

# Energetika, okoliš i održivi razvoj

## Općenito

- proizvodnja energije
  - osnovni preduvjet trajnog rasta, razvoja i dobrobiti suvremeno ljudskog društva
- energetske probleme
  - oko dvije milijarde ljudi bez priključka el. energije
  - globalno zagrijavanje
  - velika potrošnja energije i zagađenje u urbanim područjima
  - smanjenje zaliha raspoloživih energenata
  - 20% najbogatijih troši 55% energije

## Utjecaji energetskih postrojenja na okoliš

- izgaranjem se kemijska energija goriva transformira u unutrašnju kaloričnu energiju
- iznos i sastav emisija ovise o fizikalnim i kemijskim svojstvima goriva
- opasnosti:
  - opterećenje okoliša radioaktivnim zračenjem
  - rizici nesreća
  - toplinsko zagađenje
  - kruti i tekući otpad
  - zauzeće zemljišta
  - estetsko i vizualno zagađenje
- utjecaji na brojna područja:
  - kvaliteta zraka, vode i tla
  - zdravlje ljudi te biljni i životinjski svijet
  - vizualni i estetski aspekti krajolika
  - ostali prirodni resursi
- pregled utjecaja pomoću 3 varijable
  - prostorna komponenta
    - 5-razinski model s razinama:
      - lokalna
      - regionalna
      - fluvijalna
      - kontinentalna
      - globalna
  - vremenska komponenta
    - kratkotrajni utjecaji
    - srednjetrojajni utjecaji
    - dugotrajni utjecaji
  - vrsta utjecaja

## Povezanost zdravlja i stanja zagađenosti okoliša

- zagađeni okoliš utječe na zdravlje
- svijest javnosti je tek u posljednje vrijeme postala vrlo velika
- gomilaju se znanstveni dokazi o tom utjecaju

- definicija zdravlja - stanje potpunog fizičkog, mentalnog i društvenog blagostanja, a ne odsutnost bolesti, slabosti i nemoći
- glavne zdravstvene posljedice emisija termoelektrana u zrak
  - iritacije, smetnje i mučnine
  - smanjena funkcionalnost organa
  - kliničke bolesti
  - smrt
- ljudi su izloženi polutantima iz okoliša kroz
  - zrak
  - vodu
  - piće
  - hranu
  - materijala koji su u kontaktu s kožom
- zdravstvene posljedice
  - ovise o:
    - intenzitetu izlaganja
    - vremenu izloženosti
    - kapacitetu organizma da apsorbira polutant
  - svi ovi faktori definiraju primljenu dozu polutanta koja određuje vjerojatnost nastanka posljedica kao i tip i intenzitet narušavanja zdravlja
  - često isti polutant iz više medija
  - povremena izloženost uglavnom ima zanemarive posljedice
  - dugotrajna izloženost može imati vrlo značajne posljedice
  - posljedice izloženosti urbane populacije opasnim koncentracijama polutanata
    - 500 tisuća prerane smrti svake godine
    - 4-5 milijuna dodatnih slučajeva kroničnog bronhitisa godišnje

## **Utjecaj proizvodnje električne energije na okoliš**

- neminovno uzrokuje emisije, odlaganje otpadnih produkata u zrak, vodu i tlo
- povećava kratkotrajne ili dugotrajne utjecaje (ili odmah nakon ispuštanja ili znatno kasnije)
- smanjenje i ograničenja emisije ograničeno je ekonomskim i tehničkim faktorima
  - čak i uz takve mjere postoji rizik
- priroda i veličina rizika ovisi o prirodi i količini upotrebljenog goriva, tehnologiji pretvorbe, nivou kontrolnih tehnologija za emisije i učinkovitosti pretvorbe
- emisije su vezane uz samo gorivo
  - mogu biti primarne (kao plinovi) ili sekundarne (npr. poslije reakcije mogu rezultirati u sekundarnim polutantima)
- glavni utjecaji
  - lokalni
    - zagađenje površinskih i podzemnih voda (kratkotrajni)
    - poremećaji zemljišta i utjecaj na ekosustav (dugotrajni)
    - zagađenje zraka krutim česticama, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, ugljikovodici... (kratkotrajni)
  - regionalni
    - zagađenje luka i oceana gubicima raznih vrsta (srednjetrajni)
    - degradacija šuma, promjena plodnosti oranica (kratko i srednjetrajni)
  - globalni
    - klimatske promjene od CO<sub>2</sub> i drugih plinova staklenika (srednje i dugotrajni)

## Energija i razvoj društva

- Rio de Janeiro (14.6.1992.) - Agenda 21 UN
  - konferencija o okolišu i razvoju
  - većina svjetske energije se proizvodi i iskorištava na načine koji se ne mogu održati
  - svi bi se izvori energije trebali iskorištavati tako da se štiti atmosfera, ljudsko zdravlje i okoliš u cjelini
  - razvojne strategije trebaju imati za cilj zaštitu okoliša i međugeneracijsku pravednost
- postoji i rizik od manjka energije što ugrožava opstanak ljudskog društva
- među najznačajnije utjecaje na okoliš spada i energetika (pridobivanje, transformacija i uporaba energije)
- interakcija energetskog sustava i okoliša nije poznata - suočavanje s potpuno novim procesom
- ekonomski rast i društveni razvoj ovise o uporabi energije
- glavna problematika - omogućiti razvoj i zadovoljiti rastuće svjetske potrebe za energijom uz istovremenu ublažavanje utjecaja na okoliš i osiguravanje dugoročne kvalitete Zemlje
  - teorije razvoja društva i očuvanja okoliša:
  - ili razvoj ili okoliš (ali ne oboje istovremeno) uz dva pogleda:
    - pesimistični - razvoj će konačno dovesti do katastrofe okoliša na svijetu
    - optimističan - razvoj će uzrokovati degradaciju, a problem okoliša riješit će se kad razvoj dosegne određeni nivo
  - održivi razvoj - okoliš i razvoj se međusobno ovisni i u osnovi se obostranu potpomažu
    - bez zaštite okoliša nema održivog razvoja
    - bez razvoja teško je održanje visoke kvalitete okoliša
    - održivi razvoj je razvoj koji može biti održiv kroz dugi vremenski period izričito uzimajući u obzir razne faktore okoliša na kojima se različiti procesi razvoja temelje

## Održivi razvoj

- pojam se koristi od 1987. godine poslije publikacije "Naša zajednička budućnost"
  - opis održivog razvoja premijerke Norveške - "zadovoljavanje sadašnjih potreba bez ugrožavanja mogućnosti budućih generacija da zadovolje svoje vlastite potrebe"
- ideja održivog razvoja dobila zamah kroz UN konferenciju 1992. godine (Agenda 21)
- "ekonomski rast i razvoj se mora događati i održavati tijekom vremena s ograničenjima obzirom na ekologiju u najširem smislu - to znači da su zaštita okoliša i ekonomski razvoj prije komplementarni nego antagonistički procesi"
- održivost - sposobnost društva, ekosustava ili bilo kojeg sustava da nastavi funkcionirati u neograničenoj budućnosti bez forsiranja iskorištenja ključnih resursa
- naponi za održivi razvoj - dugoročni, integrirani i sustavni pristup razvoju i postizanje zdravog društva zajedničkom brigom o gospodarstvu, okolišu i socijalnim pitanjima
- razvoj uključuje promjenu, napredak, mogućnost poboljšanja
  - održivost dodaje ideju trajnosti
  - promjena ne smije biti samo ekonomski vidljiva već i ekološki i društveno uspješna

- inicijative za održivi razvoj moraju uključivati:
  - integralni plan za zaštitu okoliša, socijalnu i ekonomsku kvalitetu života
  - uključivanje i sudjelovanje svih ugroženih strana
- najjednostavnija definicija - održivo društvo je ono koje se održava kroz generacije
- održivost je balansiranje tri elementa trokuta - okoliš, gospodarstvo i društvo
- mjerljivost
  - uz ekonomsko zdravlje društva treba mjeriti i njegovu ekološku i socijalnu kvalitetu
  - prvenstvena funkcija indikatora održivog razvoja je vrednovanje, procjena i stanje tri dimenzije socio-ekološkog sustava - društvo, gospodarstvo i okoliš
  - procjena interakcija među tim komponentama mora dominirati nad jednodimenzionalnim znanjem
- usklađenost energetskog sustava s održivim razvojem (6 kriterija):
  - usklađenost s okolišem
  - međugeneracijska usklađenost
  - usklađenost potrošnje
  - društveno-politička usklađenost
  - geopolitička usklađenost
  - ekonomska usklađenost

## Održivi razvoj i energetika

- glavne komponente
  - raspoloživost, dostupnost, prihvatljiva cijena
  - energetska sigurnost
  - energetska učinkovitost
  - okolišna prihvatljivost
  - rizici
- nema tehnologije koja nije rizična ili otpada koji ne utječe na okoliš
  - zbog toga je bolje usporediti karakteristike raznih tehnologija ili energetskih usluga nego o njima govoriti izolirano
- nafta
  - svjetski najvažniji izvor energije
  - najviše na Srednjem istoku
  - 29.10.2007. srušen jedan od najstarijih svjetskih rekorda (iz siječnja 1981.) - barel nafte 93,53 USD
  - 2. siječanj 2008. - barel nafte više od 100 USD
  - prosječno u 2008. - 97,26 USD - povećanje od 34%
  - na sredini godine maksimum - 144 USD
  - na kraju 2008. - ispod 40 USD po barelu
  - potrošnja
    - svjetska potrošnja pala za 0,6% tijekom 2008 i to prvi put od 1993. i najveći pad od 1982. godine
- ugljen
  - drugi u potrošnji primarne energije
  - nalazišta ugljena ravnomjernije raspoređena za razliku od zaliha tekućih goriva
  - najveće zalihe - Rusija, SAD, Kina, Australija, Južna Afrika, Njemačka, Poljska, Češka i Velika Britanija
  - zastupljenost u podmiranju današnjih potreba za energijom manja od zastupljenosti tekućih i plinovitih goriva uzetih zajedno
  - u Kini 43% svjetske potrošnje (poraslo za 6,8%)
  - potrošnja

- najveći porast potrošnje u svijetu (od svih goriva) - 3,1% što je usporenje rasta ispod desetogodišnjeg prosjeka
  - potrošnja u Kini čini 43% svjetskog udjela (povećanje od 6,8%)
    - na Kinu otpada 85% svjetskog rasta
  - u SAD-u pad potrošnje
  - ostatak svijeta - rast od 0,6%
- prirodni plin
  - najviše na Srednjem istoku i u Euraziji
  - potrošnja
    - svjetska potrošnja porasla za 2,5% tijekom 2008. što je manje od desetogodišnjeg prosjeka
    - najveći rast u Kini (15,8%)
    - i EU pad zbog visokih cijena i tople zime
    - proizvodnja porasla za 3,8%
      - isto toliko i međunarodna trgovina
- hidroenergija
  - globalna proizvodnja porasla za 2,8% - Kina predstavlja sav svjetski rast i to porastom za 20,3% zbog velikog povećanja kapaciteta i vrlo dobre hidrologije
- nuklearna energija
  - u 2008. proizvodnja smanjenje za 0,7% (već drugu godinu za redom)
- obnovljivi izvori
  - unatoč visokom rastu još uvijek predstavljaju samo mali dio ukupne svjetske energetske sile
  - geotermalna, vjetar i sunčeva energija zajedno predstavljaju oko 1,5% globalne proizvodnje
  - sunce
    - kapaciteti sunčeve energije se udvostručuju svake dvije godine od 1998. godine, a u 2008. su povećani za 69%
    - ukupni kapaciteti narasli za 5,5 GW i dostigli 13,4 GW
    - u 2008. koncentrirani u Španjolskoj i Njemačkoj (zbog velikih vladinih potpora)
  - vjetar
    - važan u Danskoj (20% proizvodnje), Španjolskoj (10,7%), Njemačkoj (7%) i SAD (1%)
    - kapaciteti rasli za 30% u 2008.
    - prosječni rast u 10 godina oko 28%
    - u 2008. najviše novih kapaciteta u SAD i Kini
    - SAD najveći kapacitet (20,7% svjetskog udjela)
    - Njemačka 19,6% svjetskog udjela kapaciteta
    - Europa ostala najveće tržište u smislu kapaciteta - 54% svjetskog kapaciteta u 2008.
    - najvažniji faktor brzog rasta - vladine potpore
    - veliki izazov za operatere prijenosnog sustava zbog nepredvidivosti (faktor iskorištenja 25%) - velik zahtjevi na pomoćne usluge sustava
  - geotarmalna energija
    - važna u El Salvadoru (25% proizvodnje), Filipinima, Keniji i Islandu (oko 20% proizvodnje)
    - veliki faktor opterećenja - 90% (sunce 20%, vjetar 25%)
    - u 2008. najsporije rasla (4,2%)
    - najveći kapaciteti u SAD - 28,6% svjetskog udjela
  - etanol
    - globalna produkcija u 2008. porasla 31%

- porast najviše zbog SAD gdje je produkcija porasla za 41% i čini pola svjetske proizvodnje
- u Brazilu proizvodnja porasla za 20%
- proizvodnja u SAD i Brazilu - 90% svjetske proizvodnje
- ostalo - 30% porasta u Kanadi i Francuskoj
- općenito
  - svjetska potrošnja primarne energije porasla za 1,4% u 2008.
    - najveći porast ponovno u Azijskoj tihooceanskoj regiji - 87% ukupnog rasta
    - najveći porast u Kini - tri četvrtine ukupnog rasta
      - ipak, već petu godinu za redom se taj rast smanjuje
  - rast se usporio od 2001. za sva goriva i u svim regijama
  - potrošnja u 2008. (od najviše do najmanje)
    - nafta
    - ugljen
    - prirodni plin
    - nuklearna energija
    - hidroenergija

## **Tehnologije za proizvodnju električne energije u budućnosti**

- tehnologije se neprekidno usavršavaju - veća učinkovitost i sve manji utjecaj na okoliš
- u budućnosti će se još dosta vremena zadržati i sadašnje tehnologije
  - izgaranje ugljene prašine i tekućih goriva (termoelektrane)
  - hidroelektrane
  - sadašnja generacija lakovodnih nuklearnih reaktora
- tehnologije za proizvodnju električne energije u prvoj polovici 21. stoljeća vjerojatno će pripadati jednoj od sljedećih grupa postrojenja:
  - postrojenja s poboljšanim korištenjem fosilnih goriva
    - elektrane s naprednim tehnologijama u korištenju ugljena
    - elektrane s kombiniranim plinsko parnim ciklusom
    - proizvodnja električne energije u gorivnim ćelijama
  - novi obnovljivi izvori energije
    - vjetar, sunce ili biomase
  - poboljšane nuklearne tehnologije
    - unaprijeđeni lakovodni reaktori
    - visokotemperaturni reaktori
    - brzi oplodni reaktori

## **Investicije u energetski sektor**

- ukupne investicije - preko 10 trilijuna USD
  - to je oko 56% ukupnih investicija u energetski sektor i gotovo tri puta više nego investicije u elektroenergetski sektor u posljednjih 30 godina
  - više od 5 trilijuna USD će ići u prijenosne i distribucijske mreže
- zaštita okoliša
  - regulativa iz područja zaštite okoliša koja zahtjeva smanjenje emisije polutanata postaje sve stroža
  - zakonodavstvo će sve više obuhvaćati i emisije stakleničkih plinova

- to dovodi do povećanja rizika za investitori zbog povećanja investicija
- zemlje u razvoju
  - sveukupno će trebati investicije reda veličine 5 trilijuna USD
  - za većinu zemalja investicije moraju biti puno veće od dosadašnjih kako bi se dostigli ciljevi socio-ekonomskog rasta i razvoja, ali za to nema garancije
  - velika nesigurnost o uspješnosti mobilizacije ove investicije, posebice za Indiju i Afriku
  - uz dosadašnju politiku - 1,4 milijarde ljudi neće imati el.en. do 2030.
    - dodatne investicije za 100% pokrivenost - 665 milijarde USD
    - očekuju se veliki doprinosi od programa za ublažavanje siromaštva
- u Europi
  - do 2030. godine treba uložiti 2 tisuće milijardi EUR
  - velik rast potražnje za energijom
- 4 strateška izazova u budućnosti
  - sigurnost dobave energije
  - investicije u energetska infrastrukturu
  - briga o štetama u okolišu zbog korištenja energije
  - značajna nedostupnost moderne energije za veliki dio svjetske populacije

## Zemljina atmosfera i ozon

- ukupni globalni okoliš - 4 glavna područja:
  - plinovita atmosfera
  - tekuća hidrosfera
  - kruta litosfera
  - živa biosfera

### Atmosfera

- plinoviti omotač koji obavija zemlju
- oblik sličan obliku Zemlje
- meteorologija proučava sastav i strukturu atmosfere, njeno fizičko stanje, postanak i značenje i razvoj fizičkih meteoroloških pojava koje se javljaju u atmosferi
- stanje atmosfere - skup njezinih fizičkih osobina koje određuju meteorološki elementi
- osnovni meteorološki elementi
  - temperatura zraka i gornjih slojeva Zemlje
  - atmosferski tlak
  - vjetar
  - gustoća i vlažnost zraka
  - isparavanje
  - oblaci i oborine...
- meteorološko vrijeme - fizičko stanje atmosfere nad nekim mjestom
- klima - prosječno stanje atmosfere nad određenim mjestom u određenom vremenskom razdoblju (30 godina)
- snabdijeva nas zrakom koji udišemo
- regulira globalnu temperaturu
- filtrira opasni dio sunčevog zračenja
- kemijski sastav se mijenja zbog:
  - prirodnih uzroka
  - djelovanja ljudi (antropogeni utjecaji)

- globalno zagrijavanje
  - uništavanje ozona
- povijest
  - prije 5 milijardi godina formiranje Zemlje
  - 500 milijuna godina se sastojala od para i plinova izbačenih tokom rasplinjavanja unutrašnjosti planeta
  - prije 4 milijarde godine formirala se hidrosfera kondenziranjem vodene pare stvarajući oceane vode
  - najvažnija karakteristika - odsutnost slobodnog kisika (nije zabilježen prije 3 milijarde godina)
- danas
  - stabilna mješavina nekoliko stotina vrsta plinova različitog porijekla
  - skoro jednoličan udio plinova osim vodene pare do oko 80 km iznad Zemlje
  - N<sub>2</sub> (78%), O<sub>2</sub> (21%) i Ar (0,93%) čine 99,9% plinova
    - taj sastav ostaje gotovo nepromijenjen do gornje granice troposfere
  - povećava se broj dokaza da se mijenja udio plinova u tragovima bitnih za okoliš i zbog prirodnih i ljudskih faktora
- mjere za koncentraciju plinova u atmosferi
  - volumni sadržaj (m<sup>3</sup> plina po 1 m<sup>3</sup> smjese)
  - maseni sadržaj (kg plina po 1 m<sup>3</sup> smjese)

## Struktura atmosfere

- u prvih 40km - više od 99% ukupne mase atmosfere
- slojevi
  - troposfera (0-11 km) - temperatura pada s visinom
    - između - tropopauza
  - stratosfera (11-40 km) - temperatura se ne mijenja
    - između stratopauza
  - mezosfera (40-80 km) - temperatura pada s visinom
    - između mezopauza
  - termosfera (80-300 km) - temperatura raste s visinom
  - egzosfera (300- km)
- troposfera
  - 0-11 km
  - temperatura i sadržaj vodene pare padaju brzo s visinom
  - sadrži 99% vodene pare u atmosferi
    - koncentracija se mijenja s geografskom širinom (najveća iznad tropskih područja - oko 3%, a pada prema polovima)
  - gornji dio u granicama 8-18 km (visina se mijenja tokom sezona - najveća ljeti)
  - visina je različita
    - ekvator - 18-20 km
    - umjerene širine - 11-14 km
    - polovi - samo 8-19km
  - oko 90% atmosferske mase
  - temperatura pada s visinom prosječno 6°C po kilometru
    - iznad pola -45°C na gornjoj granici
    - iznad ekvatora -80°C
  - debljina tropopauze - između nekoliko stotina metara do dva kilometra
    - temperatura se ne mijenja ili raste u tropopauzi s visinom
  - sve vremenske pojave se događaju u troposferu (ime znači "područje miješanja")



- stratosfera
  - temperatura ostaje relativno konstantna do 25 km i tada se povećava postepeno do 200-220 K na gornjoj granici
  - ozon ima glavnu ulogu reguliranja temperaturnog režima stratosfere pošto je koncentracija vodene pare vrlo mala
    - temperatura raste s koncentracijom ozona
    - sunčeva energija se pretvara u kinetičku kada molekule ozona apsorbiraju UV zračenje - zagrijavanje stratosfere
  - sloj ozona - između 20-30 km
    - približno 90% ozona je u stratosferi
    - apsorbira glavni dio sunčevog UV zračenja valne družine 290-320 nm (koja je opasna za život)
    - najviše nastajanja i uništavanja ozona događa se u stratosferi iznad ekvatora
- mezosfera
  - padanje temperature koja dostiže 190-180 K na visini od 80 km
  - koncentracija ozona i vodene pare neznatna
  - s udaljavanjem od Zemlje kemijski sastav zraka postaje jako ovisan o visini i atmosfera postaje bojačija s lakim plinovima
  - na vrlo velikim visinama plinovi počinju u slojevima zbog gravitacijske separacije
- termosfera
  - 80-300 km
  - temperatura općenito raste s visinom do 1000K
    - zbog intenzivne apsorpcije sunčevog zračenja ograničenim količinama preostalih molekula kisika
- egzosfera
  - sloj najudaljeniji od zemlje
  - relativno nedefiniran
  - prelazna zona između atmosfere i međuplanetarnog prostora

## **Sunčevo zračenje**

- 3 vrste zračenja
  - ultraljubičasto (UV)
    - UV-C
    - UV-B
    - UV-A
  - vidljivo
  - infracrveno (IR)
- ultraljubičasto (UV) zračenje
  - ima vrlo važnu ulogu u mnogim procesima u biosferi
  - ima nekoliko korisnih učinaka, ali može biti i vrlo štetno ukoliko pređe "sigurnu" razinu
  - ako je iznos dovoljno visok, sposobnost samozaštite jedinke nije dovoljna i ona može biti znatno oštećena
  - zbog toga je uveden UV indeks koji treba upozoriti ljude o stupnju štetnosti UV zračenja
    - što je veći, veća je i opasnost od štetnog djelovanja UV zračenja
    - prognozira se za sutrašnji dan
    - određuje se pomoću kompjutorskih modela

- umnožak reakcije kože na UV tračenje i energetskog spektra UV zračenja se integrira i tako se dobiva biološki djelotvorno zračenje
  - djelotvorna UV doza se osrednji za promatrani vremenski interval i pomnoži s faktorom 40 kako bi se dobila brojčana vrijednost koja predstavlja UV indeks
- mijenja se tokom dana i godine
  - ljeti najopasnije
  - od 12 do 14 sati vrlo visoka opasnost
  - sat prije i poslije visoka opasnost
  - 9-10 i 16-17 umjerena opasnost
  - rano ujutro i kasno poslijepodne gotovo nema opasnosti
- općenito viši ako putujemo na jug, a niži ako idemo na sjever
- vrijednosti
  - 1 i 2 - niska opasnost
  - 8, 9 i 10 - vrlo visoka opasnost
    - djeca mogu dobiti opekline za manje od 10 minuta
  - 11 i više - ekstremna opasnost
    - djeca mogu dobiti opekline za manje od 5 minuta
- 
- stratosferski kisik i ozon apsorbiraju 97-99% UV zraka s valnom dužinom 150-300nm
  - UV-C je potpuno apsorbirano u gornjoj atmosferi na molekulama kisika i ozona
  - većinski dio UV-B je apsorbiran na molekulama ozona
  - na površinu Zemlje dolazi velik iznos UV-A i mali iznos UV-B zračenja
- UV-B zračenje je biološki vrlo štetno
  - pošto je ozon glavni apsorber UV-B zračenja, intenzitet UV-B zračenja zavisi o ukupnom iznosu ozona u atmosferi i debljini ozonskog sloja
- na UV zračenje najviše utječe visina Sunca - kut između horizonta i smjera prema Suncu
  - zato je UV zračenje najjače u tropskom području, ljeti, u vrijeme podneva
  - na velikoj geografskoj širini polarnih područja sune je uvijek nisko na nebu pa je više UV-B zračenja apsorbirano - srednje izlaganje UV-B zrakama je preko 1000 puta manje nego na ekvatoru
  - također utječe i pokrivenost oblacima te blizina industrijske zone
    - industrijski procesi proizvode ozon
- učinci UV zračenja na zdravlje
  - DNA apsorbira UV-B - lomljene veze u DNA što može dovesto do raka kože
  - 1% smanjenje u sloju ozona uzrokovat će oko 2% povećanja UV-B zračenja što će dovesto do 4% povećanja karcinoma
  - također su moguća oštećenja oka, oslabljenje imunološkog sustava te melanom
  - kod životinja se također javlja rak kože, ali i utjecaj na rane stadije razvitka mnogih vrsta (mutacija)
  - kod gotovo svih predstavnika biljnog svijeta, od najsitnije planktona do najvećeg stabla, pretjerana izloženost UV-B zrakama može usporiti proces rasta
  - oštećenja morskog života - rizik na morski plankton koji gusto naseljava 2 gornja metra oceana

## Ozon

- otkriven 1839. godine (Christian F. Schonbein)
- svjetlo plave boje
- relativno nestabilna molekula
- nastaje iz molekule kisika djelovanjem UV zračenja s atomom kisika
  - može nastati prolaskom električnog izboja kroz plinoviti kisik
  - tehnički se dobiva propuštanjem kisika ili zraka kroz električno izbijanje u ionizatoru
- jedinstven miris
- u industriji se upotrebljava kao sredstvo za izbjeljivanje, kao antiseptik i oksidans
- ozonski sloj
  - proteže se od 15-50 km, ali je najgušći između 20 i 25 km
  - sav ozon bi na morskoj razini tvorio sloj deo samo 3 mm
  - uloga ozona je dvojaka
    - u troposferi predstavlja problem
    - u stratosferi je neophodan za održavanje zdravlja i života na Zemlji
    - jedan od glavnih problema današnjice je povećanje ozona u troposferi i smanjenje u stratosferi
  - mjeri se u jedinici Dobson (DU)
    - prosječni nivo ozona je 300 DU
- za njegovu izgradnju, razgradnju i smještaj bitna je ravnoteža
  - dođe li do poremećaja - ozon nestaje, a to se najčešće događa dovedemo li iz donjih slojeva u stratosferu freone
- troposferski ozon
  - količina ozona u troposferi se u posljednjih 50 godina udvostručila
  - dolazi u neposredan dodir sa živim organizmima
    - nadražuje dišne organe i oči, a veće količine izazivaju krvarenje iz nosa i glavobolju
- stratosferski ozon
  - upija najveći dio štetnog ultraljubičastog zračenja
  - upijajući UV zrake, ozon predstavlja izvor topline u stratosferi
  - zaštitnički ozon
    - neophodan za život na Zemlji
- nastanak ozona
  - zračenje sunca razbija molekule normalnog kisika otpuštajući na taj način slobodne atome
  - neki od njih se vežu s drugim molekulama kisika i na taj način nastaje ozon
  - čak 90% ozona u atmosferi nastaje na opisani način
  - iz tog razloga se i prostor ozona iznad Zemlje naziva ozonski omotač iako u njemu ima vrlo malo ozona
- uništavanje ozona
  - molekula ozona izložena UV zračenju može se vratiti u  $O_2$  i  $O$  (Chapmannova reakcija)
  - katalitički proces (nestabilni ozon rado daje svoj treći atom kisika slobodnim radikalima) - puno češće
    - antropogeno uništavanje - proizvedene tvari dosežu ozonski nivo atmosfere
    - $Cl$  (iz CFC) i brom (iz halogena) najviše
    - CFC u troposferi ostaje više od 40 godina
    - klor se u više navrata spaja s kisikom i uništava ozon - 1 atom klora može prevesti 100 tisuća molekula ozona u kisik
- tvari koje oštećuju ozonski omotač

- klor, fluor, brom, ugljik i vodik
- freoni - sintetički spojevi široke primjene sastavljeni od ugljika, klora i fluora
  - aerosoli (potisni plin)
  - sredstva za pjenjenje
  - pjena za termoizolaciju
  - proizvodnja plastičnih masa
  - sredstva za čišćenje i odmašćivanje
  - hladnjaci, ledenice, rashladni sustavi
  - klima uređaju
- haloni (u uređajima za gašenje požara)
- ugljik tetraklorid, metil bromid, triklor etan, nezasićeni klorofluorouglikovodici i nezasićeni bromouglikovodici
- bez sustavne kontrole bi stanje ozona moglo biti i do deset puta gora za pedeset godina
  - dvostruka veće UV-B zračenje na sjevernoj hemisferi i četverostruko na južnoj
  - rak kože, katarakti očiju i ostala oboljenja zahvatila bi milijune
- kontrola ozona
  - ozon se oštećuje u prosjeku 4-5% po desetljeću
  - najjača oštećenja zovu se "ozonska rupa", a vidljiva su nad Antarktikom svako antarktičko proljeće
    - nivo ozona je pao na 33% vrijednosti prije 1975. (manje od 220 DU ozona)
    - u posljednje vrijeme se javlja i iznad Arktika
    - u listopadu 2000. bila je veća nego ikad (kao trostruka površina SAD-a)
  - znanost još ne zna način neutraliziranja CFC-a
  - ozonski omotač se oštećuje i zbog prirodnih pojava (vulkani i promjenjive aktivnosti Sunca)
  - dogovor vlada da se do kraja prošlog stoljeća upola smanji upotreba CFC-a, međutim, on je predugo aktivan u atmosferi
  - stanje nad Europom
    - ozonski sloj atmosfere nad Europom tanji je čak 30%
    - periodična stanjivanja nisu ništa novo, ali su se počela događati češće nego prethodnih godina
    - omotač se motri pomoću GOME-a

## Međunarodni dogovori za zaštitu ozonskog omotača

- 1973. Mario Molina i Sherwood Rowland prvi otkrivaju da CFC može imati veliku ulogu u uništavanju ozona
  - od tada su se države diljem svijeta složile i stvaraju međunarodne propise u nadi da će zaštititi ozonski omotač
  - znanstvenici kroz Ujedinjene narode potaknuli inicijativu za sprečavanje daljnjih oštećenja
- Bečka konvencija o zaštiti ozonskog omotača 1985.
  - prvi korak zaštite
  - pristupila 21 država Europe
  - nakon nje znanstvenici dugotrajnim istraživanjem utvrđuju koje ljudske aktivnosti dovode do oštećenja ozonskog omotača
- Montrealska konvencija 1987. godina
  - 22 zemlje svijeta potpisale protokol

- danas taj protokol broji 184 zemalja članica (122 zemlje obuhvaćene člankom 5 koji nalaže nisku potrošnju freona i halona)
- razvijene zemlje prestale s potrošnjom freona i halona, ali one čine samo 20% svjetske potrošnje - u ostalih 80% je ključ spašavanja ozonskog omotača
- Londonski amandmani na protokol 1990.
  - odredili da proizvodnja CFC i CCl<sub>4</sub> prestane do 2000. godine
  - 1992. u Copenhagenu odgođeno za 2006. godinu
- 1997. izmjena protokola o tvarima koje oštećuju ozonski omotač
  - 1999. prihvaćena izmjena u Pekingu

## Republika Hrvatska i zaštita ozonskog omotača

- Hrvatska od 8. listopada 1991. godine članica Bečke konvencije i Montrealskog protokola
- obje dopune (1990. i 1992.) i izmjenu (1997.) potvrdio Sabor
- za provedbu protokola u Hrvatskoj zaduženo Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva
- 1996. godine izrađen Nacionalni program za potpuno ukidanje tvari koje oštećuju ozonski omotač u suradnji s jednom od četiri provedbene agencije protokola
  - programom je utvrđena potrošnja tvari koje oštećuju ozonski omotač te su predložene mjere i projekti ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač u Republici Hrvatskoj
  - utvrđeno kako Hrvatska ima preduvjete za provedbu ubrzanog ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač (uz odgovarajuću stručnu i financijsku pomoć provedbenih agencija protokola)
- U Hrvatskoj se ne proizvode tvari koje oštećuju ozonski omotač pa se potrošnja tih stvari računa kao razlika uvoza i izvoza
  - Hrvatska spada u zemlje iz članka 5 (niska potrošnja freona i halona)

## Efekt globalnog zagrijavanja

### Sunčeva energija

- najveći dio toplinske energije u Zemljinoj atmosferi od elektromagnetskog zračenja Sunca
  - to zračenje čine fotoni s veoma širokim spektrom energija
  - taj spektar se ne razlikuje bitno od spektra crnog tijela na temperaturi od oko 5800K
- spektar Sunčevog zračenja: UV (10%), vidljivi (45%) i IR (45%) dio
- bilanca energije Sunčevog zračenja:
  - 30% se reflektira u svemir (albedo Zemlje je oko 0,3)
  - 25% se apsorbira u atmosferi (3% ozon, 5% oblaci i 17% vodena para)
  - ostalih 45% apsorbira se na površini Zemlje
- Sunčeva energija nije vremenski konstantna - ovisi o relativnom položaju osi rotacije i putanje Zemlje
  - položaj osi rotacije - mijenja zračenje s vremenom perioda od oko 26000 god
  - precesija Zemljine putanje - period promjene 19-24 tisuće godina
  - ekcentričnost elipse Zemljine putanje - 100 tisuća godina

- stvarne promjene temperaturnih prilika rezultat su kombiniranog utjecaja zračenja Sunčeve energije i pojava vezanih uz apsorpciju zračenja Zemlje u atmosferi
- još jedna periodička pojava - isčeznuće biljnih i životinjskih vrsta svakih oko 26 milijuna godina
- kod razmatranja ovih kolebanja - u idućim milenijima treba očekivati postupno smanjivanje emitirane energije Sunca
  - dovelo bi do povećanja mase ledenog pokrivača na polovima i smanjenja prosječne temperature atmosfere

## **Zagrijavanje Zemlje**

- valna dužina glavnine emitiranih toplinskih zraka raste s padom temperature tijela
- temperatura površine Zemlje je puno niža od temperature površine Sunca - spektar zračenja Zemlje u visokom području (infracrveno zračenje)
- to zračenje se apsorbira u atmosferi koja je učinkovit apsorber infracrvenog zračenja
- preko 90% tako apsorbiranog zračenja se reflektira na površinu Zemlje i doprinosi njenom zagrijavanju
- plinovi koji to omogućuju se zovu "staklenički plinovi" jer je djelovanje slično staklima u staklenicama
- ne apsorbiraju svi plinovi jednako
  - CO<sub>2</sub> je referenca relativnog potencijala zagrijavanja iako apsorbira bitno manje nego drugi plinovi - on je referenca zato što je njegova količina u odnosu na druge najveća
- relativni potencijal zagrijavanja - apsorpcijska moć plina i rezidentno vrijeme u atmosferi
- plinovi koji doprinose zagrijavanju zemlje s preko 90%: CO<sub>2</sub> (60%), CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>, H<sub>2</sub>O i CH<sub>3</sub>FCF<sub>3</sub>
- vrlo mali dio energije proizvodi i sama Zemlja (unutarnja energija)
  - radioaktivni raspad teških izotopa
  - kristalizacija stijena
  - pretvorba energije gravitacije u toplinsku
  - sve to je manje od tisućinke toplinskog toka Sunčevog zračenja
    - zanemariv iznos, ali bitni utjecaj na Zemljinu koru (pomaci kontinenata, uzdizanje planinskih lanaca, zemljotresi)
- totalna bilanca CO<sub>2</sub>
  - ciklus vegetacije (110 milijardi tona CO<sub>2</sub> godišnje) i ciklus oceana (55 milijardi tona CO<sub>2</sub> godišnje)
    - fotosinteza (apsorpcija CO<sub>2</sub>) i razgradnja organskih tvari (emisija CO<sub>2</sub>)
    - uravnoteženi procesi
  - ljudska aktivnost (uništavanje šumskih površina i izgaranje ugljika) dovodi do povećanja CO<sub>2</sub> u atmosferi
    - 6,5 - 8,5 milijardi tona CO<sub>2</sub> godišnje viška - polovina se apsorbira u prirodnim procesima, a polovina povećava koncentraciju CO<sub>2</sub> u atmosferi

## **Omogućavanje života na površini**

- jedan od temeljnih uvjeta za formiranje atmosfere i životnih uvjeta je da temperatura na površini planeta mora omogućiti održanje vode u tekućem stanju

- bez toga nema apsorpcije ugljičnog dioksida u vodi kao ni uvjeta za nastanak organizama i procesa fotosinteze
- zračenje planeta u svemir određeno je formulom
  - $(1-\alpha) \cdot E_{\text{sun}}/4 = \sigma \cdot f \cdot T^4$
  - $E_{\text{sun}}$  - sunčeva konstanta
  - $\alpha$  - albedo (odnos reflektirane i ozračene sunčeve energije)
  - $f$  - faktor atmosferske transmisije za infracrveno zračenje
  - $T$  - apsolutna temperatura na površini planeta
  - $\sigma$  - Stefan-Boltzmannova konstanta
  - lijeva strana - dobivena energija od Sunca
  - desna strana - emitirana energija od površine planeta
  - računanjem se dobije da je na Zemlji prosječna temperatura  $-18^{\circ}\text{C}$ 
    - zbog stakleničkih plinova, ta se vrijednost povećava na  $15^{\circ}\text{C}$  (za  $33^{\circ}\text{C}$ )
- Venera
  - efekt staklenika je toliko jak da ne dozvoljava sniženje temperature ispod vrijednosti kod koje voda kondenzira - nema života
  - $\text{CO}_2 > 98\%$
- Mars
  - rijetka atmosfera - ne osigurava potreban efekt staklenika kako bi se voda odmrznula i dovela do vodenih para u atmosferi
- Zemlja
  - ispunjeni temperaturni uvjeti za razvitak atmosfere pogodne za očuvanje životnih uvjeta
  - djelovanje efekta staklenika je od suštinskog značenja za održavanje podnošljivih klimatskih uvjeta na površini planeta
    - bez toga bi temperatura bila niža čak  $33^{\circ}\text{C}$
  - prirodni staklenički plinovi -  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_3$  i  $\text{H}_2\text{O}$ 
    - antropogeni staklenički plinovi -  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , HFC, PFC i SF6
    - glavni izvori:
      - izgaranje fosilnih goriva
      - industrijski procesi
      - odlaganje otpada
      - sječa šuma
      - poljoprivredna proizvodnja
      - stočarstvo
  - stopa rasta promjene temperature je već od bilo koje u proteklih 10000 godina
  - koncentracija  $\text{CO}_2$  se naročito povećala početkom industrijske ere
  - metan ( $\text{CH}_4$ )
    - osim  $\text{CO}_2$ , znatan doprinos metana
    - prirodni kemijski procesi ga stvaraju, pretežito razgradnja organskih tvari
      - močvare, rižina polja, termiti, stočne farme, rudnici ugljena...
    - drastično povećanje koncentracije metana u atmosferi u 20. stoljeću u odnosu na ranija razdoblja
  - CFC

## Smanjenje emisija $\text{CO}_2$

- mogućnosti
  - poboljšanje energetske efikasnosti

- prelazak na niskougljična goriva
- prelazak na bezugljična goriva
  - nuklearna energija i obnovljivi izvori
- mogućnost "zarobljavanja CO<sub>2</sub>" (iskorištavanjem ili skladištenjem)
  - problem: potrebna dodatna količina energija koja smanjuje efikasnost proizvodnje za 10%
  - iskorištavanje CO<sub>2</sub>
    - u kemijskoj industriji
    - za unapređenje vađenja sirove nafte
    - za rast biljaka ili algi
  - skladištenje CO<sub>2</sub>
    - u oceane
      - tri koncepta
        - disperzija iz cijevi
        - disperzija iz brodova
        - stvaranje jezera CO<sub>2</sub> u dubini
    - u duboke slane rezervoare
    - u iskorištene bušotine nafte i plina
    - kao krutina na zemljištu

## Klimatske promjene

- staklenički plinovi omogućuju život
- narušavanje odnosa u kemijskom sastavu zraka narušava i ravnotežu klimatskog sustava s klimatski mjerljivim posljedicama
- klima Zemlje se stalno mijenja (astronomski, fizikalni i kemijski čimbenici)
  - u posljednjih sto godina ljudske su se aktivnosti toliko intenzivirale da imaju izravan utjecaj na klimu
- kod viših temperatura je veće stvaranje sekundarnih polutanata - još veće opterećenje na urbana područja
- klima se mijenjala u prošlosti
  - jako spore klimatske promjene
  - ledeno doba - prosječno 5°C manja temperatura
- i ranije je bilo toplijih i hladnijih razdoblja
  - međutim, opažanja potvrđuju da se klima mijenja izvan prirodnih okvira samo je teško precizno odrediti udjel ljudskih aktivnosti u klimatskim promjenama
- utjecaj na:
  - zdravlje ljudi
    - smrt (toplinski udari)
    - infektivne bolesti (utjecaj na prenosnike bolesti)
    - bolesti dišnih puteva (kvaliteta zraka)
  - izvore vode
    - promjene u snabdijevanju i kvalitete vodom
    - povećana konkurencija za vodom
    - češća pojava poplava
  - prinos žetve
    - promjena geografske distribucije žitarica
    - smanjenje prinosa žitarica
    - potreba za navodnjavanjem
  - šume
    - promjena u sastavu šuma
    - geografska promjena veličine šuma



- zdravlje šuma i produktivnost proizvodnje
  - povećanje rizika od požara tokom ljeta
- priobalna područja
  - u SAD nivo mora porastao za 25-30 cm u posljednjem stoljeću
  - erozija pješčanih plaža
  - poplavljanje obalne zemlje
- biljne i životinjske vrste i prirodna područja
  - pomak ekoloških zona
  - gubitak staništa i vrsta
- klima u Hrvatskoj
- umjereno topla kišna klima
- najviša planinska područja - snježno-šumska klima
- u unutrašnjosti najtopliji mjesec prosječno 22°C
- srednja godišnja temperatura priobalnog područja - 12-17°C
- ravničarsko područje - srednja godišnja 10-12°C
- između 600 i 3500 mm oborina godišnje
  - najmanje otoci, najviše vrhovi planina
- najsunčaniji dijelovi Hrvatske - vanjski otoci srednjeg Jadrana
- prognozirane atmosfere promjene i štete
  - prognozu i posljedice moguće temeljiti samo na veoma kompleksnim matematičkim modelima
  - mora se voditi računa i o fizikalnim povratnim vezama na cijeli proces
  - šteta u okolišu nastaje zbog promjene klimatskih uvjeta pod djelovanjem stakleničkih plinova
  - širenje pustinja na jugu i poplave na sjeveru
  - povišenje razine mora
  - štete nisu jednoliko raspoređene po područjima svijeta
  - općenito vrijedi da će štete biti izraženije kod zemalja koje su više vezane uz poljoprivredu, kod zemalja i područja uz morsku obalu, zemalja koje već sada imaju toplu i suhu klimu i onih koje teže prilagođavaju svoje gospodarstvo i način života izmijenjenim klimatskim uvjetima
  - u većoj su to mjeri zemlje u razvoju
- ublažavanje štete prilagođavanje gospodarstva novonastalim uvjetima
- za razliku od SO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> je nemoguće odstraniti iz dimnih plinova termoelektrana ili ga razgraditi na sastavne elemente
  - upravo je proces oksidacije ugljika proces koji oslobađa energiju pa bi razgradnja utrošila istu tu energiju
  - jedino se može skladištiti CO<sub>2</sub> u npr. oceanima što je ekonomski i ekološki problematično
  - zato treba smanjiti emisiju CO<sub>2</sub> zamjenom fosilnih goriva drugim energentima
  - troškovi stabilizacije CO<sub>2</sub> iznosili bi 1-1,5% svjetskog društvenog proizvoda (a neke procjene idu i do 6%)

## Međunarodni odgovor na promjenu klime

- prvo priznanje o ozbiljnosti problema na prvoj Svjetskoj konferenciji o klimi 1979.
  - deklaracija koja poziva svjetske vlade da predvide i spriječe moguće ljudski izazvane promjene klime koje mogu biti suprotne dobrobiti čovječanstva
  - utvrđen plan za osnivanje Svjetskog klimatskog programa
- krajem 80-ih i početkom 90-ih mnogo međuvladinih konferencija o klimatskim promjenama
  - najznačajnije u Villachu, Torontu, Ottawi, Tati...

- Međuvladin panel o promjeni klime (IPCC) objavio svoje prvo izvješće 1990.
  - panelu je dan mandat da procijeni stanje postojećeg znanja o klimatskom sustavu i klimatskim promjenama
  - izvješće je potvrdilo znanstvene dokaze o promjeni klime
    - snažan efekt na kreatore politike kao i opću javnost
- druga Svjetska konferencija o klimi 1990.
  - pozvala na okvirni sporazum o klimatskim promjenama
  - završna deklaracija, usvojena nakon teških pregovora, nije precizirala nijedan međunarodni cilj za smanjenje emisija
  - ipak, podržala je brojne principe koji su kasnije uključeni u Konvenciju o promjeni klime
    - govore o klimatskim promjenama kao "zajedničkoj brizi čovječanstva", bažnoj pravednosti, održivom razvoju i principima prevencije
- okvirnu konvenciju UN-a o promjeni klime iz 1992. potpisalo 154 zemalja u Rio de Janeiru
  - Agenda 21 (vidi poglavlje Energija i razvoj društva)
  - treba dostavljati nacionalna izvješća o provođenju odredbi Konvencije
    - Hrvatska dostavila 2001. prvi izvještaj te drugo, treći i četvrti 2007. - sljedeći se dostavlja 2010.
  - stupila na snagu 21. ožujka 1994.
    - 90 dana nakon ratifikacije 50. države
  - Konferencija stranaka postalo najviše tijelo Konvencije
  - od tada 186 zemalja ratificiralo Konvenciju - Hrvatska 1996. godine
  - temeljni cilj Konvencije - postignuti stabilizaciju koncentracija stakleničkih plinova u atmosferi na razinu koja će spriječiti opasno antropogeno djelovanje na klimatski sistem, a to treba ostvariti u vremenskom okviru dovoljnom da se ekosustav prirodno prilagodi na klimatske promjene
  - prema Konvenciji - zemlje potpisnice Priloga I, uglavnom sve razvijene zemlje i zemlje u tranziciji (među njima i Hrvatska), moraju zadržati emisije stakleničkih plinova na razini iz 1990. godine
- konferencija stranaka (COP-1) prvi sastanak imala u Berlinu 28.3. do 7.4. 1995.
  - 117 zemalja stranaka i 53 zemlje promatrača
  - složili se da su obveze razvijenih zemalja sadržane u Konvenciji nedostatne i organizirali razgovore o dodatnim obvezama nazvane Berlinski mandat
  - preispitali prvi krug nacionalnih izvješća te dovršili većinu institucionalnih i financijskih instrumenata da podrže akciju definiranu Konvencijama
- druga konferencija (COP-2) 1996.
- IPCC usvojio svoje drugo izvješće u prosincu 1995.

## **Kyoto protokol**

- treća konferencija (COP-3) dovela do Kyoto protokola
  - prihvaćen Kyoto protokol - industrijalizirane zemlje imaju pravno vezanu obvezu smanjiti ukupnu emisiju stakleničkih plinova za najmanje 5% usporedbi s razinom iz 1990. u razdoblju od 2008. do 2012.
  - protokol otvoren za potpis i počinje primjena 90 dana nakon što ga ratificira 55 stranaka Konvencije čija je emisija najmanje 55% emisije CO2 zemalja Aneksa I protokola
    - do tada se nastavlja provođenje obveze prema Konvenciji o promjeni klime i priprema za primjenu Kyoto protokola
- četvrta konferencija (COP-4) u Buenos Airesu 1998.

- razmatranje provedbe Konvencije i početak istraživanja buduće provedbe Kyoto protokola
- sedma konferencija (COP-7)
  - prihvaćeni dokumenti za provođenje Kyoto protokola
- osma konferencija (COP-8) u Bonnu 2002.
  - Kyoto ratificiralo 76 država s 35,8 posto emisija
- 55% emisije (za Kyoto protokol) postignuto 28.10.2004. kad je protokol potpisala i Rusija pa je zvanično stupio na snagu 16.2.2005.
- primjeri poboljšanja koji vode smanjenju emisija:
  - korištenje turbina "kombiniranog ciklus"
  - ugradnja efikasnijih osvjetljenja
  - poboljšanje izolacijskih sustava u zgradama
  - uvođenje obnovljivih izvora energije
  - nuklearna energija
- Hrvatska
  - protokol potpisan početkom 1999., ali nije ratificiran
  - od Hrvatske se također očekuje smanjenje emisije za 5% u odnosu na baznu godinu
    - problem zbog toga što je polazna emisija mala
    - posebnost jer je Hrvatska do 1991. godine 22% potreba za el. energijom namirivala iz drugih republika bivše Jugoslavije
  - u 1990. godini CO<sub>2</sub> iznosio 24.5 Mt/god
    - potrebno smanjiti na 22.2 Mt/god
  - emisija CO<sub>2</sub> uglavnom posljedica izgaranja goriva (90%) - trebat će veća učinkovitost na strani potrošnje energije, posebno toplinske
  - u području proizvodnje električne energije neće se moći postići znatno smanjenje - proizvodnja čini tek 18% ukupne emisije CO<sub>2</sub>
  - emisija metana od 1990. neprekidno pada kao i emisija iz antropogenih izvora
    - najveći izvori su: priroda, poljoprivreda te obrada i odlaganje otpada
  - dušikov oksid ima udjel 11% zbog svog velikog stakleničkog potencijala
    - uglavnom iz poljoprivrede - s obradivih površina i površina pod stalnim usjevima (51%) te iz prirode (25%)
  - klimatski scenarij - porast temperature 2-2,8°C duž obale te 2,4-3,2°C u nizinskom dijelu Hrvatske
  - godišnje oborine mogle bi porasti 4-10% na obali i u gorskom području te 8-10% u nizinskim krajevima i Istri
  - na COP-12 Hrvatskoj dopušteno dodatnih 3,5 Mt/god zbog specifičnih okolnosti
  - ratifikacija Kyoto protokola na 25. sjednici Sabora 27.4.2007.
  - bilanca
    - sektor energetike u 2004. 74,9% CO<sub>2</sub>
    - poljoprivreda 12,1%, industrijski procesi 10,8%, gospodarenje otpadom 2,2%
    - 2000.-2004. rast emisija po stopi 3,7%
    - cilj je zadržavanje porasta tako da u razdoblju do 2008. do 2012. emisija bude bar 5% niža od bazne godine
- Kyoto protokolom definirana tri fleksibilna mehanizma
  - mehanizam zajedničkih projekata članica Priloga I
  - mehanizam klimatski "čistih" razvojnih projekata
  - međunarodno trgovanje emisijama
- post-Kyoto
  - 4. izvješće Međuvladinog panela o promjeni klime
  - do 2020. godine:

- zadržavanje rasta globalne temperature na 2°C
- razvijene države
- države priloga I
- države u razvoju
- EU
  - smanjenje emisije stakleničkih plinova za 20% (trenutno 8% po Kyotu)
  - povećanje obnovljivih izvora do 20%
  - minimalno 10% biogoriva u prometu
  - povećanje energetske učinkovitosti 20%
- Hrvatska
  - dugoročno - zadržavanje emisije na razini ispod emisije u baznoj godini
  - obnovljivi izvori energije i energetske učinkovitosti
  - do 2020. godine stabilizirati emisije ispod emisije bazne godine
  - postupno smanjenje emisija
  - mjere za snažnija smanjenja emisija:
    - ekstenzivna primjena mjera u šumarstvu sadnjom novih šuma
    - primjena odlaganja CO<sub>2</sub>
    - nuklearna energija
    - mehanizmi Kyotskog protokola