnoj? – iz razloga da se vjetroagregatu ne smanji previše faktor opterećenja za brzine ispod nazivne, bolja ekonomičnost

Dobivena snaga iz vjetra određena je brzinom vjetra i karakteristikom vjetroagregata:

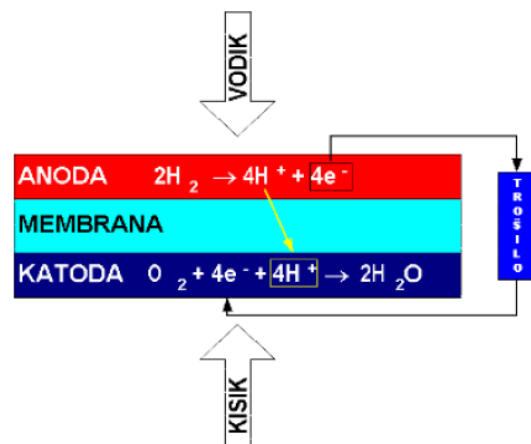
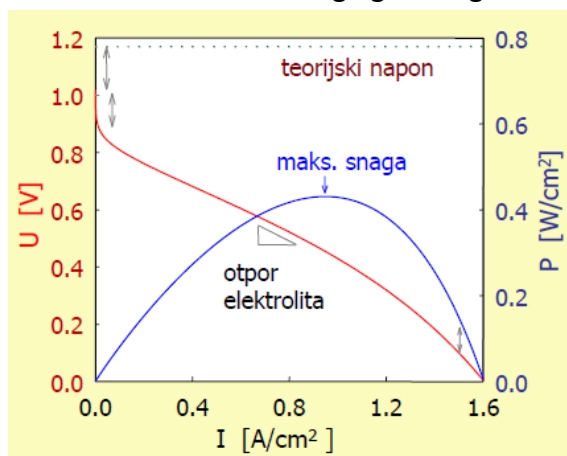


BIOMASA

- osnovni izvori biomase – uzgoj, ostatci, otpad
- uzgoj – brzorastuće drveće (vrba, topola), šećerne i škrobne vrste (kukuruz, žitarice), uljne vrste (uljana repica, suncokret)
- pretvorba – primarna (transformira početnu biomasu u biogorivo; termička, biološka i fizikalna) i sekundarna (služi pridobivanju korisne energije; peći, turbine, motori)
- goriva i dobivanje – drvena biomasa, bioetanol (fermentacija, tj. biokemijsko razlaganje složenih organskih molekula na jednostavnije), biodizel (esterifikacija, tj. biljna ulja s metanolom), bioplin (anaerobna digestija), vodik (piroliza), sintetski plin (rasplinjavanje na visokim temperaturama uz ograničen dovod kisika)
- kogeneracija – kombinirana proizvodnja toplinske i električne energije; veća efikasnost i manje investicije
- održivost korištenja – korištenje < prirast; povratkom tvari u tlo, planiranjem rasta, očuvanjem tla, smanjenjem gnojiva itd.
- prednosti – obnovljivi izvori, mala cijena goriva, decentralizirani, društvena korist
- nedostaci – mala energetska gustoća, mali kapaciteti, skupo korištenje, održivost
- CO₂ neutralnost – biljke uzgajane kao biomasa apsorbiraju znatan dio ispuštenog ugljikova dioksida, ali to ovisi o podrijetlu biljaka

GORIVNI ČLANCI

- gorivni članak – elektrokemijski uređaj koji omogućuje neposrednu transformaciju kemijske u istosmjernu električnu energiju, ne sadrži pokretne dijelove i nema izgaranja; sastoji se od anode (na koju se dovodi gorivo) i katode (dovodi se oksidans) te membrane, tj. elektrolita, između njih, elektrode prekrivene katalizatorom
- vrsta – određena elektrolitom, katalizatorom, gorivom i radnom temperaturom
- podjela – prema načinu rada (primarni i sekundarni) i vrsti elektrolita (AFC, PAFC, MCFC)
- prednosti – obnovljivost goriva, neotrovno, potencijalno manje onečišćuje okoliš, lakše skladištenje, dostupno u različitim spojevima
- nedostaci – proizvodnja vodika, platina je skupa, transport, skladištenje, sigurnost, cijena u odnosu na alternativu
- neposredne energetske pretvorbe – nije potrebno pretvaranje u mehaničku pa u električnu energiju; fotonapon, termionski, piezoelektricitet, gorivna ćelija
- primjena – bazna opterećenja, kogeneracija, vozila, pomoćna i prenosiva napajanja
- stacionarni objekti – koriste se gorivni članci s rastaljenim karbonatima (nije potrebna platina, velika efikasnost)
- vodik – velik sadržaj energije po jedinici mase i velika dostupnost; pohranjivanje pod tlakom, ukapljivanjem, u obliku hidrida, hidrata i ugljikovodika (najjeftinije i najefikasnije); proizvodnja iz vode elektrolizom, iz biomase pirolizom i iz fosilnih goriva reformiranjem
- U-I karakteristika snage gorivnog članka i princip rada



SKLADIŠTENJE ENERGIJE, ENERGETIKA I OKOLIŠ

- razlozi skladištenja – pokrivanje vršne potrošnje, upravljanje promjenama potrošnje, unaprjeđenje pouzdanosti, napajanje izvan mreže
- pogonski ciklus spremnika – punjenje, pražnjenje, samopražnjenje
- osnovne značajke spremnika – gustoća energije, vrijeme i efikasnost skladištenja, karakteristika punjenja i pražnjenja

- spremnici po obliku energije – mehanička (reverzibilne HE, komprimirani zrak), elektrokemijska (akumulatori), električna potencijalna (magneti, kondenzatori), toplinski spremnici
- reverzibilna HE – pumpno-akumulacijske hidroelektrane; prednosti velik kapacitet, lako održavanje, pouzdana tehnologija, brzo pokretanje; nedostaci potrebne velike površine i investicije; **NAJVAŽNIJE**
- komprimirani zrak – zrak koji izlazi iz kompresora pohranjuje se komprimiran u spremnik, a kad je potrebno, vraća se u turbinu; izvedbe Huntorf i McIntosh
- zamašnjaci – spremnici kinetičke energije; prednosti visoka efikasnost, lako održavanje; nedostaci samopražnjenje
- superkondenzatori – prednosti visoka efikasnost, velika snaga, velik broj ciklusa; nedostaci mali energetske kapacitet, cijena, veliko samopražnjenje
- supravodljivi magneti – supravodljiva zavojnica i hlađenje; prednosti visoka gustoća, brzina odziva, efikasnost, trajnost; nedostaci cijena, samopražnjenje
- akumulatori – prednosti visoka efikasnost, brz odziv, jeftino; nedostaci malo ciklusa, loš rad na niskim temperaturama, samopražnjenje; podjela prema namjeni (potrošački, motorni, vozila), prema ciklusu (starteri, potpuno pražnjenje), prema izvedbi (mokri, gel, silikatno staklo)
- olovni akumulator – električna energija se pohranjuje kao kemijska ioniziranjem elektrolita, a deioniziranjem se opet pretvara u električnu (*usporedba s gorivn. čl.*)
- najveća gustoća snage – superinduktiviteti i superkondenzatori [J/kg], [J/m³]
- najveći kapaciteti – reverzibilne HE
- utjecaji na okoliš – onečišćenje zraka, vode, tla, buka, vizualna degradacija, elektromagnetski utjecaji, utjecan na živi svijet
- kisele kiše – glavni uzroci su sumporov dioksid i dušikovi oksidi koji u zraku tvore dušičnu i sumpornu kiselinu; negativan utjecaj zbog promjene pH vode i tla i loš utjecaj na biljke i životinje, zdravlje, poljoprivreda, građevine; TE na ugljen ispuštaju puno više CO₂ i SO_n od TE na prirodni plin, više katastrofalnih nesreća
- staklenički plinovi – bez njih prosječna temperatura na Zemlji bi bila 30°C niža, ali postoji sve veći utjecaj čovjeka; sve veća emisija plinova uzrokuje porast globalne temperature i klimatske promjene (globalno onečišćenje); glavni uzroci izgaranje fosilnih goriva i proizvodnja cementa
- najčešći uzroci – direktna stradanja (tekući plin), smanjenje živote (nuklearne elektrane), globalno zagrijavanje (termoelektrane), utjecaj na vrste (vjetroelektrane)
- analiza negativnih utjecaja – usporedba izračunavanjem financija (zajednički nazivnik novac) koju uzrokuje izvor energije na okoliš (proizvodnja, izgradnja, pogon, razgradnja)
- eksterni trošak – trošak koji nije uključen u ekonomsku bilancu poduzeća, trošak štete u okolišu ukoliko uzročnik te štete nije kažnjen

- održivi razvoj – zadovoljavanje sadašnjih potreba, bez ugrožavanja mogućnosti budućih generacija da zadovolje svoje; izravna veza gospodarstva i okoliša, poboljšati uvjete najsiromašnijima, obratiti utjecaj svih aktivnosti na budućnost
- niska frekvencija na čovjeka – električno polje (influenciranje električnog naboja na površini čovjeka i protjecanje električne struje tijelom) i magnetsko polje (induciranje vrtložnih struja u tijelu)
- ograničenja – 110 kV ograničenje magnetskog polja, 440 kV ograničenje električnog polja