

# Šume i šumarski sektor u svijetu klimatskih promjena

---

**Butorac, Marina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:416976>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-23**



*Repository / Repozitorij:*

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ŠUMARSKI ODSJEK  
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ ŠUMARSTVA  
TEHNIKE, TEHNOLOGIJE I MENADŽMENT U ŠUMARSTVU

**MARINA BUTORAC**

**ŠUME I ŠUMARSKI SEKTOR U SVIJETU KLIMATSKIH  
PROMJENA**

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2016.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ŠUMARSKI ODSJEK

ŠUME I ŠUMARSKI SEKTOR U SVIJETU KLIMATSKIH PROMJENA

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Šumarstvo, smjer Tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu

Predmet: Šumarska politika i zakonodavstvo

Ispitno povjerenstvo: Prof. dr. sc. Ivan Martinić  
Izv. prof. dr. sc. Mario Šporčić  
Dr. sc. Matija Landekić

Student: **Marina Butorac**

JMBAG: 0068211630

Broj indeksa: 576/2014

Datum odobrenja teme: 11.04.2016.

Datum predaje rada: 27.06.2016.

Datum obrane rada: 01.07.2016.

Zagreb, 2016.

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Naslov	<b>Šume i šumarski sektor u svijetu klimatskih promjena</b>
Title	Impact of global climate change on forests and forestry
Autor	<b>Marina Butorac</b>
Adresa autora	K. Zrinske 15, 53000 Gospić
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Prof. dr. sc. Ivan Martinić
Godina objave	2016.
Obujam	I-IV, 1-33, 18 slike, 2 tablice, 13 navoda literature
Ključne riječi	Klimatske promjene, globalno zagrijavanje, smanjivanje emisije i prilagodba u šumarstvu
Key words	Climate change, global warming, mitigation and adaptation in forestry
SAŽETAK	<p>Uvodno se obrazlaže pojam globalnih klimatskih promjena u svjetlu prepoznatljivih manifestacija i glavnih pokazatelja takvih promjena: efekt staklenika, zagađenje zraka, globalno zatopljenje, razaranje ozonskog omotača i dr. Navode se temeljni svjetski procesi te globalni programi i mjere vezani za klimatske promjene (UNFCCC, Kyoto protokol, Paris Agreement 2015).</p> <p>U središnjem djelu razrađuju se mogući scenariji utjecaja klimatskih promjena na ekološke, ekonomske i društvene aspekte gospodarenja šuma i razvoja šumarskog sektora. Naglašeno se opisuju europski pristup i nastojanja vezana za aktivnosti i mjere prilagođavanja upravljanja šumama klimatskim promjenama (EU strategija za šume, IPCC, LULUFC i dr.) Posebno se navodi uključenost šumarstva i drugih sektora R. Hrvatske u navedene procese.</p> <p>Zaključno, ocjenjuju se razmjeri promjena kojima će u budućnosti biti izložene šume te izazovi i novi zahtjevi koji se stavljaju pred šumarsku struku i šumarski sektor u cjelini. Također se, u svjetlu klimatskih promjena, procjenjuju mogućnosti ispunjavanja općekorisnih funkcija šuma i višenamjenskog korištenja šuma.</p>

## KAZALO SADRŽAJA

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA .....	I
KAZALO SADRŽAJA.....	II
KAZALO SLIKA .....	III
KAZALO TABLICA.....	IV
UVOD .....	1
1.1. ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA PROMJENU GLOBALNE KLIME.....	3
<b>1.1.1. Učinak staklenika .....</b>	<b>4</b>
POSLEDICE PROMJENE GLOBALNE KLIME.....	11
2.1. ATMOSFERA.....	11
2.2. OCEAN .....	12
2.3. KRIOSFERA .....	13
2.4. RAZINA MORA .....	14
2.5. UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA BILJKE.....	15
ODGOVOR ŠUMARSTVA NA KLIMATSKE PROMJENE .....	18
3.1. KRUŽENJE UGLJIK I ŠUMA .....	18
3.3. UTJECAJ ŠUMARSTVA NA KLIMATSKE PROMJENE .....	19
3.4. UTJECAJ POLITIKE NA KLIMATSKE PROMJENE .....	20
3.5. MENADŽMENT I KLIMATSKE PROMJENE.....	20
3.6. PRILAGODBA ŠUMARSTVA NA KLIMATSKE PROMJENE .....	22
<b>3.6.1 Prilagodba - produktivnosti šuma.....</b>	<b>22</b>
<b>3.6.2. Prilagodba - bioraznolikost.....</b>	<b>22</b>
<b>3.6.3. Prilagodba - voda .....</b>	<b>23</b>
<b>3.6.4. Prilagodba - požari .....</b>	<b>24</b>
<b>3.6.5. Prilagodba - štetnici .....</b>	<b>25</b>
<b>3.6.6. Prilagodba - ekstremne vremenske pojave .....</b>	<b>25</b>
<b>3.6.7. Prilagodba - povećanje razine mora .....</b>	<b>25</b>
<b>3.6.8. Prilagodba - društvo.....</b>	<b>26</b>
<b>3.6.9. Prilagodba - ekonomija.....</b>	<b>26</b>
3.7. SMANJENJE KLIMATSKIH PROMJENA U ŠUMARSKOM SEKTORU .....	26
ZAKLJUČAK.....	32

## KAZALO SLIKA

<b>Slika 1.</b> Slojevi atmosfere, promjene temperature i tlaka sa porastom visine (Izvor: <a href="http://www.wikiwand.com/hr/Atmosfera">http://www.wikiwand.com/hr/Atmosfera</a> ) .....	3
<b>Slika 2.</b> Efekt staklenika (Izvor: <a href="http://www.os-supetar.skole.hr/">http://www.os-supetar.skole.hr/</a> ) .....	4
<b>Slika 3.</b> Koncentracija stakleničkih plinova, životni vijek i staklenički potencijal (Izvor: UNEP i GRID Arendal Publications, Vital Graphics, 2005.) .....	5
<b>Slika 4.</b> Količina antropogenih stakleničkih plinova za razdoblje 1970. do 2010. godine: CO <sub>2</sub> iz fosilnih goriva i industrijskih procesa, CO <sub>2</sub> iz šumarstva i korištenja zemljišta (FOLU), metan (CH <sub>4</sub> ), dušikov oksid (N <sub>2</sub> O), fluorirani plinovi obuhvaćeni Kyoto protokolom (F-Gases). (Izvor: IPCC,2014.) .....	6
<b>Slika 5.</b> Sadašnja i buduća koncentracija CO <sub>2</sub> (Izvor: UNEP i GRID Arendal Publications, Vital Graphics, 2005.).....	7
<b>Slika 6.</b> Emisija CO <sub>2</sub> iz industrijskih procesa i korištenja zemljišta (Izvor: UNEP i GRID Arendal Publications, Vital Graphics, 2005.).....	8
<b>Slika 7.</b> Emisija CO <sub>2</sub> po glavi stanovnika (Izvor: UNEP i GRID Arendal Publications, Vital Graphics, 2005.).....	8
<b>Slika 8.</b> Promjena emisije CO <sub>2</sub> nastale izgaranjem fosilnih goriva po desetljećima (Izvor: IPCC,2014.) .	9
<b>Slika 9.</b> Prosječno kretanje temperature površine kopna i mora za razdoblje 1850-2010. godine (Izvor: IPCC,2014.) .....	11
<b>Slika 10.</b> Mogući scenariji prosječnog povećanja temperature do 2100. godine (Izvor: <a href="https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/spmssp-projections-of.html">https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/spmssp-projections-of.html</a> ).....	12
<b>Slika 11.</b> Pohrana energije u klimatskom sustavu (Izvor: IPCC,2014.) .....	13
<b>Slika 12.</b> Koncentracija leda na Antartiku 1987., 1997. i 2007.godine (Izvor: <a href="https://www.cicsnc.org/fact-sheets/evaluation_and_characterization_of_satellite_products">https://www.cicsnc.org/fact-sheets/evaluation_and_characterization_of_satellite_products</a> )14	14
<b>Slika 13.</b> Razina mora od 1900 do 2010. godine (Izvor: IPCC, 2104.).....	14
<b>Slika 14.</b> Predviđeni scenariji povećanja razine mora do 2100. godine (Izvor: <a href="http://www.climatechange2013.org/report/reports-graphic/report-graphics/">http://www.climatechange2013.org/report/reports-graphic/report-graphics/</a> ).....	15
<b>Slika 15.</b> Prostorna distribucija ekološke niše (potencijalnog staništa) obične jele dobivena logističkim regresijskim modelom: a) stanje u razdoblju 1990 – 2000. godine, b) predviđanje za razdoblje 2000 – 2100. godine (Izvor: Anić i sur., 2009) .....	17
<b>Slika 16.</b> Kruženje ugljika; crne brojke označavaju pohranu ugljika u milijardama tona; plave brojke predstavljaju ugljik koji cirkulira (izvor: <a href="https://hr.wikipedia.org/wiki/Ugljikov_ciklus">https://hr.wikipedia.org/wiki/Ugljikov_ciklus</a> ) .....	18
<b>Slika 17.</b> Ariš, Češka Republika, svibanj 2015. (Izvor: osobni).....	22
<b>Slika 18.</b> NP Plitvička jezera (Izvor: osobni).....	23

## KAZALO TABLICA

<b>Tablica 1.</b> Strategija, opcije i smjernice gospodarenja šumama radi smanjenja emisije stakleničkih plinova (FAO,2013.) .....	27
<b>Tablica 2.</b> Ekološka,društveno ekonomska prednost kao rezultat smanjenja emisija stakleničkih plinova (FAO,2013.) .....	31

## UVOD

Na početku drugog tisućljeća ne postoji niti jedan ekosustav na koji čovjek nije direktno ili indirektno utjecao svojim djelovanjem. Svjedoci smo pojava klimatskih promjena, nedostatku pitke vode, ugroženosti ekosustava mora i bioraznolikosti kao posljedicu porasta broja svjetskog stanovništva, industrijalizacije, korištenje fosilnih goriva, krčenja šuma, te urbanizacije i migracije stanovništva.

O globalnim klimatskim promjenama počinje se diskutirati otkad je dokazano da se središnje godišnje temperature zraka podudaraju s povećanjem koncentracije stakleničkih plinova. Okvirna konvencija o klimatskim promjenama iz 1992. klimatske promjene definira kao promjene koje se posredno ili neposredno pripisuju ljudskim djelatnostima koje mijenjaju sastav globalne atmosfere i koje se pored prirodnih klimatskih oscilacija zamjećuju u određenom vremenskom razdoblju, a pod „različite učinke klimatskih promjena“ podrazumijevaju promjene živog i neživog okoliša uslijed klimatskih promjena koje djeluju na sastav i sposobnost samoobnove prirodnih i antropogenih ekosustava, na funkcioniranje društvenogospodarskih sistema, kao i na ljudsko zdravlje i dobrobit. Za neke znanstvenike je nedvojbeno da se pod utjecajem čovjeka mijenjaju globalni klimatski uvjeti dok nekolicina skeptika tu teoriju opovrgava. Znanstvenici se slažu da klimatske promjene postoje ali se ne slažu oko izvora i uzroka tih promjena. Skeptici smatraju da djelatnost čovjeka ne mijenja globalnu klimu, da je preuveličan negativan utjecaj fosilnih goriva i da se klima na zemlji mijenja već milijunima godina sama od sebe. Iz toga razloga 1988. UNEP-a (United Nations Environment Programme) i WMO (World Meteorological Organization) osnivaju IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change) sa zadatkom da ispita spoznaje o klimatskim promjenama, upozori na posljedice i utvrdi potrebne strategije.

Današnji ekološki problemi nisu problemi pojedinca već postaju temeljna državna pitanja. Razvijenost nekog društva određuje se i prema stupnju svijesti o potrebi očuvanja okoliša i načinu rješavanja ekoloških problema. Od danas je broj zemalja potpisnica Kyoto protokola, temeljnog sporazuma vezanog uz Okvrnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime, narastao na 192 države koje su se obvezale na smanjenje emisije stakleničkih plinova. Protokol je usvojen u Kyotu, Japan, 11. prosinca 1997. i stupio je na snagu 16. veljače 2005. godine. Cilj Protokola je smanjenje emisije za ukupno 5%, u razdoblju od 2008. do 2012. u odnosu na referentnu 1990. godinu. Od razvijenih država svijeta, Protokolu nije pristupilo nekoliko država među kojima i SAD. Oni koji su suzdržani smatraju da je cilj moguće ostvariti bez postavljanja čvrstih brojčanih obveza za pojedine države, prije svega razvojem i prijenosom tehnologija. Smatraju da je ciljeve primjerenije iskazivati preko intenzivnosti emisije stakleničkih plinova, a to je emisija izražena po bruto domaćem proizvodu ili općenito po obujmu proizvodnje. Oni koji su suzdržani smatraju da svaka shema koja ne uključuje zemlje u razvoju nije dovoljno učinkovita.

Za Hrvatsku je utvrđeno smanjenje emisije za 5% u odnosu na baznu godinu u razdoblju od 2008.-2012. godine. Republika Hrvatska je potpisala Kyotski protokol 11. ožujka 1999. godine



kao 78. potpisnica, ali ga nije ratificirala do 2007. zbog pregovora oko bazne godine. Hrvatski sabor je 27. travnja 2007. godine donio Zakon o potvrđivanju Kyotskog protokola uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime (NN – Međunarodni ugovori, broj 5/2007). Devedesetog dana od dana polaganja isprave o ratifikaciji kod depozitara, Glavnog tajnika UN-a, Hrvatska je postala punopravna članica Protokola, 28. kolovoza 2007. Godine. Od 07.-18. svibnja 2007. održana je u Bonnu 26. sjednica Pomoćnih tijela 'UNFCCC- a za znanstveno tehnička pitanja i za pitanja provedbe, te Radne skupine za drugo obvezujuće razdoblje za države Priloga I. u okviru Kyotskog protokola (AWG). Razmatranje režima smanjenja emisija nakon 2012. godine bila je glavna tema ove sjednice. Polazišta su bila izvješća triju radnih skupina koje su radile u okviru Međuvladinog tijela za klimatske promjene.

Ovdje su izdvojene neke spoznaje koje su prezentirane na sjednici, a bazirane su na znanstvenim istraživanjima: s porastom koncentracije emisija stakleničkih plinova u atmosferi uočene su promjene globalne temperature na kopnu i u oceanima do dubine od 3000 m, te s tim u vezi i smanjenje ledenjaka i ledenog pokrova na polovima. Utvrđeno je da je „čovjekov utjecaj presudan“ za navedene promjene sa čak 90% vjerojatnosti. Kako globalno zagrijavanje ne bi poraslo više od 2-2,4 °C do 2050., nužno je da se maksimum koncentracije emisije stakleničkih plinova (445-490 ppm-a) dogodi između 2000. i 2015. nakon čega treba uslijediti pad. EU je preuzela vodeću ulogu u smanjenju emisija stakleničkih plinova.

Politika“3x20“ (poznata i kao 20-20-20) znači:

- do 2020. smanjiti emisije za 20% u odnosu na 1990. godinu,
- povećati udio obnovljivih na 20%,
- povećati energetska efikasnost za 20%, te udio biogoriva u prometu za 10% do 2020. godine (MZOIP).

21. zasjedanje Konferencije stranaka Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime i 11. Zasjedanje stranaka Kyoto protokola održano je u Parizu od 30. prosinca 2015 do 12. siječnja 2016. godine. Na Konferenciji je postignut novi globalni sporazum o klimatskim promjenama koji ima cilj zaustaviti globalno zatopljenje na razini „znatno manjoj od 2°C“. Prije i za vrijeme konferencije zemlje su podnijele sveobuhvatne nacionalne planove klimatskog djelovanja za smanjenje emisija, također vlade su se složile da će svakih pet godina javno izvještavati o svojim doprinosima na postavljene ciljeve. EU i ostale razvijene zemlje pomagat će zemlje u razvoju tako što će financirati borbu protiv klimatskih promjena (Europsko vijeće, 2016).

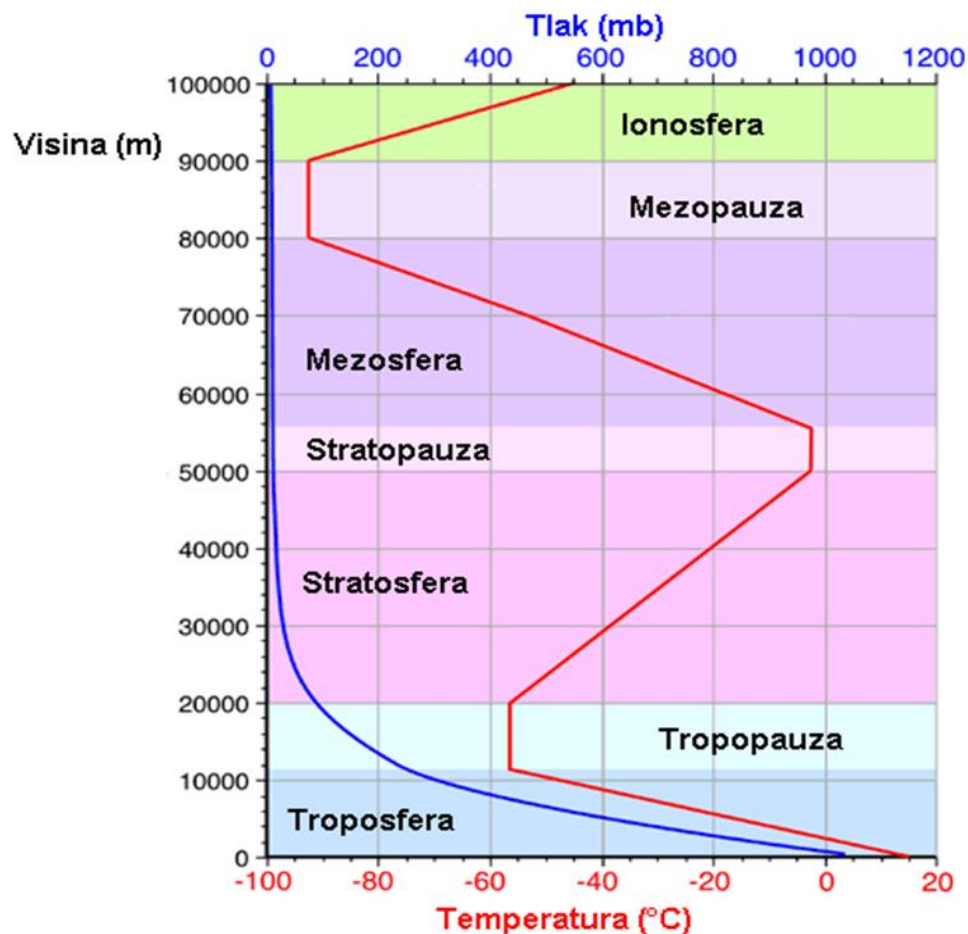
---

<sup>1</sup>United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) je međunarodni sporazum usvojen 9. svibnja 1992. godine u New Yorku i potpisan na samitu 1992. u Riju de Janeiro, od strane više od 150 zemalja i Europske Unije, s krajnjim ciljem postizanja "stabilizacije koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi na razini koja će spriječiti opasno antropogeno utjecanje na klimatski sustav".

## 1.1. ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA PROMJENU GLOBALNE KLIME

Zemlja je treći planet od Sunca, sastavljena je od 71% vode, atmosfere i biosfere, jedini planet koji ima živu geološku aktivnost i život na zemlji. Da bi razumijevanje klimatskih promjena bilo moguće potrebno je razumijevanje osnovnih značajki ustrojstva.

Atmosfera je plinoviti ovoj oko Zemlje sastavljen od više slojeva koja štiti Zemlju upijajući ultraljubičasto Sunčevo zračenje i smanjujući temperaturne amplitude između dana i noći. Vremenske promjene (naoblaka, kiša, snijeg) zbivaju se u prvom sloju koji se naziva troposfera jer se u njoj nalazi gotovo sva vodena para a zagrijavanje se zbiva sa površine Zemlje. Atmosfera propušta Sunčeve zrake, Zemljina površina ih apsorbira te dio isijava i tako zagrijava atmosferu. Stratosfera se zagrijava odozgo i takava raspodjela temperatura, (15°C na površini Zemlje, -50°C u tropopauzi te 0°C na stratopauzi) ograničava vremenske promjene na području troposfere i sprječava vertikalni uspon zračnih masa (slika 1).



**Slika 1.** Slojevi atmosfere, promjene temperature i tlaka sa porastom visine  
(Izvor: <http://www.wikiwand.com/hr/Atmosfera>)

Smatra se da je život na Zemlji nastao prije 3,5 milijarde godina, životne zajednice nastanjuju cijelu površinu Zemlje a taj prostor u kojem obitavaju živa bića naziva se biosfera. Ona obuhvaća hidrosferu, pedosferu i donji sloj atmosfere. Naš planet je sastavljen od 71%

hidrosfere, od toga volumen mora i oceana iznosi 97,5% a postotak slatke vode iznosi samo 2,5%. Najveći dio slatke vode je zaleđen, čiste podzemne vode ima 30%, rijeke i jezera 0,27%, dok vodene pare ukupno u atmosferi ima samo 0.001% od ukupno količine slatke vode. Svaki od prethodno opisanih sustava, atmosfere, biosfere, pedosfere, hidrosfere međusobno su isprepleteni i nerazdvojivi sustavi koji čine jednu cjelinu sa bezbroj varijabli koje su teško shvatljive ali neraskidive bez kojih život na Zemlji ne bi bio moguć.

### 1.1.1. Učinak staklenika

Učinak staklenika je zagrijavanje donjih slojeva atmosfere i površine Zemlje propuštanjem toplinskog zračenja. Dio sunčevog zračenja prolazi kroz atmosferu, dok veći dio zračenja apsorbira zemljina površina i zagrijava se, dio se reflektira od atmosfere i zemljine površine koja emitira infracrveno zračenje. Dio infracrvenog zračenja prolazi kroz atmosferu a dio apsorbiraju molekule stakleničkih plinova, one ga raspršuju u svim smjerovima što uzrokuje zagrijavanje zemljine površine i nižih slojeva atmosfere (slika 2). Najveći izvor stakleničkih plinova je vodena para sa 97%, zatim biološka aktivost oceana 1,45%, vulkani i biomasa 1,45% te ljudska djelatnost sa samo 0.1% „Bez prirodnog učinka staklenika na površini Zemlje, umjesto 15°C, vladala bi arktička hladnoća od -18°C, odnosno za 33° niža temperatura. Prirodnom stakleničkom učinku najviše pridonosi vodena para (20.6°C) a preostalih 12,4°C staklenički plinovi, čija ukupna koncentracija u troposferi ne iznosi više od 0,1%. Ugljični dioksid uvjetuje povišenje temperature za 7,2°C, troposferski ozon za 2,4°C, dušikov dioksid 1,4°C, metan 0,8°C i ostali plinovi u tragovima 0,6°C. Toplinski učinak bi vjerojatno bio još veći da ogromne vodene mase mora i oceana ne upijaju u svojim površinskim slojevima znatan dio antropogenog ugljičnog dioksida.“ (Glavač,1999.)



**Slika 2.** Efekt staklenika  
(Izvor: <http://www.os-supetar.skole.hr/>)

## The main greenhouse gases

Name	Pre-industrial concentration (ppmv *)	Concentration in 1998 (ppmv)	Atmospheric lifetime (years)	Main human activity source	GWP **
Water vapour	1 to 3	1 to 3	a few days	-	-
Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	280	365	variable	fossil fuels, cement production, land use change	1
Methane (CH <sub>4</sub> )	0,7	1,75	12	fossil fuels, rice paddies waste dumps, livestock	23
Nitrous oxide (N <sub>2</sub> O)	0,27	0,31	114	fertilizers, combustion industrial processes	296
HFC 23 (CHF <sub>3</sub> )	0	0,000014	260	electronics, refrigerants	12 000
HFC 134 a (CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> F)	0	0,0000075	13,8	refrigerants	1 300
HFC 152 a (CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub> )	0	0,0000005	1,4	industrial processes	120
Perfluoromethane (CF <sub>4</sub> )	0,00004	0,00008	> 50 000	aluminium production	5 700
Perfluoroethane (C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> )	0	0,000003	10 000	aluminium production	11 900
Sulphur hexafluoride (SF <sub>6</sub> )	0	0,0000042	3 200	dielectric fluid	22 200

\* ppmv = parts per million by volume, \*\* GWP = Global warming potential (for 100 year time horizon).



United Nations Environment Programme / GRID-Arendal

**Slika 3.** Koncentracija stakleničkih plinova, životni vijek i staklenički potencijal (Izvor: UNEP i GRID Arendal Publications, Vital Graphics, 2005.)

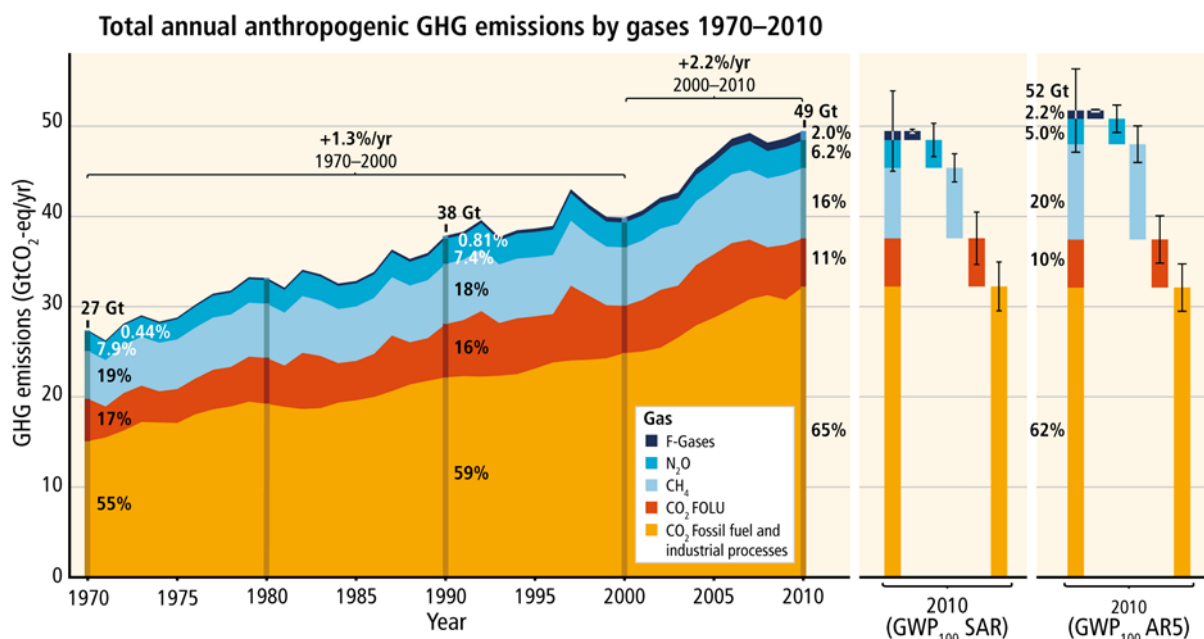
Zajednička značajka svih stakleničkih plinova je da otežavaju izlazak dugovalnog toplinskog zračenja iz atmosfere planeta a neki od njih imaju negativni utjecaj na koncentraciju ozona u stratosferi. Vodena para je najzastupljeniji staklenički plin ali nije pod utjecajem čovjeka dok ugljikov (IV) oksid ima najmanji staklenički potencijal ali se taj plin dugo zadržava u atmosferi i ima najveći udio od svih antropogenih stakleničkih plinova. Iako staklenički potencijal<sup>2</sup> (GWP) metana i dušikovog oksida je puno veći od ugljikovog (IV) oksida, CO<sub>2</sub> je i dalje najvažniji antropogeni staklenički plin pridonoseći 60% povećanju učinka staklenika (slika 3).

IPCC u izvješću iz 2014. izvještava kako unatoč politici smanjenja stakleničkih plinova i dalje se koncentracija plinova povećava. Emisija stakleničkih plinova u 2010. godini dosegla je 49 (±4,5) GtCO<sub>2</sub> godišnje (slika 4). Emisija CO<sub>2</sub> iznosila je u 2010. godini 32 (±2,7) Gt i rasla je dalje za oko

<sup>2</sup> Globalni staklenički potencijal (GWP) je indeks koji predstavlja kumulativno toplinsko zračenje nekog plina iskazano relativno u odnosu na isto zračenje CO<sub>2</sub>; GWP je mjera za usporedbu različitih plinova s gledišta stakleničkog efekta.

3% u 2011. te 1-2% između 2011. i 2012. godine. CO<sub>2</sub> ostaje glavni antropogeni staklenički plin i čini 76% ukupnih antropogenih stakleničkih plinova, drugi je metan sa 16% učešća zatim N<sub>2</sub>O sa 6,2% i 2% učešća fluoriranih plinova.

U odnosu na 2000. godinu emisija stakleničkih plinova se povećala za 10 GtCO<sub>2</sub>eq, to povećanje izravno dolazi iz sektora energije, industrije, prijevoza i građevine. Od 2000. emisije stakleničkih plinova rastu u svim sektorima, osim u poljoprivredi i šumarstvu <sup>3</sup>(AFOLU). U 2010. godini, 35% emisije stakleničkih plinova dolazi iz energetskeg sektora, 24% (neto emisija) iz AFOLU, 21% industrije, 14% prometa i 6,4% emisija iz građevinskog sektora.

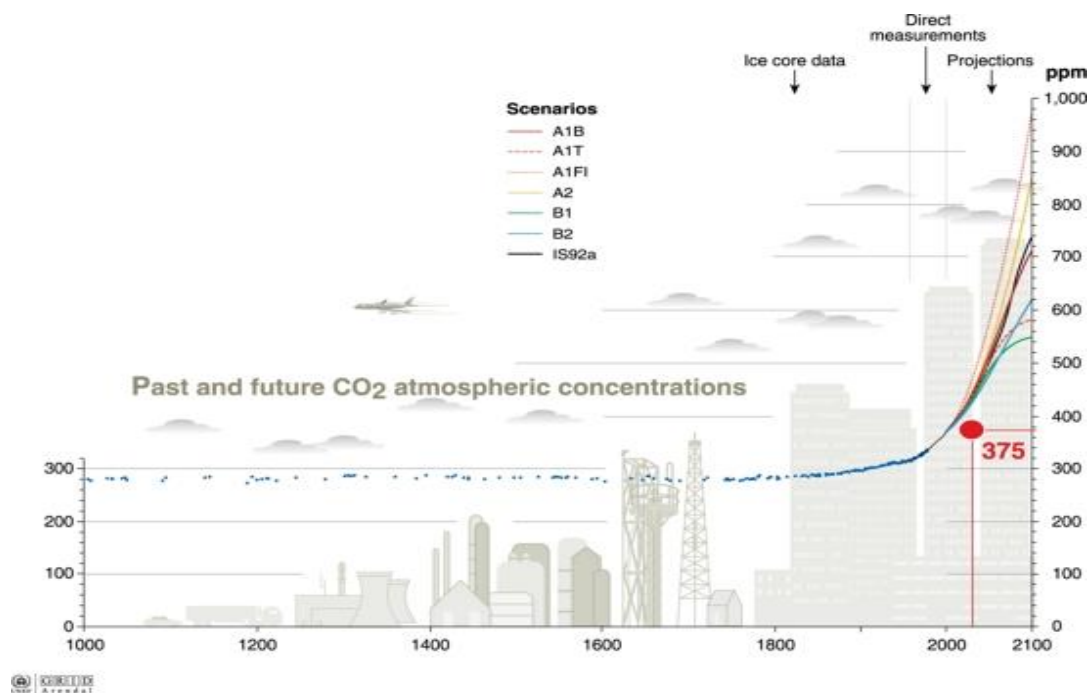


**Slika 4.** Količina antropogenih stakleničkih plinova za razdoblje 1970. do 2010. godine: CO<sub>2</sub> iz fosilnih goriva i industrijskih procesa, CO<sub>2</sub> iz šumarstva i korištenja zemljišta (FOLU), metan (CH<sub>4</sub>), dušikov oksid (N<sub>2</sub>O), fluorirani plinovi obuhvaćeni Kyoto protokolom (F-Gases). (Izvor: IPCC,2014.)

Ugljik je sastavni dio svih organskih spojeva, 99,8% ugljika na Zemlji vezano je u mineralima, uglavnom karbonatima, 0,01% vezano je u živim organizmima a ostatak se nalazi u fosilnim gorivima. U atmosferi se pojavljuje u obliku ugljikovog (IV) oksida (CO<sub>2</sub>) u obujmu 0,33%, u hidrosferi se pojavljuje kao hidrogenkarbonat tj. otopljeni ugljikov (IV) oksid. Ljudske aktivnosti koje proizvode ovaj staklenički plin:

- Spaljivanje fosilnih goriva (ugljen, nafta, zemni plin)
- Spaljivanje derivata fosilnih goriva (benzen, loživo ulje)
- Poljoprivreda i šumarstvo (stočarstvo - unošenje umjetnih gnojiva i sl., spaljivanje šuma)

<sup>3</sup> (AFOLU) Agriculture, Forestry and Other Land Use je pojam kojega je 2006. opisao IPCC kao kategoriju aktivnosti koja pridonosi antropogenoj emisiji stakleničkih plinova

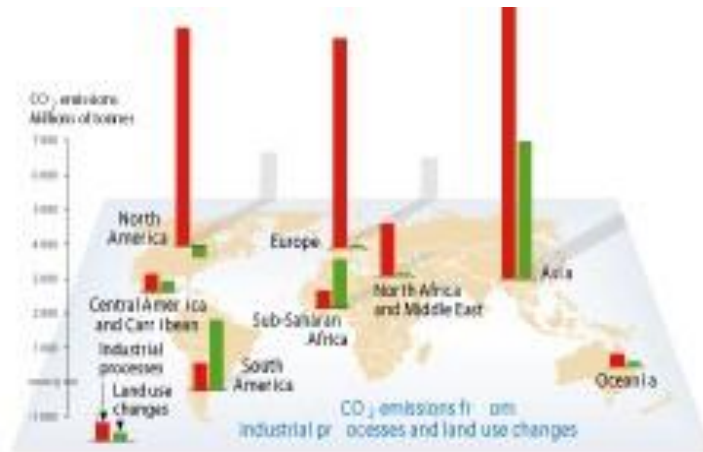


**Slika 5.** Sadašnja i buduća koncentracija CO<sub>2</sub>  
(Izvor: UNEP i GRID Arendal Publications, Vital Graphics, 2005.)

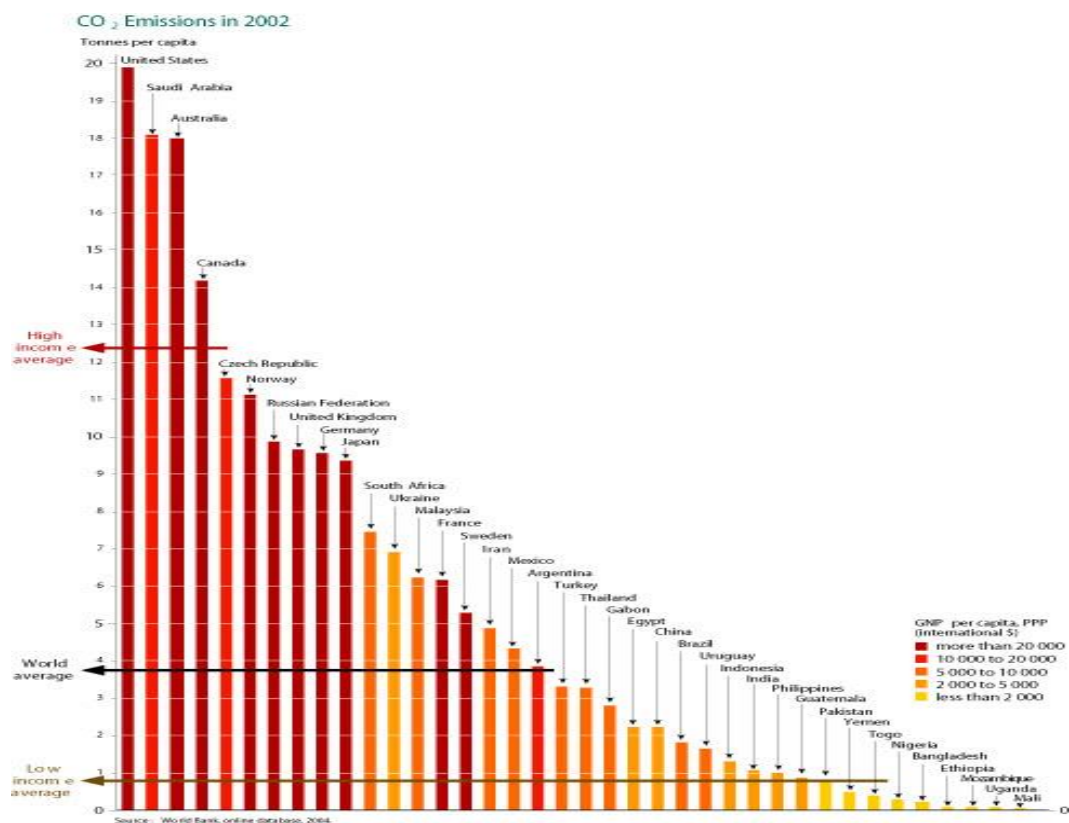
Prije industrijskog razvoja povećanje stakleničkih plinova je bilo zanemarujuće. Do danas prema Watsonu (2001.) koncentracija ugljikovog (IV) oksida povećala se za 31%, metana 150% i dušikovog oksida za 16%.

Prema nekim izvorima sadašnja razina ugljikovog (IV) oksida koja iznosi oko 375 ppm je najveća koncentracija CO<sub>2</sub> u posljednjih 420 000 godina (slika 5) Razvijene zemlje proizvode najveće količine stakleničkih plinova od kojih SAD prednjači, Kina je sljedeća po emisiji ali ima vrlo malo koncentracije emisije po glavi stanovnika (slika 6).

Prema «svjetskoj geografiji» izvora emisija CO<sub>2</sub> u razvijenim zemljama svijeta (naročito u SAD-u i Zapadnoj Europi) industrijski procesi, transport i proizvodnja energije najviše sudjeluju u emisiji CO<sub>2</sub>. Drugi veliki izvor predstavlja krčenje šuma spaljivanjem, posebice tropskih šuma koje se pretežno nalaze u manje razvijenim, južnim područjima svijeta. Šume se spaljuju i sijeku zbog prenamjene zemljišta, odnosno pretvorbe u produktivne pašnjake ili plantaže soje i sličnih kultura, koji pak imaju puno manju sposobnost apsorpcije ugljičnog dioksida od šuma“ (slika 6 i 7) (Lay i dr, 2007.)

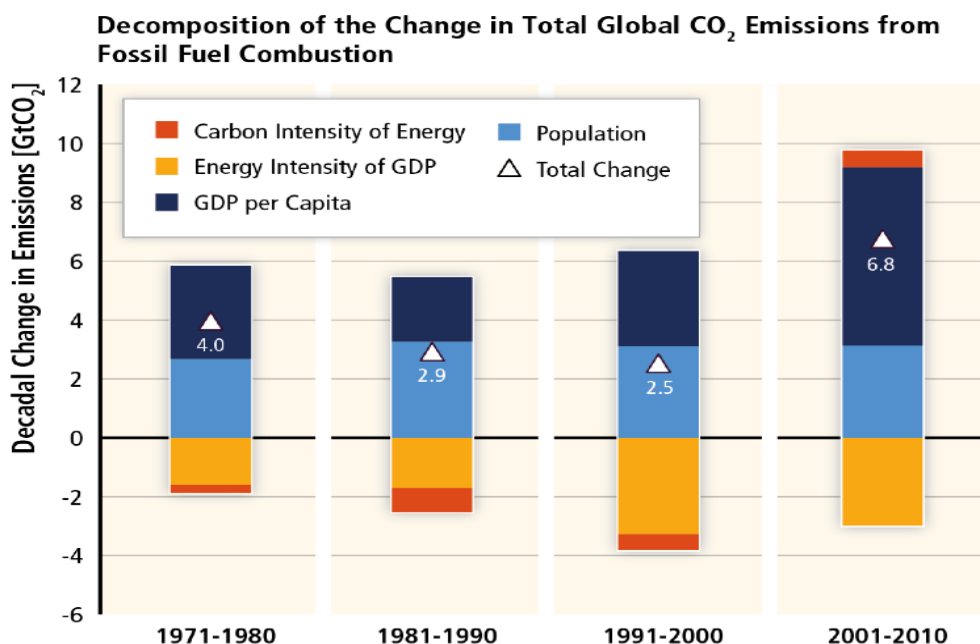


**Slika 6.** Emisija CO<sub>2</sub> iz industrijskih procesa i korištenja zemljišta  
(Izvor: UNEP i GRID Arendal Publications, Vital Graphics, 2005.)



**Slika 7.** Emisija CO<sub>2</sub> po glavi stanovnika  
(Izvor: UNEP i GRID Arendal Publications, Vital Graphics, 2005.)

Globalni, ekonomski i populacijski rast i dalje su najvažniji pokretači povećanja CO<sub>2</sub> uslijed izgaranja fosilnih goriva. Doprinos povećanja stanovništva globalnom zatopljenju u zadnjih 10 godina ostao je na istoj razini ali doprinos gospodarstva je porastao. Povećana uporaba ugljena u odnosu na druge izvore energije je preinačio dugogodišnji trend postupne dekarbonizacije svjetske energije (slika 8).



**Slika 8.** Promjena emisije CO<sub>2</sub> nastale izgaranjem fosilnih goriva po desetljećima (Izvor: IPCC,2014.)

Metan pripada skupini snažnih stakleničkih plinova, sa životnim vijekom od 12 godina. Staklenički učinak metana je 21 puta veći od učinka iste količine CO<sub>2</sub>. CH<sub>4</sub> direktno utječe na klimatski sustav ali indirektno ima utjecaj na ljudsko zdravlje i ekosustav, kroz ulogu primarnog prethodnika troposferskog ozona O<sub>3</sub>, snažnog stakleničkog plina i zagađivača zraka. Oko 60% metana je proizvedeno ljudskom aktivnošću. UNEP (2013.) izvještavaju kako poljoprivreda (povećanje proizvodnje i stočarstvo), proizvodnja i distribucija fosilnih goriva, otpad i upravljanje otpadnim vodama proizvodi 93% antropogeno nastalog metana. Prema dosadašnjim trendovima, očekuje se da će se do 2030. emisija antropogenog metana povećati za 25%.

Još jedan plin visoke koncentracije i dugog vijeka trajanja je dušikov (IV) oksid, N<sub>2</sub>O. Emisiju toga plina u atmosferi najviše uzrokuju nitrificirajuće i denitrificirajuće bakterije u gnojnim tlima, tropskim tlima i oceanima te požari u tropskim šumama. Lay i dr. 2007. govore kako je koncentracija didušikovog oksida od 1750. porasla za 17%, najveći porast koncentracije



zabilježen je za vrijeme i nakon industrijske revolucije (s 276 <sup>4</sup>ppmv na 321 ppmv). Očekuje se daljni rast koncentracije ovoga plina za 14-53% do 2100. godine.

Fluorouglikovodici su snažni industrijski proizvedeni staklenički plinovi koji su zbog nezapaljivosti, neotrovnosti našli svoju primjenu u sustavu rashladnih uređaja, kao plin u sprej bočicama, za razrjeđivanje boje i lakova, za čišćenje odjeće, u gašenju požara te poljoprivredi i medicini s tim da njihova primjena sve više raste. Uz veliki staklenički učinak oni pridonose i razgradnj ozonskog sloja u stratosferi. Djelomice halogenirani spojevi se djelom razgrađuju u troposferi dok potpuno halogenirani se mogu zadržavati u atmosferi i nekoliko stotina godina,đ iz tog razloga su u 1988. u Montrealu dogovorom pokušalo smanjiti i ograničiti njihovu proizvodnju. U ovu skupinu plinova pripada i O<sub>3</sub> tj. ozon troposfere. Troposferski ozon nastaje fotooksidacijom ugljičnog monoksida i ugljikovog oksida. Toksičan je u gradskom smogu iznad 100 ppbv a u gradovima na srednjim geografskim širinama doseže razinu do 50 ppbv.

Prema IPCC-u proračun emisija obuhvaća direktne plinove: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC-ove, PFC-ove, CFC-ove, SF<sub>6</sub>, te indirektne stakleničke plinove: CO, NO<sub>x</sub>, NMVOC-ove, te SO<sub>2</sub>. Lista stakleničkih plinova vjerojatno još nije potpuna, činjenica je da čovjek mijenja sastav atmosfere ali koliko to remeti klimatski sustav, ekosferu, kako spriječiti negativno djelovanje te kako u konačnici to djeluje na čovjeka glavno je pitanje današnjice.

---

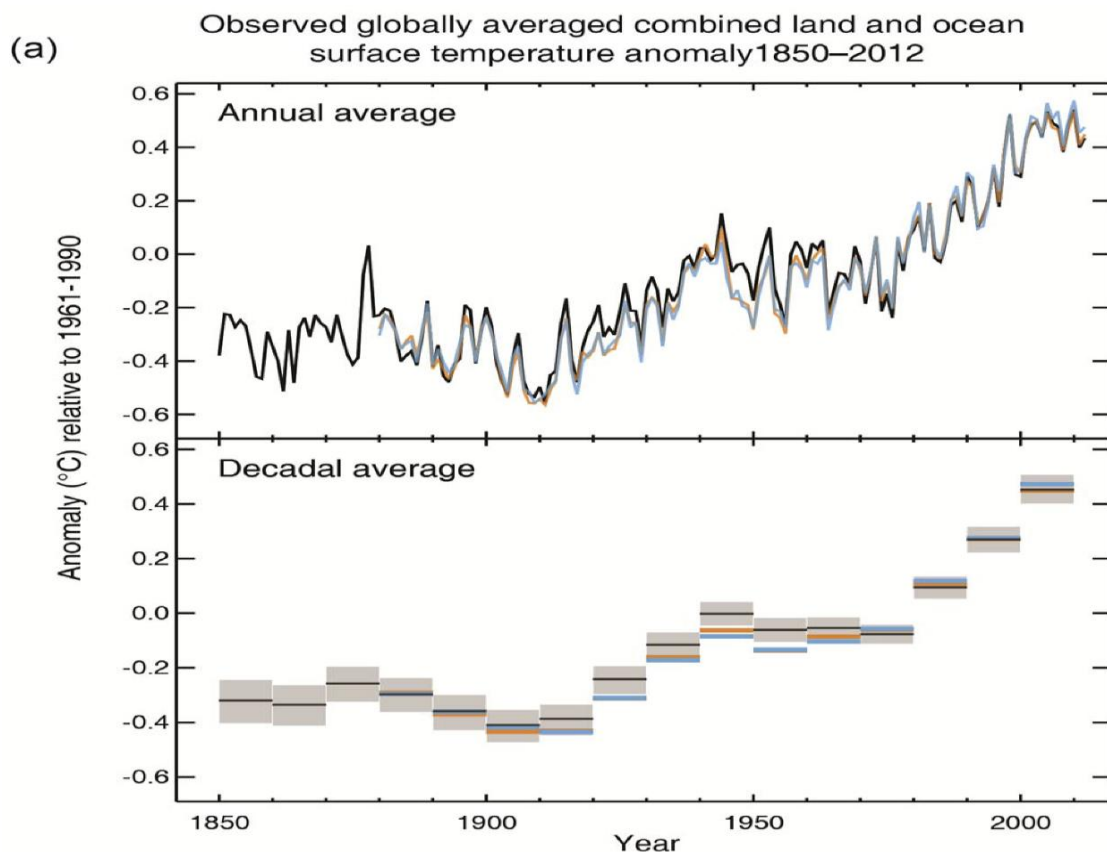
<sup>4</sup> oznaka ppm znači „čestica na milijun“; ppmv stoji za jedan milijunti dio po jedinici volumena, a pptv za jedan trilijunti dio po jedinici volumena

## POSljedICE PROMJENE GLOBALNE KLIME

„Zagrijavanje kimatskog sustava je nedvojbeno, od 1959. mnoge promjene koje su se dogodile su neviđene destljećima, čak tisućljećima. Atmosfera i ocean su se zagrijali, iznos snijega i leda se smanjio, a razina mora porasla.“ (IPCC, 2014.).

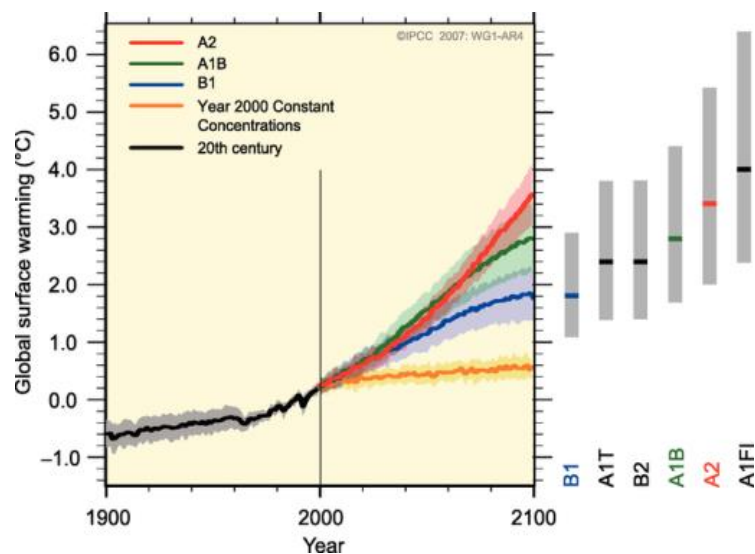
### 2.1. ATMOSFERA

Zadnja tri destljeća su najtoplija desetljeća od 1850. godine. Na sjevernoj hemisferi od 1983.-2012. je najtopliji period od 30 godina u zadnjih 800 godina kako tvrdi IPCC u svom izvješću iz 2014. Prosječno kretanje temperature površine kopna i mora pokazuje linearan trend zatopljenja od 0,85 (0,65-1,06) $^{\circ}\text{C}$  za period 1880.-2012. Osim višedestljetnog zatopljenja prosječne površinske temperature pokazuju i velike varijabilnosti unutar destljeća npr. prosječno zagrijavanje površine u zadnjih 15 godina iznosi 0,5 (-0,05-0,15) $^{\circ}\text{C}$  što iznosi manje nego prosječno povećanje od 1951.-2012.godine koje iznosi 0,12 $^{\circ}\text{C}$ , međutim razdoblje od deset godina je premalo da bismo mogli govorit o trendu smanjenja zatopljenja tj. ne predstavlja dugoročne klimatske trendove (slika 9).



**Slika 9.** Prosječno kretanje temperature površine kopna i mora za razdoblje 1850-2010. godine (Izvor: IPCC,2014.)

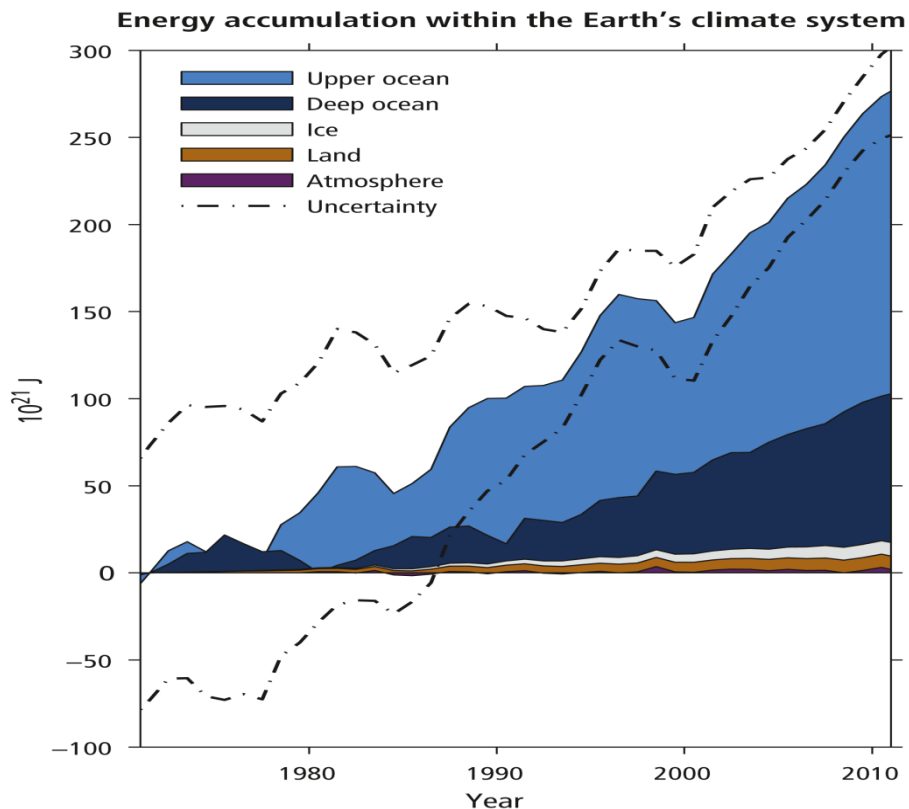
Scenariji budućih klimatskih promjena mogu biti širokog raspona, ovisi o društveno ekonomskom razvoju i budućoj politici o klimatskim promjenama. Najbolje procjene za scenarij niske razine zatopljenja do 2100. godine (B1) iznosi 1,8°C (vjerojatniji je raspon od 1,1-2,9°C) a najbolja procjena za scenarij jakog zatopljenja (A1FI) je 4,0°C (vjerojatni raspon je 2,4°C do 6,4°C) (slika 10). Mnogi aspekti klimatskih promjena kao i posljedice nastavit će se događati još stoljećima čak i ako prestane emisija antropogenih plinova a zagrijavanje temperature zraka događat će se i nakon 2100. godine. Stabilizacija temperature zraka ne znači i stabilizacija ostalih čimbenika klimatskog sustava i dalje bi bio neuravnotežen odnos ugljika u tlu, pomanjkanje ledenog pokrova, biomase, povećana temperatura oceana i razina mora.



**Slika 10.** Mogući scenariji prosječnog povećanja temperature do 2100. godine  
(Izvor:[https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/spmssp-projections-of.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/spmssp-projections-of.html))

## 2.2. OCEAN

Ocean dominira u pohranjivanju energije iz klimatskog sustava, prema nekim mjerenjima čak 90% energije je spremjeno u ocean između 1971. i 2010. godine (slika 11). Izvjesno je da se gornji dio oceana (0-700 m) zagrijavao od 1971-2010. s tim da se vjerojatno taj sloj oceana zagrijava još od 1850. godine. Od 1992.-2005. zagrijavaju se i dublji slojevi oceana od 3000 m pa do dna. Postoji velika vjerojatnost da u 21. stoljeću dođe od nagle i nepovratne promjene u strukturi, sustavu, funkciji, slatkovodnom i morskom ekosustavu uključujući i močvare i tople koraljne grebene.



**Slika 11.** Pohrana energije u klimatskom sustavu  
(Izvor: IPCC,2014.)

Vrlo je vjerojatno da područja koja su bila slana postanu još više slana a mjesta koja su bila manje slana da postanu hladnija. Te trendove potvrđuju indirektni dokazi o isparavanju što utječe na oborine iznad oceana te samim time i na promjene globalnog ciklusa vode.

Skladištenje antropogenog  $\text{CO}_2$  je rezultiralo zakiseljavanjem oceana i snižavanjem pH vrijednosti za 0,1 od početka industrijskog razvoja a postoji sumnja da se količina kisika u oceanu smanjila.

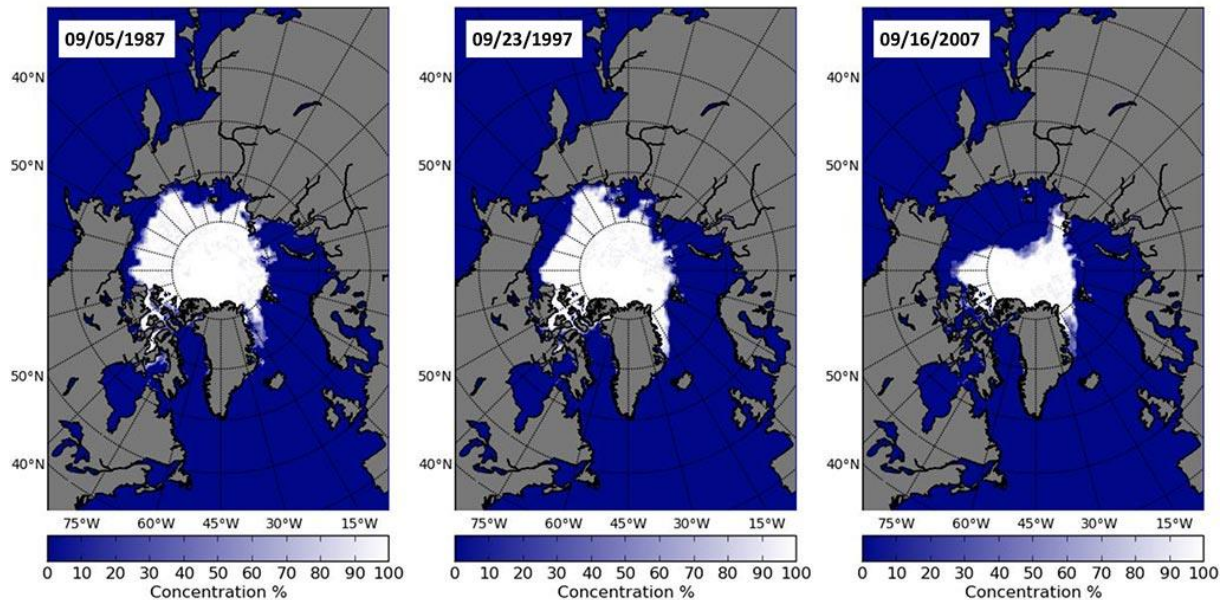
Zakiseljavanje oceana će se vrlo vjerojatno nastaviti stoljećima ako se bude povećavala razina emisije  $\text{CO}_2$  što će vrlo snažno utjecati na cjelokupni morski ekosustav, na psihologiju, ponašanje i brojnost populacije organizama, čemu će doprinjeti i temperaturni ekstremi.

### 2.3. KRIOSFERA

Posljedica klimatskih promjena je povlačenje i topljenje ledenjaka i snježnog pokrivača te smanjenje ledenog mora na Arktiku. Osam od devet ledenih regija na Zemlji pokazuje postupno smanjenje te uzmicanje sa trendom nestajanja. Prognoze čak govore da bi se Grenland i okolno područje mogli potpuno odlediti. Na području Arktika smanjuje se površina pod ledenim morem. Između 1978. i 2003. otopilo se više od 7% površine ledenog pokrivača. Ledeno more moglo bi biti za 80% manje od onog koliko je bilo sredinom dvadesetog stoljeća. Flora i fauna ledenih i snježnih prostora pred velikom su prijetnjom nestanka (Lay i dr. 2007.).

Kontinuirani gubitak mase ledenog pokrova prouzrokovao bi još veće povećanje razine mora i nepovratan gubitak ledene mase. Modeli koji predviđaju klimatske scenarije govore o tome da ako daljnje zagrijavanje pređe određeni prag za koji pretpostavljaju da iznosi 1 do 4°C da će doći do potpunog gubitka leda na Grenlandu i povećaja razine mora za 7m.

Climate Data Record – Passive Microwave Sea Ice Concentration (%)



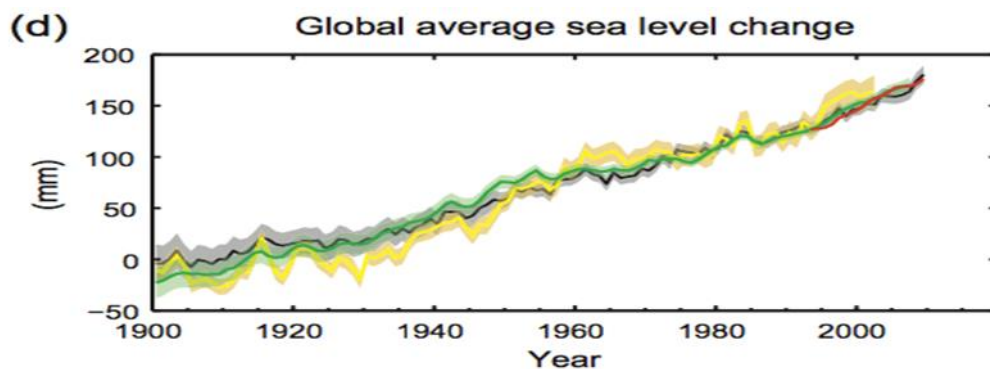
Slika 12. Koncentracija leda na Antartiku 1987., 1997. i 2007. godine

(Izvor: [https://www.cicsnc.org/fact-](https://www.cicsnc.org/fact-sheets/evaluation_and_characterization_of_satellite_products)

[sheets/evaluation\\_and\\_characterization\\_of\\_satellite\\_products](https://www.cicsnc.org/fact-sheets/evaluation_and_characterization_of_satellite_products))

#### 2.4. RAZINA MORA

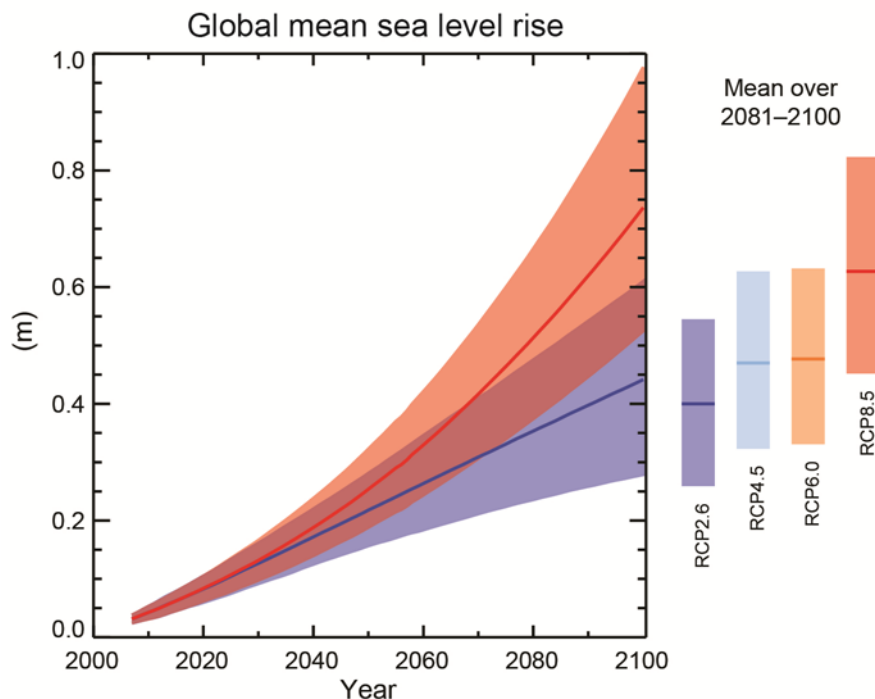
U razdoblju između 1901. i 2010. razina mora je narasla za 0,19 (0,17-0,21) m (slika 13). Povećanje razine mora od sredine 19. stoljeća je najveća u zadnja dva milenija. Prosječni godišnji porast razine mora između 1901.-2010. iznosi 1.7 mm/god a prosječno povećanje razine mora od 1993.-2010. je 3.2 mm/god. Topljenje glečera i povećanje topline mora od sredine 70-ih godina objašnjava 75% povećanja razine mora.(IPCC,2014.)



Slika 13. Razina mora od 1900 do 2010. godine

(Izvor: IPCC, 2104.)

U svim RCP scenarijima, stopa porasta razine mora će se vrlo vjerojatno biti veća od dosadašnje, 2,0 (1.7-2.3) mm godišnje, pretpostavlja se da će stopa porasta razine mora od 2080.-2100. 8-16 mm godišnje (slika 14). Porast razine mora neće biti ujednačen. Scenariji RCP4.5 i RCP8.5 za oko 70% obala širom svijeta očekuje se da će doživjeti promjene razine mora u granicama  $\pm 20\%$  globalne prosječne promjene razine mora. Predpostavlja se da će se razina mora povećavati još stoljećima. Prema nekim predviđanjima razina mora do 2300. godine će biti nešto manja od 1 m u odnosu na predindustrijsko razdoblje, čak neki modeli prognoziraju povećanje razine mora od 3 m međutim takva predviđanja je teško dokazati.



**Slika 14.** Predviđeni scenariji povećanja razine mora do 2100. godine  
(Izvor: <http://www.climatechange2013.org/report/reports-graphic/report-graphics/>)

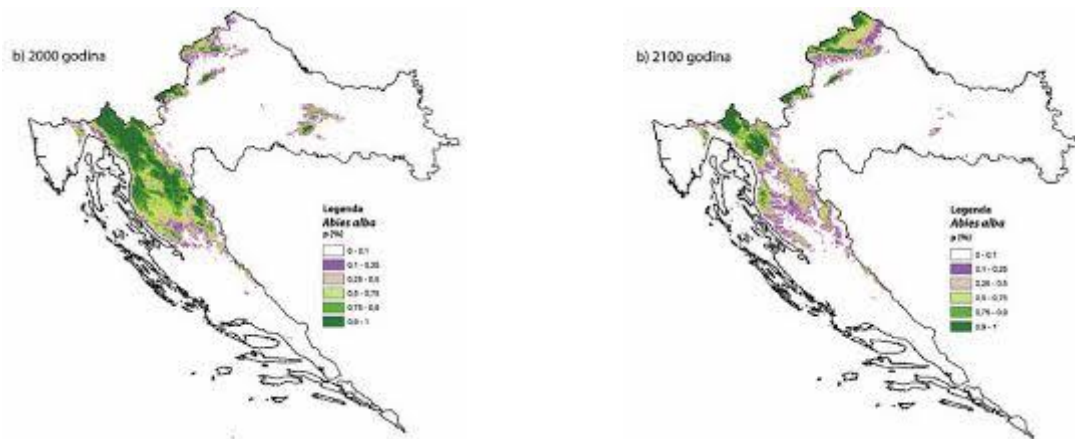
## 2.5. UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA BILJKE

Biljni svijet ovisi o vremensko- klimatskim prilikama i svaka promjena u ekosustavu direktno utječe na vegetaciju. U budućnosti klimatske promjene bi mogle izazvati promjene staništa pa time i vrsta koje dolaze u tom stanišu. Takve promjene već su zamjećene u širenju boralnih šuma prema sjeveru. Istraživanje utjecaja klimatskih promjena na biljke zasniva se na ideji da biljke prve reagiraju na vremenske i klimatske promjene, a u tu svrhu su pogodni fenološki podaci kojima se prate razvojne faze određenih biljnih vrsta. Fenologija je znanost koja proučava zakonitosti periodičnih pojava u razvoju biljaka od početka do završetka vegetacijskog razdoblja. Za potrebe ranog uočavanja klimatskih pojava u Hrvatskoj DHMZ prati sljedeće biljne vrste: divlje zeljasto bilje, šumsko drveće i grmlje, livadsko bilje, ratarske kulture, voćke i vinovu lozu, ali prate se i pčele i poljodjelski radovi. U Hrvatskoj prva fenološka opažanja započeo je prirodoslovac Grgur Bučić na Hvaru 1867. godine. Budući da razvoj biljaka znatno ovisi o vremenu i klimi, Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ) uveo je sustavna

fenološka opažanja 1951. godine. Da bi se uz pomoć fenoloških opažanja utvrdile klimatske varijacije na nekom području, pogodno je promatrati one biljke koje slobodno rastu u prirodi na koje čovjek izravno ne djeluje dodatnim agrotehničkim mjerama.

Paleontološka istraživanja pokazala su kako se obična jela na ove prostore u postglacijalnom razdoblju širila iz refugija na južnom Balkanu, južnoj Italiji, Pirinejima i u Grčkoj unatrag 38000 godina. Paleobotaničari sugeriraju da se jela, zajedno s bukvom, u središnjoj Europi prirodno proširila djelovanjem klime. Anić i dr. prema Bersonu objašnjava kako je pet čimbenika odlučujuće za širenje bukve i jele u Europi: klimatske promjene, migracijski putevi, zastoj u rastu populacije, antropogeno djelovanje i prirodni požari. Smatra se da su klimatske promjene bile odlučujući čimbenik za širenje jele. Globalne klimatske promjene tijekom prošloga stoljeća prouzročile su promjene u okolišu, a time i promjene ekoloških niša za sve vrste drveća, pa tako i obične jele. Osim toga, na dinamiku populacije obične jele utječu i drugi čimbenici, primjerice suhe i mokre depozicije, visoka gustoća herbivora, međuvrsna kompeticija, neprimjereno gospodarenje, te napadi štetnih insekata i patogenih gljiva. Zbog svega toga učestale su sumnje u mogućnost povlačenja, pa čak i nestanka obične jele s njenih staništa.

S obzirom na promijenjene klimatske parametre, mogu se prognozirati znatnije promjene ekološke niše obične jele do 2100. godine. Naime, prognozni model s obzirom na model globalnih klimatskih promjena ukazuje na značajne promjene u području slavonskoga gorja i na većem dijelu Velebita. Smanjenje područja vjerojatnosti  $\geq 0,9$  iznosi 288155 ha, ili u relativnom iznosu za 85,35 % manju površinu u odnosu na današnju (Anić i sur. 2009) (slika 15). Obična jela je tijekom evolucije stvorila neke prilagodbe na promijenjene uvjete okoliša, primjerice dugotrajno podnošenje zaszene, odgodu visinskoga rasta zbog obrane od kasnih proljetnih mrazeva, fizičku koakciju korijenja, stvaranje biogrupa i razvijen korijenski sustav. Međutim, strah od otežanog uspijevanja obične jele u njezinoj ekološkoj niši je opravdan jer se može dogoditi da se u uvjetima naglih promjena klimatskih čimbenika vrsta neće uspjeti na vrijeme prilagoditi. Prognoza istraživanja pokazuje značajan utjecaj klimatskih čimbenika na ekološku nišu obične jele do 2100. godine. Treba ipak imati u vidu kako svaki model ima svoje nedostatke. Modeli koji predviđaju globalne klimatske promjene sadrže veliku entropiju, jer ne uključuje sve one čimbenike koji posredno ili neposredno utječu na klimu. Modeliranje ove ekološke niše obavljeno je pod pretpostavkom da gospodarenje šumama nije značajnije utjecalo na rasprostranjenost obične jele u Hrvatskoj. Zato bi buduća istraživanja trebala nastaviti u smjeru modeliranja gustoće njezine populacije ili omjera smjese na razini realizirane ekološke niše u kompeticiji s bukvom i drugim vrstama drveća, uključujući mehanizme rasta populacije.



**Slika 15.** Prostorna distribucija ekološke niše (potencijalnog staništa) obične jele dobivena logističkim regresijskim modelom: a) stanje u razdoblju 1990 – 2000. godine, b) predviđanje za razdoblje 2000 – 2100. godine (Izvor: Anić i sur., 2009)



## ODGOVOR ŠUMARSTVA NA KLIMATSKE PROMJENE

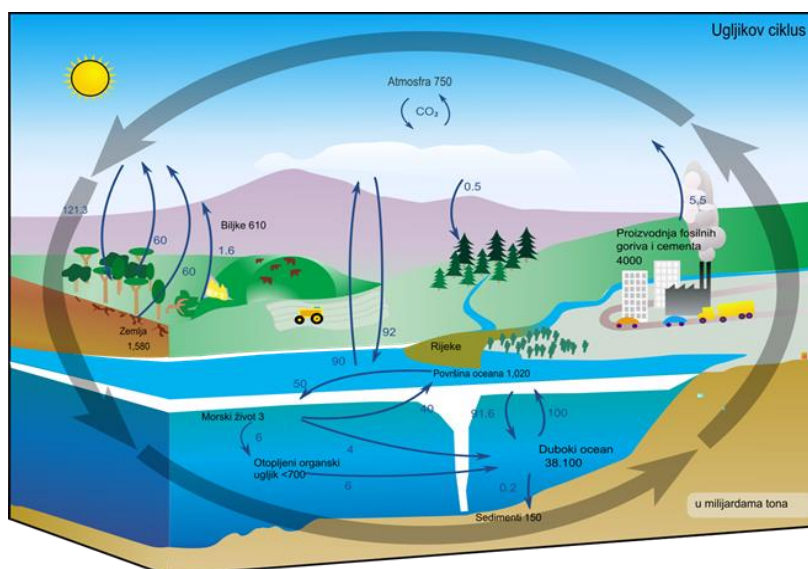
Učinci klimatskih promjena i varijabilnost klime na šumske ekosustave vidljivi su diljem svijeta. Klimatske promjene smanjuju sposobnost šuma da pružaju robe i usluga kao što su drvo i nedrvni proizvodi, čista voda pa sve do indirektnih posljedica koje se odnose na egzistenciju šumskih radnika, njihovih obitelji i drugih dionika sustava.

Izazovi koji su postavile klimatske promjene zahtijevaju prilagodbe šumskih strategije i promjene planova gospodarenja šumama. Klimatske promjene i povećanje klimatskih varijacija direktno i indirektno utječe na šume i ljude koji se bave šumarstvom. Lokalno, promjena klime varira s obzirom na topografiju i izvore vode. Šumske vrste i šumska vegetacija se razlikuje po otpornosti na klimatske promjene i sposobnosti prilagodbe. Vegetacija reagira na promjene tako da se prilagodi na promjene ili migrira u područje svoje ekološke niše. Rizici gubitka vrsta i narušavanja ekosustava geografski se razlikuju. Zabrinjavajuće je što niti klima niti biljne vrste ne reagiraju linearno na promjenu uvjeta već imaju tendenciju nagle reakcije. Društvo i zajednice povezane sa šumom i šumarstvom razlikuju se s obzirom na ranjivost u pogledu klimatskih promjena. Najugroženije su skupine pogođene siromaštvom, one koje imaju ograničene mogućnosti za zapošljavanje i izvore prihoda te izravno ovise o šumarstvu i poljoprivredi.

### 3.1. KRUŽENJE UGLJIKA I ŠUMA

Ugljikov dioksid je ključni staklenički plin i njegova koncentracija u atmosferi je od ključne važnosti za globalnu klimu, a šuma je izvor i spremnik CO<sub>2</sub>. Šumska vegetacija i tlo su spremnici gotovo polovice kopnenog CO<sub>2</sub>, a imaju potencijala za još veće skladištenje u budućnosti. Šume pohranjuju ugljik dioksid u procesu fotosinteze, pohranjuju ga kao ugljik, a otpuštaju disanjem, raspadanjem i izgaranjem.

Šume osim što su spremnici ugljikovog dioksida oni su i proizvođači istog. Procjenjuje se da deforestacija i degradiranje šuma sudjeluje u proizvodnji stakleničkih plinova sa 17%.



**Slika 16.** Kruženje ugljika; crne brojke označavaju pohranu ugljika u milijardama tona; plave brojke predstavljaju ugljik koji cirkulira

(izvor: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Ugljikov\\_ciklus](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ugljikov_ciklus))

### 3.3. UTJECAJ ŠUMARSTVA NA KLIMATSKE PROMJENE

Dva glavna odgovora na klimatske promjene su prilagodba i smanjenje klimatskih promjena. Prilagodba se koncentrira na posljedice, a smanjenje na uzroke promjena. U šumskom sektoru, adaptacija obuhvaća promjene u praksi upravljanja kako bi se smanjila ranjivost šuma na klimatske promjene i intervencije namijenjene smanjenju ranjivosti ljudi ovisnih o šumarskom sektoru. Smanjenje klimatskih promjena obuhvaća:

- Smanjenje emisija uzrokovane deforestacijom
- Smanjenje emisija uzrokovane degradacijom šuma
- Jačanje šume kao spremnika CO<sub>2</sub>
- Zamjena proizvoda (korištenje drva, drvnih vlakana umjesto materijala kao što je cement, aluminij ili pak fosilno gorivo i sl.).

Šumarski sektor mora prilagoditi ciljeve i praksu upravljanja kako bi se smanjila ranjivost i olakšala prilagodba klimatskim promjenama, kako šuma tako i ljudi koji ovise o dobrima i uslugama ekosustava koje šume pružaju. Šumarstvo treba imati za cilj optimizirati potencijalne koristi od klimatskih promjena, iskoristiti političke inicijative i mehanizme financijske podrške.

SFM (engl. Sustainable forest management) ili hrv. održivo gospodarenje šumama je univerzalno prihvaćen koncept kojim se vodi šumska politika i praksa u svijetu. SFM predstavlja sveobuhvatni pristup u upravljanju šumama, kao i njegovu provedbu na nacionalnoj ili lokalnoj razini, obuhvaćajući politiku, zakone i institucije, a na terenu omogućuje primjenu prakse upravljanja na temelju znanosti i tradicionalnih znanja. Sustav se može primijeniti u svim vrstama šuma, bez obzira na cilj upravljanja (npr. proizvodnja, očuvanje, zaštita). Korištenje SFM kao općeg okvira pomaže u osiguranju da su mjere prilagodbe i ublažavanja u ravnoteži s drugim ciljevima gospodarenja šumama (FAO, 2013.).

Inače, pojam potrajnosti definira se kao korištenje šuma i šumskih zemljišta na način i u toliko mjeri da se održi biološka raznolikost, produktivnost, sposobnost obnavljanja, vitalnost i potencijal te da se ispune sada i ubuduće, bitne gospodarske ekološke i socijalne funkcije na lokalnoj i globalnoj razini a da to ne šteti drugim ekosustavima. U Hrvatskoj organizirano šumarstvo potječe iz 1765. što je više od 250 godina planskog upravljanja šumama i jedna je od zemalja primjera kako bi se trebalo upravljati na održiv i prirodi blizak način. Ukupna površina šuma u RH iznosi 26 887 km<sup>2</sup>, odnosno 47% kopnene površine, obraslo je 24 029 km<sup>2</sup>, odnosno 42% kopna, neobraslo proizvodno šumsko zemljište (kamenjari, pašnjaci i sl.) 2084 km<sup>2</sup>, neobraslo neproizvodno zemljište (prosjeke, svijetle pruge, elektrovođi i sl.) zauzima 329 km<sup>2</sup>, a neplodno zemljište (ceste, stijene, močvare i sl.) zauzima 445 km<sup>2</sup>. Prostor za poboljšanje i unaprjeđenje hrvatskog šumarstva je submediteran i eumediteran koji su velikim dijelom degradirani do stadija makije i gariga. Progresivnom sukcesijom tih šuma povećava se spremnik ugljika, unaprjeđuje zaštitna, estetska, rekreacijska te ostale općekorisne funkcije šuma. Svaki progresivni pomak i prevođenje tih šuma u visoki uzgojni oblik uspjeh je s ekološkog, društvenog i gospodarskog stajališta.

Ovakav pristup upravljanja koji uvažava socio-ekonomsku, proizvodnu, zaštitnu komponentu šuma stavljenu u službu smanjenja i spriječavanja klimatskih promjena zahtjeva sveobuhvatan pristup politike, odgovarajućih zakona i upravljačkih okvira.

### 3.4. UTJECAJ POLITIKE NA KLIMATSKE PROMJENE

Nositelji gospodarenja šumama moraju uskladiti svoje postupke s lokalnom, nacionalnom, regionalnom i svjetskom šumarskom politikom. Okvirna konvenciju UN o promjeni klime (UNFCCC), koju je ratificiralo 195 zemalja, određuje globalnu politiku u vezi klimatskih promjena. Regionalni politički subjekti kao što je npr. Europska Unija također imaju uspostavljenu politiku o klimi te regionalne sustave koji pomažu nacionalnim akcijama. Nacionalni politički sustav je pod utjecajem regionalne i globalne politike ali su prilagođen uvjetima zemlje u kojoj se provod (FAO,2013.)

U 2010. potpisnice UNFCCC-a prihvatile su odluku poznatu kao REDD+ o smanjenju emisije nastalih krčenjem šuma i degradacija, o očuvanju šuma i održivom gospodarenju. REDD+ je dizajniran kao nacionalni mehanizam koji će osigurati pozitivan poticaj zemljama potpisnicama.

U R. Hrvatskoj je Zakonom o zaštiti zraka (NN 130/2011, 47/2014) propisana izrada Nacionalne strategije s Akcijskim planom prilagodbe klimatskim promjenama za razdoblje do 2040, s pogledom na 2070. godinu. Strategijom će se definirati prioritetne mjere i aktivnosti za najranjivije sektore kao što su hidrologija i vodni resursi, poljoprivreda, šumarstvo, bioraznolikost i prirodni ekosustavi, upravljanje obalnim područjem, turizam i ljudsko zdravlje.

### 3.5. MENADŽMENT I KLIMATSKE PROMJENE

Menadžment koji upravlja šumskim sektorom mora procijeniti kako prilagodba na klimatske promjene utječe na ciljeve gospodarenja. Taj proces prema FAO-u obuhvaća sljedeće korake:

- Procjenu rizika koje klimatske promjene predstavljaju za ciljeve gospodarenja;
- Definirati zajednice i šumska područja koja su najpodložnija mogućim promjenama;
- Definirati mjere kako bi se smanjila ugroženost najranjivijih šumskih područja i zajednica koje ovise o šumi te procijeniti troškove tih mjera;
- Prikupiti informacije o politici, institucijama, financijskih i tehničkih poticajima, dostupnost podrške za poduzimanje mjera prilagodbe i zahtjeva kako bi došli do takvih poticaja i potpora;
- Provesti procjenu troškova i koristi za identifikaciju najisplativije prilagodbe i opcije ublažavanja, uzimajući u obzir sinergiju i ustupke između njih;
- Prilagoditi plan gospodarenja šumama i druge alate za planiranje radi provedbe mjera prilagodbe i ublažavanja u koje je potrebno ugraditi znanje stečeno putem procjene ranjivosti, rizika i mogućnosti za ublažavanje;
- Utvrditi kapacitete i mogućnosti za provedbu mjera adaptacije i smanjenja;
- Prilagoditi postupke u praksi ciljevima smanjenja i prilagodbe promjena;
- Uspostava kontinuiranog praćenja šuma i postupke vrednovanja;
- Razviti mehanizme kojima se osigurava stalna prilagodba gospodarenja šumama.

Cilj procjene ugroženosti i rizika je identificirati koji su šumski sustavi i resursi najosjetljiviji na klimatske promjene i rizike negativnih utjecaja. Procjena ranjivosti šuma i zajednice ovisne o šumama uključuje niz postupaka i izvora informacija kao što je znanje i mišljenje lokalnih zajednica, znanstveno detaljno prikupljanje podataka i tehničke analize. Prvi korak procjene je utvrditi učinak na ekosustave i njihove posljedice za ljudsko zdravlje. Nakon što je moguće

identificirati i ocjeniti utjecaj, ugroženost šuma i o njima ovisnih zajednica mogu se poduzeti potrebni koraci. Na nacionalnoj razini procijenu ugroženost na klimatske promjene provode vladine agencije i istraživačke institucije koje analiziraju klimu. Analiza rizika i osjetljivosti šuma i zajednica koju provodi upravitelj šume obuhvaća:

- odrediti trenutni i očekivani stres na šumskom području;
- poznavati klimatske uvjete, te kako one utječu na šumsko područje;
- projicirati promjene u klimatskim uvjetima i moguće promjene u ekosustavu;
- pripremiti se na promjene u sustavu kao posljedicu promjene klime.

Da bi se procijenila sposobnost prilagodbe šumskog područja i o njima ovisnih zajednica, nositelji upravljanja šumama, u partnerstvu s drugim dionicima, trebaju uzeti u obzir:

- trenutni kapacitet šume ili šumom ovisne zajednice da se prilagode klimatskim promjenama;
- ograničenja kapaciteta šume ili šumom ovisne zajednice da prihvati promjene klimatskih uvjeta;
- je li projicirana stopa klimatskih promjena veća od od kapaciteta šume ili ovisne zajednice da se prilagode u budućnosti;
- tekuće napore za rješavanje utjecaja klimatskih promjena na šume i o šumi ovisne zajednice.

Završni korak u analizi rizika i osjetljivosti šuma na klimatske promjene je analiza dobivenih rezultata, pri čemu ti rezultati nisu statični već su podložni promjenama.

Drugi odgovor šumarskog sektora na klimatske promjene je smanjenje emisija. Ono se može svrstati u četiri kategorije:

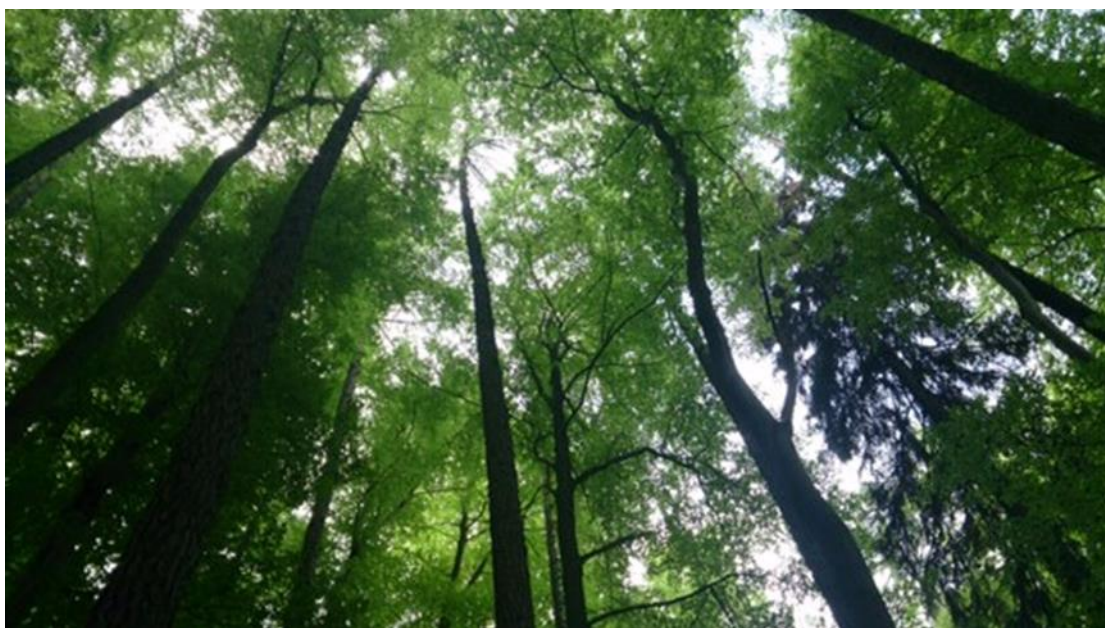
- održavanje površina pod šumom smanjujući sječu šuma i promicanjem očuvanja i zaštite šuma;
- povećanje površina pod šumom;
- održavanje ili povećanje koncentracije ugljika izbjegavanjem degradacije šuma tako da u prosjeku, zaliha ugljika ostaje konstantna ili da se poveća tijekom vremena, te kroz obnovu degradiranih šuma;
- povećanje trajnosti proizvoda od drva (namještaj od drva, građa..).

Nakon što je napravljena procjena rizika i ranjivosti, šumskog ekosustava i zajednica ovisnih o tom sustavu, na klimatske promjene sljedeći korak je pronaći opcije kako da se smanji ranjivost, poveća elastičnost i omogući prilagodba na promjenjene klimatske uvjete. Mnogi problemi vezani uz klimatske promjene ne mogu riješiti sami nositelji gospodarenja šumama zbog njihove prirode, pravnih pitanja i financijskih troškova. Odgovor na neke klimatske promjene zahtjevaju djelovanje na lokalnoj, regionalnoj i nacionalnoj razini. Klimatske promjene koje zahvaćaju međusektore zahtjevaju koordinaciju vladinih agencija, nevladinih organizacija te svih interesnih skupina (npr prirodnih resursa, javnog zdravstva i sigurnosti, turizma i ekonomskog razvoja). Nova znanja, vještine i stručnost su potrebna kako bi se omogućilo donošenje odluka i pravovremeno djelovanje. Šume i druge zainteresirane strane trebaju imati dovoljno znanja i stručnosti da smanje ranjivosti i rizik, dizajniraju i revidiraju planove upravljanja, te u konačnici provedu mjere za prilagodbu i ublažavanje klimatskih promjena (FAO,2013.).

### 3.6. PRILAGODBA ŠUMARSTVA NA KLIMATSKE PROMJENE

#### 3.6.1 Prilagodba - produktivnosti šuma

Klimatske promjene utječu na rast i proizvodnju šume izravno kroz povećanje koncentracije CO<sub>2</sub> i promjene u klimi a posredno kroz promjene u ekosustavu uzrokovane temperaturom i padalinama. Promjene u proizvodnosti šume utjecati će na proizvodnju drvnih i nedrvnih proizvoda, što će utjecati na gospodarske prihode i dostupnost drva kao energenta za šire mase. Prilagođeno gospodarstvo je ključ u smanjenju ranjivosti i povećanju šumske produktivnosti. Za rizik od smanjenja produkcije zbog promjene temperature i padalina FAO preporučava prilagodbu planova upravljanja i uzgajanja šuma zbog očekivanog smanjenja prinosa. Zbog promjena uvjeta potrebno je prilagoditi vrste novonastalim uvjetima prilikom obnove ili pošumljavanja, poboljšati strukturu tla, smanjiti vodni stres, uništavati korov i invazivne vrste radi smanjenja isušivanja tla i slično. Promjena produkcije zahtjeva prilagodbu ciljeva upravljanja i proširenje razine djelatnosti na druge proizvode i usluge. Osim smanjenja može se dogoditi i povećanje produkcije zbog poboljšanja uvjeta za neke vrste prilikom promjene padalina i temperature. U tom slučaju također potrebno je prilagoditi uzgajanje šumom, vrijeme pridobivanja i ophodnju novim uvjetima.



**Slika 17.** Ariš, Češka Republika, svibanj 2015. (Izvor: osobni)

#### 3.6.2. Prilagodba - bioraznolikost

Pojedini elementi šumskog ekosustava različito reagiraju na klimatske promjene i utjecaj na neke vrste može značajno utjecati na stabilnost sustava. Važni spremnici ugljika su šumski ekosustavi i svaka promjena koja narušava bioraznolikost i stabilnost sustava može uzrokovati još veću koncentraciju stakleničkih plinova u atmosferi. Očekuje se da će se šumska staništa pomicati prema Sjevernom i Južnom polu i na veće nadmorske visine. Vrste koje su sastavni dio šumskog ekosustava bit će primorane da se prilagode promjenama, a dio osjetljivijih vrsta će

nestati. Od strane struke potrebno je pomagati održanje biološke raznolikosti, produktivnosti šuma te očuvanje vrsta i staništa. Za ostvarivanje takvih ciljeva potrebno je pratiti promjene flore i faune, procijeniti rizik od mogućih promjena te pomagati prilagodbu vrsta na novonastale uvjete.

Klimatske promjene mogu utjecati na promjenu vrsta i staništa, izmjenu flornog sastava ritskih šuma i šuma u priobalnom području te fragmentaciju šuma. FAO preporučava da se prilagodba na novonastale uvjete provede na način da se prilagodi gospodarenje novonastalim situacijama, kroz korištenje autohtonih vrsta, podržavanje mješovitih zajednica, proširenje zaštićenih područja radi očuvanja vrsta i staništa, uravnoteženje lova i ribolova na razini održivosti, poboljšani nadzor krivolova i sl.



**Slika 18.** NP Plitvička jezera (Izvor: osobni)

### **3.6.3. Prilagodba - voda**

Povećanjem temperature zraka povećava se i isparavanje vode što znači da će se mjestimice povećati količina oborina, a mjestimice smanjiti. Povećana količina oborina uzrokovat će veće erozije što se ubuduće očekuje na višim i strmijim područjima. Povećanjem oborina uz područje rijeka očekuju se veća opasnost od poplava, s druge strane na područjima s manjom količinom oborina očekuje se veća opasnost od suše i požara. Šume utječu na vodu tako da smanjuju otjecanje, stabiliziraju tok, hlade i pročišćavaju vodu. Promjenom u klimatskom sustavu utječemo na šume, oborine a to utječe na količinu, kvalitetu, vrijeme i distribuciju vode diljem svijeta. Sustav upravljanja mora biti spreman odgovoriti pravovremeno i ispravno na prijetnje kako bi se održala stabilnost unutar ekosustava i smanjila ugroženost. Na smanjenje nestašice vode i suše možemo utjecati tako da se podrži održivo gospodarenje vodama, omogući nesmetan protok, čišćenje vodotoka, održavanje bunara, pošumljavanje i obnova šuma. U slučaju povećanih oborina i opasnosti od poplava potrebno je pažljivo planiranje radova pridobivanja, transportnih izvoznih puteva, na mjestima sakupljanja vode osigurati odvodnju

kopanjem i održavanjem kanala. U zamočvarenim područjima dobro rješenje je održavanjem vegetacijskog pokrova i bioflore koja uspjeva na takvim staništima što vodi ka sukcesiji i popravljaju staništa (FAO,2013.).

#### 3.6.4. Prilagodba - požari

Šumski požari uzrokuju promjene na području koje je zahvaćeno vatrom. Najveće promjene događaju se na biljnom pokrovu; djelovanje vatre dovodi do promjene u kemijsko-fizikalnim svojstvima tla. U većini slučajeva potrebno je dulje razdoblje da se uspostavi prvobitna ravnoteža. Još veći problem nastaje kod dvostrukog opožarivanja površine gdje je sanacija takvih požara vrlo zahtjevna jer je površina u potpunosti degradirana. Šumske požare uvjetuje druga elementarna nepogoda, a to je suša.

Područje hrvatske obale, a posebice otoci primjer su područja na kojem dolazi do punog izražaja zajednička sprega oborine i vatre. Općenito se može reći da je u ljetnom razdoblju broj požara i spaljenih površina povećan. Zbog svoje specifičnosti najugroženija područja od šumskih požara jesu baš otoci, a među njima posebice se izdvajaju srednjodalmatinski otoci. U prosjeku se godišnje u Hrvatskoj javlja 450 požara spaljene površine oko 9000 ha. U posljednjih 10-ak godina najveći broj šumskih požara, njih 730, zabilježeno je 2000. godine kada je izgorjelo 27400 ha. I u ekstremno toplim i suhim godinama 1998, 2003. i 2007. zabilježen je iznadprosječan broj šumskih požara na jadranskom području (DHMZ,2009.).

Nositelji gospodarenja šumama mogu utjecati na smanjenje požara tako da prikupljaju informacije od službi koje se bave takvom problematikom. Na temelju dosadašnjeg iskustva važni su procijena ugroženosti od požara, podrška razvoju i provedbi politike zaštite od požara, uspostava i poboljšanje nadzora na ugroženim području, održavanje prosjeka, orezivanje grana, uklanjanje mrtvog drva i biomase sa tla (FAO,2013.).

U Državnom hidrometeorološkom zavodu se za procjenu opasnosti od šumskih požara na Jadranu primjenjuje kanadska metoda Fire Weather Index (FWI). Meteorološki indeks opasnosti od šumskih požara FWI procjenjuje zapaljivosti goriva koji uvažava učinke prošlih i trenutnih vremenskih prilika na tri vrste pokrivača šumskog tla: fino, srednje i krupno gorivo. Da bi se mogao računati meteorološki indeks opasnosti od šumskih požara, meteorološka motrenja i mjerenja moraju se obavljati u najtoplijem dijelu dana, a najbliži meteorološki termin motrenja je onaj u 13 h po srednjeeuropskom vremenu odnosno po ljetnom vremenu u 14 h. Meteorološki elementi temperatura i relativna vlažnost zraka, brzina vjetra i 24-satna količina oborine su ulazni podaci programa za izračunavanje meteorološkog indeksa opasnosti od šumskog požara FWI. Pomoću FWI određuje se dnevna procjena žestine (Daily Severity Rating, DSR) odnosno ocjena potencijalne opasnosti od požara. Kako procjena žestine u sebi sadrži meteorološke uvjete kao i stanje vlažnosti mrtvog šumskog gorivnog materijala, <sup>5</sup>MSR i <sup>6</sup>SSR služe za klimatološko-požarni prikaz prosječnog stanja na nekom području po mjesecima i za požarnu sezonu. Dnevne vrijednosti <sup>7</sup>DSR mogu biti pokazatelj promjene stanja iz sata u sat i shodno tome za brzo djelovanje i razmještaj vatrogasnih postrojbi na ugroženom području.

---

<sup>5</sup> MSR - srednja mjesečna žestina

<sup>6</sup> SSR - srednja sezonska žestina

<sup>7</sup> DSR - srednja dnevna žestina

Usporedba srednjih sekularnih vrijednosti sa normalama ukazuje na povećanu opasnost od šumskih požara, koja je zamijećena u lipnju, posebno je važna jer ukazuje na raniji početak požarne sezone na Jadranu. No, analiza također pokazuje širenje područja s povećanom opasnosti od šumskih požara od srednjeg prema sjevernom Jadranu osobito u srpnju i kolovozu. Razlog porasta opasnosti od šumskih požara na sjevernom Jadranu je zbog signifikantnog povećanja srednje temperature zraka i signifikantnog smanjenja količine oborine u ljetnim mjesecima (DHMZ,2009.).

### **3.6.5. Prilagodba - štetnici**

Gljive truležnice i različiti insekti najčešće napadaju fiziološki oslabljena stabla i time utječu na njihov razvoj, plodonošenje, pomlađivanje. Populacija insekata često upućuje na promjenu klimatskih uvjeta i jedan su od prvih indikatora koji upućuje da je stabilnost narušena u šumskom ekosustavu. Najučinkovitiji način u suzbijanju štetnika su praćenje populacije štetnika, procjenjivanje rizika od pojave, prilagođavanje razdoblja pridobivanja drva izvan sezone gradacije štetnika, smanjivanje ozljeđivanja stabala prilikom izvlačenja, održavanje mješovitih zajednica jer su stabilnije i otpornije, prilikom unošenja sjemena paziti na trulež i ostale nametnike koji se prenose sjemenom, uvođenje šumskog reda u sječini, podizanje svijesti i obuka radnika preporuka je FAO-a upraviteljima šuma oko suzbijanja štetnika.

### **3.6.6. Prilagodba - ekstremne vremenske pojave**

Usporedno s promjenom klimatskih promjena povećava se pojava oluja, poplava, suša i razdoblja velikih vrućina. Šumarska struka utječe na ublažavanj poplava na način da održava vodotoke, vegetaciju uz rijeke, prilikom izgradnje šumskih cesta osigurava se odvodnja i protok vode, izbjegava korištenja teške mehanizacije radi smanjenja zbijanja tla zbog infiltracije vode i sl. Radi prevencije i zaštite od oluja šumarski stručnjaci izbjegavaju čistu sječju, na mjestima jakog udara vjetra koriste se vrste s prilagođenim korjenskim sustavom i povećanom stabilnosti, prilagođava se odabir sjekoreda tako da se usmjerava i smanjuje jakost vjetra, olujni udari se pokušavaju smanjiti i vertikalnim oblikom sklopa. Na mjestima na kojima postoji velika vjerojatnost klizišta prilagođavaju se vrijeme i način pridobivanja, upotrebljavaju se vrste koje korjenjem ispunjavaju cijeli profil tla, održava se vegetacijski pokrov, iako su neki stručnjaci skeptični oko mišljenja da ovakve mjere mogu zaustaviti klizanje tla.

### **3.6.7. Prilagodba - povećanje razine mora**

Porast razine mora uslijed klimatskih promjena predstavlja prijetnju mnogim šumama na obali. Upravljanje obalnim šumama zahtjeva integrirani multifunkcionalni pristup. Prilikom prilagodbe na daljnje povećanje razine mora potrebno je ukloniti prepreke za migraciju biljnih i životinjskih vrsta, pošumljavanje i obnovu šuma obavljati sa heliofilnim vrstama otpornim na sol; ukoliko postoje izvori slatke vode potrebno ih je održavati i uspostaviti sustav praćenja i brze dojava požara.



### **3.6.8. Prilagodba - društvo**

Urbano i ruralno društvo je ovisno o šumskom ekosustavu. Kada smanjujemo površinu šume direktno utječemo na društvo u cjelini. Za ruralno društvo šuma često predstavlja izvor egzistencije, uključujući hranu, gorivo, lijekove dok urbano društvo ovisi o vodoopskrbi i rekreaciji i drugim dobrobitima šume. Promjene klime zasigurno će utjecati na funkcije šuma, a time izravno ili neizravno i na čovjeka. Klimatske promjene uzrokuje mnoge zdravstvene probleme, mnogi ljudi pate od alergija, a povećanjem temperature dolazi do ranije pojave sezonskih alergija, vaskularnih oboljenja, razvoja infektivnih bolesti i dr. Povećani indeks UV-zračenje može uzrokovati melanom, opekline, rak kože; promjenom klime dolazi do migracije i širenja insekata među kojima je i azijski tigrasti komarac koji prenosi arboviruse i razne parazite.

Kod prilagodbe upravljanja šuma klimatskim promjenama nositelji gospodarenja šumama moraju uskladiti potrebe društva i plan adaptacije. Cilj je rješavanje problema hrane i egzistencije najugroženijih, marginaliziranih skupina. U slučaju nedostatka drugih izvora hrane potrebno je dopustiti berbu šumskih plodova i lov lokalnom stanovništvu, pomoći razvoj lokalnih poduzeća koji se bave drvom i preradom drva, razvijati ekoturizam te tako otvoriti nova radna mjesta i izbjeći migracije stanovništva. Jako je važno osvijestiti i uspostaviti komunikaciju i suradnju sa svim dionicima sustava. U pogledu zaštite ljudskog zdravlja šumski stručnjaci mogu pomoći tako da zaštite izvore vode i spriječe širenje epidemije bolesti koje se mogu širiti vodom te povećanjem svijesti i edukacijom zaposlenika

### **3.6.9. Prilagodba - ekonomija**

Klimatske promjene imaju utjecaja na ekonomiju; pritom ona može biti i pozitivna i negativna. Pozitivna je u onim slučajevima kada se poveća produktivnost šuma dok s druge strane poplave, oluje, požari donose velike financijske štete. Prilikom ublažavanja ekonomskih posljedica potrebno je izraditi procjenu troškova i koristi te prilagoditi plan gospodarenja prema procjeni. Izvori dodatnih prihoda mogu se naći u pronalaženju novih tržišta, pri čemu je važno istražiti tržišne prilike za vrste pogođene štetnicima, bolestima, požarima te istražiti mogućnost osiguranja šuma kako bi se u slučaju nepogoda i katastrofa barem djelomično nadoknadilo štete, odnosno osiguralo financiranje troškova sanacije. Globalno, za šumarski sektor važno je graditi strateške saveze, poboljšati konkurentsku poziciju, ostvariti ulazak na nova tržišta. Teško je provesti adaptacije šuma na klimatske promjene isključivo vlastitim kapacitetom i potrebno je imati na umu financijske mehanizme potpore kao što su REDD+, tržište uljika, lokalne i vladine poticaje.

## **3.7. SMANJENJE KLIMATSKIH PROMJENA U ŠUMARSKOM SEKTORU**

Ublažiti klimatske promjene u šumarskom sektoru može se na dva načina: smanjenjem emisija stakleničkih plinova ili povećanjem kapaciteta za spremanje ugljika.






Na smanjenje klimatskih promjena moguće je utjecati na sljedeće načine:











- održavanjem površina pod šumom smanjujući sječu šuma te zaštitom i očuvanjem šuma,
- povećanjem površina pod šumom,

- održavanjem ili povećanjem koncentracije ugljika izbjegavanjem degradacije šuma tako da u prosjeku, zaliha ugljika ostaje konstantna ili da se poveća tijekom vremena, te kroz obnovu degradiranih šuma;
- povećanjem trajnosti drvnih proizvoda (zamjena fosilnih goriva sa biogorivom, izrada zgrada od drva..)

Povećanje površine obrasle šumom povećavamo spremnik ugljika sadržan u nadzemnoj i podzemnoj biomasi te u mrtvoj organskoj tvari. Povećanje obrasle površine obavljammo pošumljavanjem (sadjnja sadnica, sjetva sjemena), prirodnim pomlađivanjem i sukcesijom. Aktivnosti za održavanje obrasle površine tj. održavanje spremnika ugljika zahtjeva smanjenje sječe i održivo gospodarenje. Umjetno pošumljavanje nakon dovršene sječe ubrzava rast i smanjenje ugljika u odnosu na prirodne procese, za ovakav pristup smanjenja emisija upravitelji trebaju izraditi analizu troškova i koristi. Korištenje drva kao dugovječnog proizvoda (namještaj, građevni materijal) djeluje kao rezervar ugljika stoljećima i na taj način smanjujemo emisiju. Iako šumarski stručnjaci ne utječu na potražnju za takvim proizvodima i samim time ne mogu utjecati na smanjenje emisije, tu nacionalne i regionalne politike igraju važnu ulogu, a šumari odgovaraju na zahtjeve i potrebe tržišta. Poticaje u smanjenju emisija možemo pronaći u vladinim programima subvencija, povećanju tržišta ugljika te osobnoj satisfakciji radi postizanja dobrobiti za sadašnje i buduće generacije.

**Tablica 1.** Strategija, opcije i smjernice gospodarenja šumama radi smanjenja emisije stakleničkih plinova (FAO,2013.)

STRATEGIJA	OPCIJA SMANJENJA	POSLEDICA AKCIJE	Akcija	Odgovornost
<b>Smanjenje emisije</b>	Smanjenje deforestacije	Izbjegavanje emisije ugljika od deforestacije	Interakcija svih dionika sustava (prostorno uređenje, poljoprivreda,..)	
			Prilagoditi upravljanje zaštićenim područjima	
	Smanjenje degradacije	Izbjegavanje emisija zbog smanjenja biomase	Smanjenje sječe šuma (plan sječa, obrazovani šumski radnici, nadzor rukovoditelja)	
			Smanjenje ilegalnih sječa i berbe šumskih proizvoda	
			Poticanje održive razine ogrijevnog drva	

			Povećanje spremnika ugljika smanjenjem ili zabranom sječa	
			Izbjegavati ispašu i pretjerano iskorištavanje drvnih i nedrvnih proizvoda	
			Razviti i implementirati sustav praćenja požara	
			Razviti i implementirati susutav praćenja štetnika	
<b>Povećanje smanjenja emisija stakleničkih plinova</b>	Povećanje spremnika ugljika	Povećanje zalihe ugljika povećanjem površine obrasle šumom	Pošumljavanjem obešumljenog područja	
			Pomaganje sukcesije šuma pomoću prirodnog ili umjetnog pomlađivanja	
			Poticanje prirodnog širenja šuma	
		Povećanje zalihe ugljika povećanjem gustoće stabala	Obnova degradiranih površina	
			Povećati ophodnju	
			Povećati udio šumsko-poljskog gospodarenja	

<b>Zamjena i skladište ugljika</b>	Zamjena fosilnih goriva sa šumskim (CO <sub>2</sub> neutralni)	Izbjegavanje stakleničkih plinova nastalih izgaranjem fosilnih goriva	Proizvodnja bioenergije	
			Promicati uporabu tehnologija na bioenergetske pogone	
		Izbjegavanje emisija nastalih u proizvodnji CO <sub>2</sub> neutralnih proizvoda	Zamjena plastike, aluminija, betona sa proizvodima od drva	
			Podrška proizvodnje dugovjenih proizvoda od drva (namještaj,građa)	
		<b>Akcija</b>	<b>Odgovornost</b>	
		Interakcija svih dionika sustava (prostorno uređenje, poljoprivreda,..)		
		Prilagoditi upravljanje zaštićenim područjima		
		Smanjenje sječe šuma (plan sječa, obrazovani šumski radnici, nadzor rukovoditelja)		
		Smanjenje ilegalnih sječa i berbe šumskih proizvoda		
		Poticanje održive razine ogrijevnog drva		
		Povećanje spremnika ugljika smanjenjem ili zabranom sječa		

Izbjegavati ispašu i  
pretjerano  
iskorištavanje drvnih i  
nedravnih proizvoda



Razviti i  
implementirati sustav  
praćenja požara



Razviti i  
implementirati  
sustav praćenja  
štetnika



Pošumljavanjem  
obešumljenog  
područja



Pomaganje sukcesije  
šuma pomoću  
prirodnog ili  
umjetnog  
pomlađivanja



Poticanje prirodnog  
širenja šuma



Obnova degradiranih  
površina



Povećati ophodnju



Povećati udio  
šumsko-poljskog  
gospodarenja





Proizvodnja  
bioenergije



Promicati uporabu  
tehnologija na  
bioenergetske  
pogone



Zamjena plastike, aluminija, betona sa proizvodima od drva	
Podrška proizvodnje dugovjenih proizvoda od drva (namještaj,građa)	

**Tablica 2.** Ekološka, društveno ekonomska prednost kao rezultat smanjenja emisija stakleničkih plinova (FAO,2013.)

<b>AKCIJA SMANJIVANJA EMISIJA</b>	<b>POVLASTICE SMANJENJA EMISIJE</b>	<b>DRUŠTVENO- EKONOMSKE KORISTI</b>	<b>OKOLIŠNA POGODNOST</b>
Prilagođeno upravljanje zaštićenim područjima	Dostupnost vrsta i kvalitetnog genetskog materija	Dostupnost šumskih proizvoda, rekreacije i ostalih općekorisnih funkcija šuma	Biološka raznolikost očuvanje i održavanje funkcije šuma i ekosustava
Šuma u funkciji zaštite tla i vode	Zaštita od erozije	Čista voda i zrak	Smanjenje rizika od erozije, kvalitetnija opskrba vodom
	Zaštita poplavnih područja te smanjenje ugroženosti vodenog ekosustava	Mogućnost opskrbe lokalnog stanovništva ribom i ostalim proizvodima	Poboljšanje poplavnih staništa
Uspostava protupožarnog susutava	Spriječavanje degradacije	Održavanje šumske proizvodnje i šumskih usluge i koristi	Održavanje biljnih i životinjskih vrsta
Pošumljavanje i obnova šuma	Autohtonih vrsta koje su dovoljno vitalne da su otporne na promjene	Sakupljanje proizvoda koji će doprijeti egzistenciji lokalnog stanovništva	Biološka raznolikost, biološka stabilnost za cijeli šumski ekosustav
Prirodno obnavljanje i širenje šuma	Poboljšanje funkcije ekosustava i otpornost na promjene	Mogućnost zaposlenja na poslovima obnove, sakupljanje plodova	Biološka raznolikost

## ZAKLJUČAK

„Nije dovoljno samo živjeti reče leptir, potrebno je imati malo sunca, malo slobode i malo cvijeća“

Hans Christian Andersen

Klimatske promjene se događaju trenutno i bez obzira što znanstvenici nisu usaglašeni oko uzroka nastanka klimatskih promjena, svi se slažu oko njihovog postojanja i zabrinuti su zbog reakcije okoliša i najugroženih skupina društva. Jedinstveni je stav da je potrebna prilagodba na novonastale uvjete i brza reakcija društva radi smanjenja uzroka.

Šume imaju važnu ulogu u ekosustavu planeta Zemlje. One opskrbljuju pučanstvo hranom, izvor su egzistencije, pročišćivači voda, pluća svijeta, spremnici uljikovog dioksida i stanište mnogim organizmima te je važno zaustaviti smanjenje potencijala šuma i šumskih resursa, pogotovo krčenje i degradaciju šuma, ukoliko želimo smanjiti promjene klime.

U duhu latinske uzrečice *res, non verba (djela, ne tek riječi)* učinkovit odgovor na klimatske promjene vezan je za globalnu politiku koja promiče prilagodbu i ublažavanje posljedica, pri čemu daje potporu razvoju tehnologija, prijenosu informacija te financijsku podršku.

Prvi korak u borbi protiv klimatskih promjena je podizanje svijesti stanovništva. Potrebno je integrirati u obrazovni sustav od najranijih dana teme globalnog zagrijavanja, klimatskih promjena i odgovornog društvenog ponašanja radi pobuđivanja osjetljivosti stanovništva na temeljna egzistencijalna pitanja.

Na području znanosti još je mnogo nepoznatih varijabli i međuodnosa koji utječu na klimu te su potrebna nova znanja i spoznaje da bi se moglo učinkovitije odgovoriti na izazove smanjenja promjena i njihovih učinaka.

Iako utjecaji klime na šume još u potpunosti nisu poznati već se danas može i mora pristupiti mjerama prilagodbe i smanjenja učinaka klimatskih promjena na šume i šumske ekosustave. Mjenjanjem planova upravljanja šumama može se utjecati na smanjenje i usporavanje klimatskih promjena, osigurati da šume sada i ubuduće ispunjavaju svoje ekološke, socijalne i zaštitne funkcije bez posljedica za buduće generacije. Pritom je globalno najprihvatljiviji i najučinkovitiji odgovor šumarstva na klimatske promjene održivo gospodarenje (SFM) ili vešenamjensko potrajno gospodarenje u korist svih dionika sustava.

Zaključimo s porukom da ukoliko uistinu želimo očuvati naš planet ovakav kakvog ga danas poznajemo, trgnimo se iz sna i učinimo nešto, jer sutra će možda bit prekasno.

## LITERATURA

Anić, I., Vukelić, J., Mikac, S., Bakšić, D., Ugarković, D. (2009): *Utjecaj globalnih klimatskih promjena na ekolišku nišu obične jele (Abies alba Mill.) u Hrvatskoj*, Šumarski list 3-4, str 135-144

Glavač, V. (1999): *Uvod u globalnu ekologiju*. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša i Hrvatske šume, Zagreb

Lay, V., Kufrin, K., Puđak, J. (2007): *Kap preko ruba čaše: klimatske promjene svijet i Hrvatska*. Hrvatski centar „Znanje za okoliš“, Zagreb

Martinić, I. (2007-2016): *Šumarska politika i zakonodavstvo* (Zbirka prezentacija – studijsko gradivo), Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

Watson, Robert T. and the Core Writing Team (editors) (2001): *Climate Change 2001: Synthesis Report, A contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press

DHMZ (2009): *Peto nacionalno izvješće Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC)*, Zagreb

Europsko Vijeće, URL: <http://www.consilium.europa.eu/hr/policies/climate-change/international-agreements-climate-action/>

FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations) (2013): *Climate change guidelines for forest managers*, FAO Forestry Paper 172. Rome

IPCC (2014): *Climate Change 2014a: Synthesis Report Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Core writing team and eds., Pachauri, and Meyer), IPCC, Geneva, 127 pp.

MZOIP (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode), URL: <http://klima.mzoip.hr/default.aspx?id=82>

UNEP (2005): *Vital Climate Change Graphics*, UNEP/GRID-Arendal

UNEP & WMO (2011): *Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone*, UNNON, publ. Services Section, Nairobi

UNEP (2013): *Climate and Clean Air Coalition Reduce Short-lived Climate Pollutants*, Paris