

OSNOVE ZAŠTITE PRIRODE I OKOLIŠA
SKRIPTA
Prvi dio

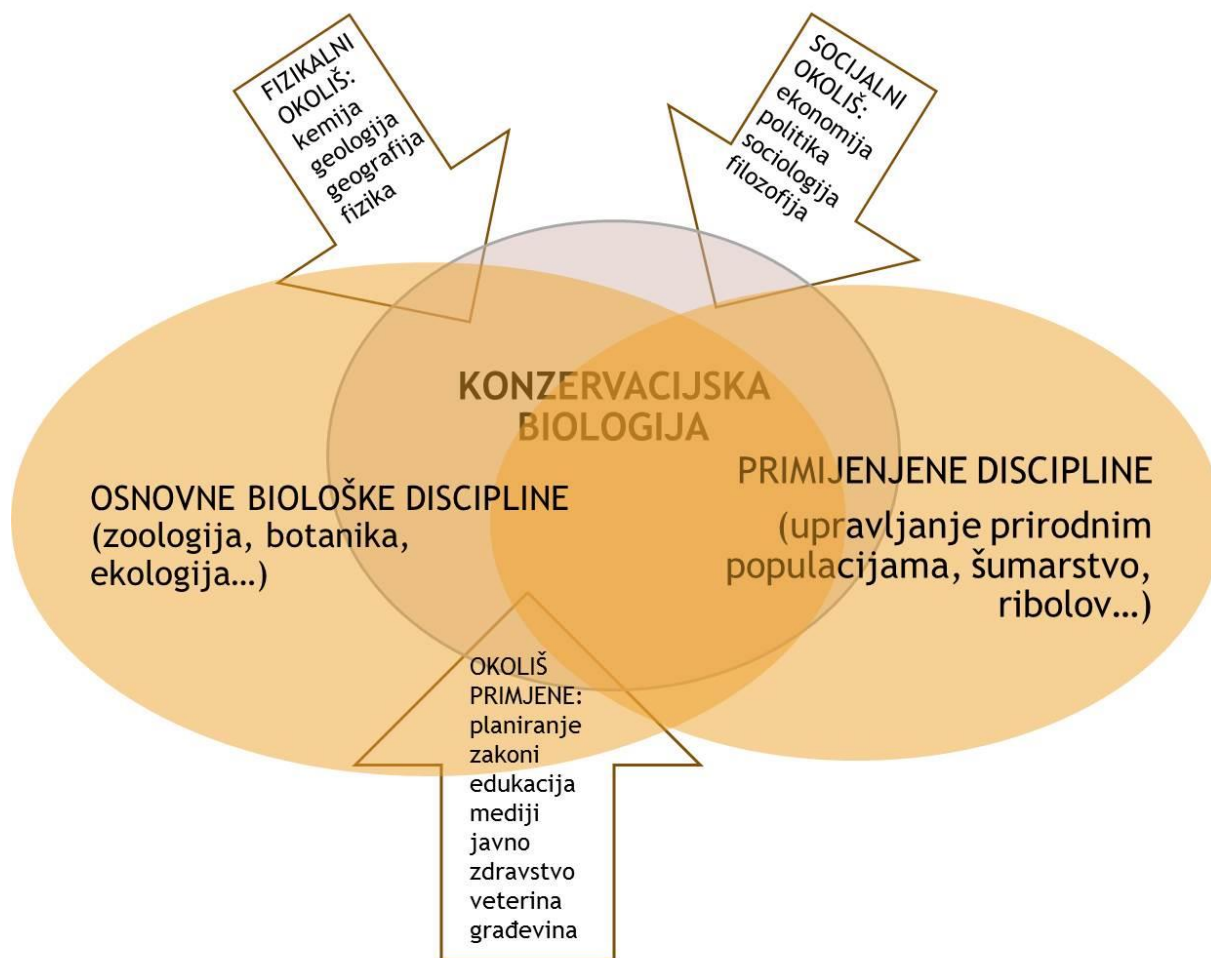
KONZERVACIJSKA BIOLOGIJA I RAZLOZI ZAŠTITE PRIRODE

Konzervacijska biologija može se definirati kao disciplina koja "proučava biološku raznolikost, utvrđuje prijetnje biološkoj raznolikosti te igra aktivnu ulogu u očuvanju biološke raznolikosti" (Primack, 2006) ili kao "integrativan pristup zaštiti i upravljanju biološkom raznolikošću" (Groom *et al.*, 2006). Sam pojam prvi je upotrijebio i objasnio Michael Soule 1978. godine: "Konzervacijska biologija nastoji povezati evolucijsku teoriju s okolišnom realnošću radi predviđanja kako će populacije/vrste reagirati na buduće/sadašnje promjene, najčešće antropogeno uvjetovane, u svom okolišu/gustoći/rasprostranjenosti. Najvažnije, hoće li preživjeti i kako spriječiti izumiranje." Dakle, konzervacijska biologija jest disciplina koja se bavi zaštitom prirode.

I dok većina bioloških disciplina ima mnogo sličnosti u metodologiji, načinu istraživanja i prezentiranja rezultata, konzervacijska biologija, s obzirom na svoju svrhu, ima brojna ograničenja i razlikuje se od ostalih disciplina. Razlikuje se već i po tome što ima svrhu, dok ostale discipline ne moraju imati nikakvu primjenu već samo istraživanje i otkrivanje može biti svrha samom sebi. Za konzervacijsku biologiju često se kaže da je "krizna znanost". Naime, dok sve ostale biološke discipline teže što savršenijim podacima i koriste prikladne metode kako bi dobile pouzdane rezultate, konzervacijski biolozi često ne mogu računati na savršene ulazne podatke i statistički značajnu sigurnost rezultata. Konzervacijska biologija ima misiju ili svrhu (razviti nove principe i tehnologije koji će društvu omogućiti očuvanje biološke raznolikosti) i rok (prije no što ta raznolikost nestane zauvijek). Ona podrazumijeva veliku razinu intedisciplinarnosti, povezana je s nizom bioloških disciplina (biogeografija, populacijska genetika, ekologija, evolucija, šumarstvo, ribarstvo, fiziologija, upravljanje populacijama) i ostalih znanosti (antropologija, kemija, fizika, povijest, filozofija, ekonomija, politika, sociologija, religija) (slika 1.).

Područja moderne konzervacijske biologije mogu se svrstati u dvije osnovne skupine:

- ZAŠTITA UGROŽENIH VRSTA (obuhvaća područja poput demografskih i genetskih posljedica smanjene veličine populacija, analize vijabilnosti, biologije malih populacija, manipulativnih tehnika za povećanje vjerojatnosti preživljavanja, dizajna prirodnih rezervata za ciljne vrste itd.)
- ZAŠTITA FUNKCIONALNIH I STRUKTURNIH ASPEKATA EKOSUSTAVA (područja poput raznolikosti i stabilnosti ekoloških zajednica, fragmentacije staništa, ekologije okoliša, otočne biogeografije, restauracijske ekologije itd.).



SLIKA 1. Interdisciplinarnost konzervacijske biologije.

Osnovni ciljevi konzervacijske biologije, odnosno zaštite prirode su.

1. Sačuvati raznolikost vrsta i ekosustava.
2. Spriječiti antropološki uzrokovano izumiranje populacija i vrsta.
3. Održati ekološku složenost.
4. Omogućiti neometan nastavak evolucije.
5. Spoznati vrijednosti biološke raznolikosti.

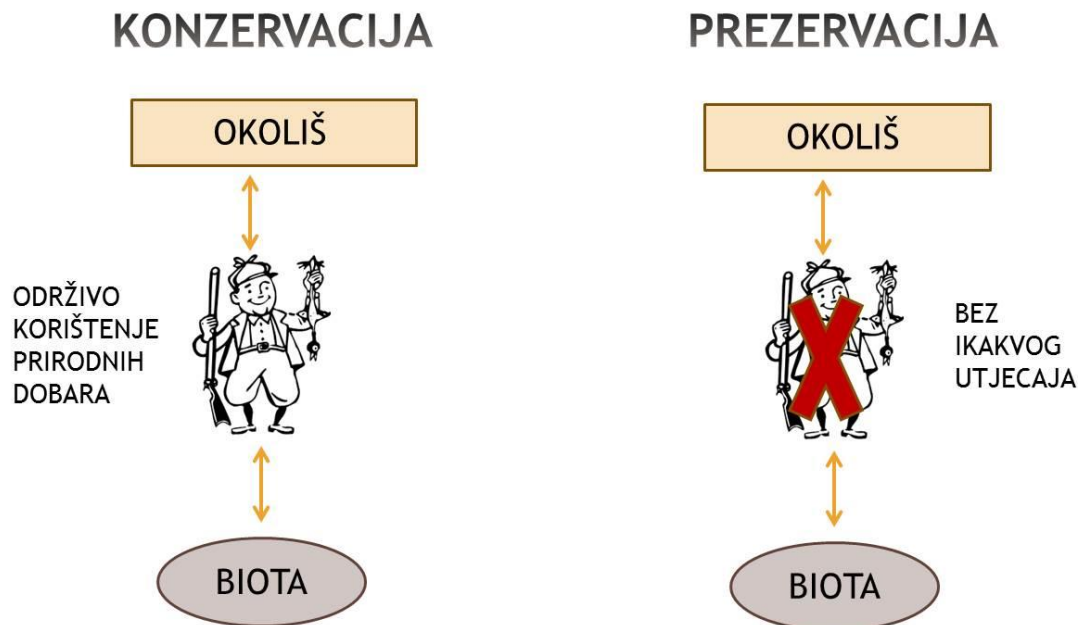
Glavni uzroci ugroženosti prirode su ogroman porast ljudske populacije, koje prate i ogromne potrebe za resursima. Procjenjuje se da je ljudska populacija oko 1800. godine brojila 1 milijardu ljudi, a zatim se stopa rasta sve više povećava pa 1930. ima 2 milijarde ljudi, 1999. već 6 milijardi, a danas preko 7 milijardi. Stopa rasta se danas ipak blago smanjuje. Pretpostavlja se kako će populacija kroz ovo stoljeće nastaviti rasti, ali smanjenom brzinom te da će se stabilizirati na oko 10 milijardi u drugoj polovici stoljeća (projekcije UN-a). Zbog iznimnog utjecaja ljudi na resurse, druge vrste, ukupnu biološku raznolikost i ekosustave, ovo je geološko razdoblje prozvano i "antropocen". Ljudska populacija ima izuzetno velike potrebe za resursima, što slikovito pokazuje nekoliko podataka:

- procjene udjela terestričke primarne produkcije kojeg koristi isključivo ljudska populacija kreću se od 10 do 55%
- 83% površine Zemlje pod izravnim je utjecajem ljudskih aktivnosti

- 40-50% površine Zemlje je promijenjeno ili degradirano
- 10-15% kopnene površine Zemlje pretvoreno je u agrikulturna ili urbana područja, a još 6-8% u pašnjake
- 22% vrsta morskih riba je prelovljeno
- ljudske aktivnosti dodaju onoliko fiksiranog dušika u kopnene ekosustave koliko dodaju svi ostali izvori zajedno

Nadalje, utjecaj ljudi očituje se i u tome što mijenjaju evoluciju te su postali okidač prirodne selekcije na globalnoj razini. Prvenstveno se to može vidjeti na primjeru bakterija otpornih na antibiotike, ali i npr. sve većeg udjela slonova bez kljova.

Dok se pojam konzervacija odnosi na zaštitu prirode uz održivo korištenje prirodnih dobara, prezervacija podrazumijeva uklanjanje bilo kakvog ljudskog utjecaja iz prirode (slika 2.).



SLIKA 2. Razlika konzervacije i prezervacije.

BIOLOŠKA RAZNOLIKOST

Biološka raznolikost ili bioraznolikost definira se kao:

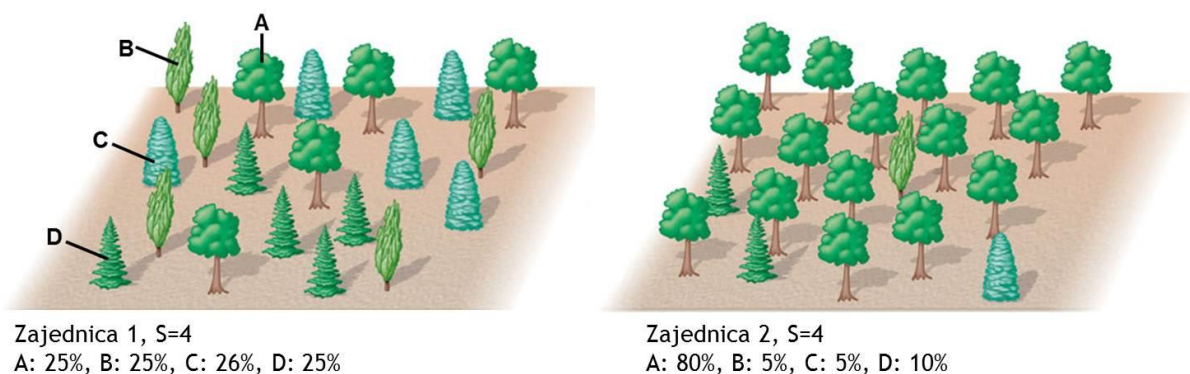
- raznolikost svih oblika života na svim organizacijskim razinama
- raznolikost života na Zemlji
- raznolikost na svim razinama biološke organizacije.

Bioraznolikost možemo prepoznati i opisivati na tri organizacijske razine: **genetska raznolikost** (odnosno varijabilnost gena unutar populacija i vrsta), **raznolikost vrsta** i **raznolikost ekosustava** (varijacije među ekosustavima, zajednicama, krajolicima). Neki autori dodaju još i raznolikost viših taksonomskih kategorija, koja bi se odnosila na varijabilnost rodova, porodica, redova itd. Stoga struktura bioraznolikosti podrazumijeva jedinice bioraznolikosti, poput nukleotida, gena, podvrsta ili linija, vrsta, biocenoza i ekosustava. Funkciju bioraznolikosti teže je definirati, ali odnosi se na ono što jedinice bioraznolikosti rade, kakvu ulogu vrše te se može iskazati kao funkcionalna i filogenetska raznolikost.

Raznolikost nije jednaka u svim taksonomskim skupinama, a nije jednoliko raspoređena niti geografski. Tzv. vruće točke bioraznolikosti (engl. *hot spots*) su područja izuzetno visoke bioraznolikosti, a često i velikog udjela endema. Danas je opisano oko 1,5 milijuna vrsta, a procjene koliko zaista vrsta živi na Zemlji kreću se između 5 i 30 milijuna vrsta.

Bioraznolikost je moguće izmjeriti, odnosno opisati pomoću funkcionalnih kategorija (npr. vrste, ekosustavi, mjere genetskog polimorfizma) ili pomoću teoretskih kategorija (α , β i γ raznolikost), a možemo ju opisivati na sve tri osnovne organizacijske razine (raznolikost vrsta, gena i ekosustava) iako se najčešće opisuje raznolikost vrsta.

Najjednostavnija mjera raznolikosti vrsta je **bogatstvo vrsta (S)**, što je jednostavno broj vrsta u nekoj zajednici. Uz bogatstvo vrsta često se koristi i **jednoličnost vrsta (E)**, a to je zastupljenost odnosno ravnomjernost vrsta (udio jedinki pojedine vrste). Dominantne vrste u nekoj zajednici predstavljene su većim brojem jedinki (slika 3.).



SLIKA 3. Usporedba dvije zajednice s obzirom na bogatstvo i jednoličnost vrsta.

Kako bi bioraznolikost mogli opisati uključivanjem više mjera (najčešće bogatstva vrsta i jednoličnosti) koriste se indeksi raznolikosti. **Shanon-Weinerov indeks (H)** mjeri

neodređenost kategorije u nekom setu. On je mjera jednakosti, ovisi o broju vrsta i jednakosti njihovih populacija te su njegove apsolutne vrijednosti najveće kada u zajednici ima mnogo vrsta koje su jednolično raspoređene. **Simpsonov indeks (D)** smatra se dominacijskim indeksom jer mu je težina nastrani gustoće najčešćih vrsta. On predstavlja vjerojatnost da dvije jedinke slučajno odabrane iz uzorka pripadaju istoj kategoriji. Što je raznolikost zajednice veća, njegova je vrijednost manja.

$$H = \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \qquad D = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

s - broj vrsta u uzorku

p_i - udio jedinki pojedine vrste u ukupnom uzorku

Teoretske kategorije opisuju bioraznolikost unutar zajednice ili šireg područja. **A – raznolikost ili lokalna raznolikost** jest raznolikost vrsta na malom području koje karakterizira jednolično stanište. To je raznolikost unutar ekološke zajednice. Može se opisati već spomenutim mjerama i indeksima, a može se i prikazati grafički (prikaz K-dominantnosti te prikaz redoslijeda gustoća). **B – raznolikost** jest mjera raznolikosti između različitih zajednica, odnosno prva procjena raznolikosti šireg područja. Ona iskazuje stopu promjene u sastavu vrsta u zajednicama duž nekog ekološkog gradijenta te daje uvid u osjetljivost pojedinih vrsta u zajednicama na promjene u okolišu te u njihove međuodnose. Jednaka je omjeru γ i α raznolikosti. **Γ – raznolikost ili regionalna raznolikost** je ukupan broj vrsta na svim staništima unutar veće regije. Ona je proizvod α – raznolikosti zajednica šireg područja i njihova međusobnog razlikovanja na razini β – raznolikosti.

Kao biolozi, svakako moramo imati u vidu da su mjere i indeksi kojima se uobičajeno opisuju biološka raznolikost matematički način izražavanja bogatstva vrsta i ravnomjernosti njihovih populacija, dok se mnoge bitne biološke značajke samih vrsta pritom ne uzimaju u obzir. Tako, uobičajeni indeksi i metode računanja bioraznolikosti na razini vrsta zanemaruju endemičnost, stupanj ugroženosti, invazivnost, jedinstvenost (filogenetsku, evolucijsku i/ili morfološku), funkcionalne značajke, ulogu u ekosustavu itd.

Genetska raznolikost jest varijabilnost gena unutar populacije, a odražava se kroz stupanj heterozigotnosti u populaciji, broj alela po lokusu te postotak polimorfnih lokusa. Pri opisivanju genetske raznolikosti obično se koriste sljedeće mjere DNK polimorfizma:

- broj haplotipova
- raznolikost haplotipova
- nukleotidna raznolikost
- ukupan broj mutacija
- broj polimorfnih mjesta.

Intraspezijska biološka raznolikost, osim genetske raznolikosti, može se odnositi na morfološku raznolikost, veličinske kategorije, fenotipove i morfotipove, starosnu i spolnu strukturu, intraspezijsku taksonomsku podjelu (podvrste, linije, sorte, pasmine) te eventualnu prisutnost hibridnih biotipova.

Raznolikost ekosustava jest raznolikost različitih tipova zajednica koje formiraju živa bića, odnosi među njima i ekološki procesi. Uzima u obzir varijacije u složenosti biocenoza, uključujući broj ekoloških niša, trofičkih razina i drugih ekoloških procesa te predstavlja najvišu razinu bioraznolikosti.

ZAŠTITA VRSTA I PROCJENA RIZIKA OD IZUMIRANJA

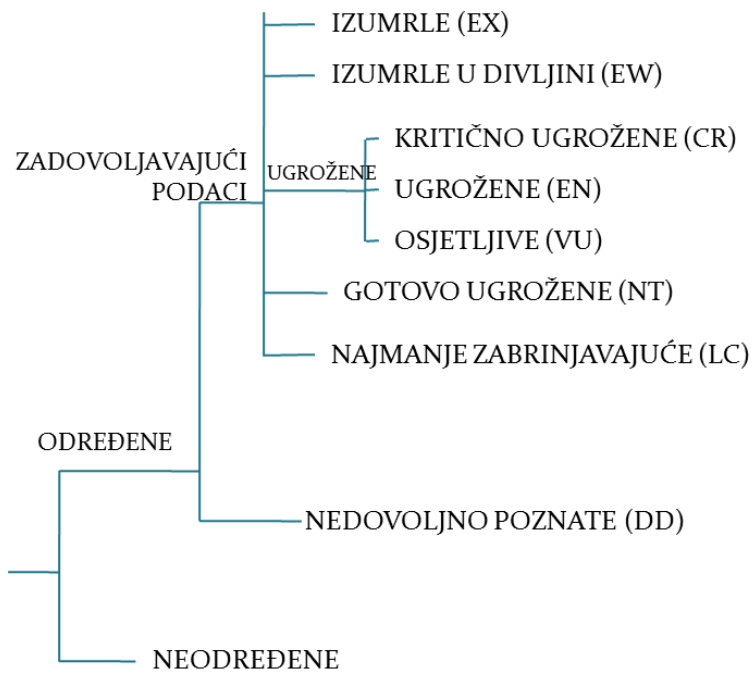
Većina konzervacijskih napora danas se odnosi na zaštitu vrsta. Crvene liste IUCN-a (Međunarodne unije za zaštitu prirode), kao i nacionalne crvene liste zapravo su popisi vrsta (i eventualno podvrsta) koje se smatraju ugroženima. Određivanje stupnja ugroženosti neke vrste zapravo je procjena njenog rizika od izumiranja – procjena kolika je vjerojatnost da će ta vrsta izumrijeti u bliskoj budućnosti, uzimajući u obzir trenutno stanje i trend njenih populacija, rasprostranjenost, kao i trenutne, ali i predviđene prijetnje njenu opstanku. Kategorije i kriteriji Crvenih lista IUCN-a osmišljeni su za korištenje na globalnoj razini. Isti se mogu koristiti i za procjenjivanje rizika od izumiranja na regionalnoj razini, ali se moraju poštivati Smjernice (www.iucnredlist.org).

Kategorije i kriterije Crvenih lista moguće je primijeniti na:

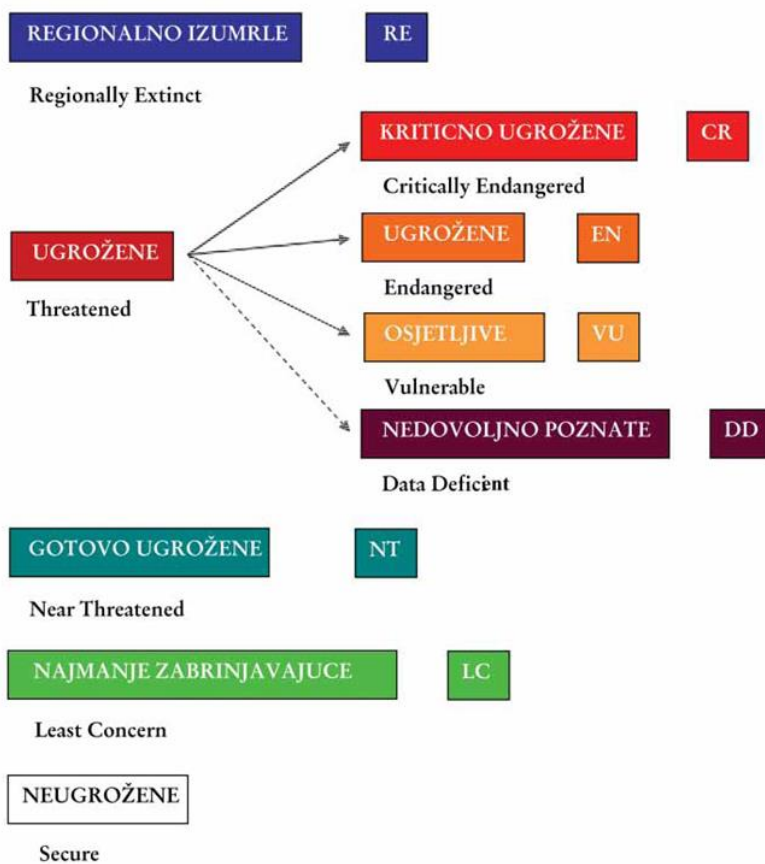
- sve opisane taksonomske jedinice od vrste na niže (vrste, podvrste i varijeteti), osim mikroorganizama. Za neopisane vrste također je moguće izvršiti procjenu, ali pod uvjetom da su jasno prepoznatljive, da je naveden tipski materijal, da postoje podaci o rasprostranjenosti te da će zaštita predstavljati bitnu korist za vrstu
- na divlje populacije unutar njihova prirodnog areala. Primjena na introducirane populacije moguća je samo u slučajevima kada je introdukcija provedena u svrhu konzervacije.

Kategorije i kriteriji Crvenih lista IUCN-a imaju sljedeće svrhe:

- stvaranje sustava kojeg na isti način mogu primijeniti različite osobe
- povećanja objektivnosti
- stvaranja sustava koji omogućuje usporedbe udaljenih taksonomskih jedinica
- omogućavanja boljeg razumijevanja klasifikacije pojedinih vrsta za sve uključene u zaštitu ugroženih vrsta



SLIKA 4. Kategorije ugroženosti prema IUCN-u.



SLIKA 5. Kategorije ugroženosti prema Crvenim knjigama Republike Hrvatske.

KATEGORIJE UGROŽENOSTI (slike 4. i 5.):

IZUMRLA (EX) – vrsta je izumrla kada nema razumne sumnje da je posljednja jedinka uginula.

IZUMRLA U DIVLJINI (EW) – vrsta je izumrla u divljini kada su njene poznate populacije preživjele samo u uzgoju, zatočeništvu ili kao unesene izvan prirodnog areala.

KRITIČNO UGROŽENA (CR) – vrsta suočena s ekstremno visokim rizikom od izumiranja u divljini

UGROŽENA (EN) – vrsta kojoj prijete vrlo velika opasnost od izumiranja u divljini

OSJETLJIVA (VU) – vrsta kojoj prijete velika opasnost od izumiranja u divljini

GOTOVO UGROŽENA (NT) – vrsta koja ne zadovoljava kriterije za uvrštavanje u neku od tri kategorije ugroženih, ali je blizu zadovoljavanja tih kriterija ili postoji velika vjerojatnost da će ih zadovoljiti u bliskoj budućnosti

NAJMANJE ZABRINJAVAJUĆA (LC) – vrsta koja ne zadovoljava kriterije ugroženih kategorije, kao niti gotovo ugroženih, no prisutna je prijetnja njenim populacijama

NEDOVOLJNO POZNATA (DD) – nedostaju prikladni podaci za izravnu ili neizravnu procjenu rizika od izumiranja na temelju stanja populacija ili rasprostranjenosti.

Summary of the five criteria (A–E) used to evaluate if a taxon belongs in a threatened category (Critically Endangered, Endangered or Vulnerable).

Use any of the criteria A–E	Critically Endangered	Endangered	Vulnerable
A. Population reduction Declines measured over the longer of 10 years or 3 generations			
A1	≥ 90%	≥ 70%	≥ 50%
A2, A3 & A4	≥ 80%	≥ 50%	≥ 30%
A1. Population reduction observed, estimated, inferred, or suspected in the past where the causes of the reduction are clearly reversible AND understood AND have ceased, based on and specifying any of the following:			
(a) direct observation			
(b) an index of abundance appropriate to the taxon			
(c) a decline in area of occupancy (AOO), extent of occurrence (EOO) and/or habitat quality			
(d) actual or potential levels of exploitation			
(e) effects of introduced taxa, hybridization, pathogens, pollutants, competitors or parasites.			
A2. Population reduction observed, estimated, inferred, or suspected in the past where the causes of reduction may not have ceased OR may not be understood OR may not be reversible, based on (a) to (e) under A1			
A3. Population reduction projected or suspected to be met in the future (up to a maximum of 100 years) based on (b) to (e) under A1.			
A4. An observed, estimated, inferred, projected or suspected population reduction (up to a maximum of 100 years) where the time period must include both the past and the future, and where the causes of reduction may not have ceased OR may not be understood OR may not be reversible, based on (a) to (e) under A1.			
B. Geographic range in the form of either B1 (extent of occurrence) AND/OR B2 (area of occupancy)			
B1. Extent of occurrence	< 100 km ²	< 5,000 km ²	< 20,000 km ²
B2. Area of occupancy	< 10 km ²	< 500 km ²	< 2,000 km ²
AND at least 2 of the following:			
(a) Severely fragmented, OR Number of locations	= 1	≤ 5	≤ 10
(b) Continuing decline in any of: (i) extent of occurrence; (ii) area of occupancy; (iii) area, extent and/or quality of habitat; (iv) number of locations or subpopulations; (v) number of mature individuals			
(c) Extreme fluctuations in any of: (i) extent of occurrence; (ii) area of occupancy; (iii) number of locations or subpopulations; (iv) number of mature individuals			
C. Small population size and decline			
Number of mature individuals	< 250	< 2,500	< 10,000
AND either C1 or C2:			
C1. An estimated continuing decline of at least: (up to a max. of 100 years in future)	25% in 3 years or 1 generation	20% in 5 years or 2 generations	10% in 10 years or 3 generations
C2. A continuing decline AND (a) and/or (b):			
(a i) number mature individuals in each subpopulation:	< 50	< 250	< 1,000
(a ii) or % individuals in one subpopulation =	90–100%	95–100%	100%
(b) extreme fluctuations in the number of mature individuals			
D. Very small or restricted population			
Either:			
Number of mature individuals	< 50	< 250	D1. < 1,000
Restricted area of occupancy			D2. typically: AOO < 20 km ² or number of locations ≤ 5
E. Quantitative Analysis			
Indicating the probability of extinction in the wild to be:	≥ 50% in 10 years or 3 generations (100 years max)	≥ 20% in 20 years or 5 generations (100 years max)	≥ 10% in 100 years

KRITERIJI IUCN-a ZA PROCJENU RIZIKA OD IZUMIRANJA

Procjena rizika od izumiranja prema kriterijima IUCN-a do sada je izvršena za preko 47500 vrsta (27800 svtkovaca, 7600 beskralješnjaka, 12150 biljaka te 18 gljiva i ostalih organizama). Ugroženima se smatra gotovo 17000 vrsta, no procjena je napravljena za manje od 3% opisanih vrsta, dok je opisano tek 15% ili čak manje od ukupnog broja vrsta.

IZUMIRANJA

Do izumiranja dolazi kad posljednji pripadnik vrste uginu, a možemo ga definirati i kao znanstvenu sigurnost da više nema jedinki neke vrste koje bi se mogle razmnožavati. Stoga za vrste sa spolnim razmnožavanjem gubitak jednog spola također znači izumiranje. FUNKCIONALNO IZUMIRANJE je pad brojnosti populacije ispod kritične razine, kada je vjerojatnost razmnožavanja vrlo mala. LOKALNO IZUMIRANJE označava nestanak pojedinih, lokalnih populacija unutar areala vrste. Lokalnim izumiranjima vrsta koja je nekad bila široko rasprostranjena bude ograničena na nekoliko malih odsječaka pogodnog staništa. EKOLOŠKO IZUMIRANJE jest smanjenje gustoće populacije na tako nisku razinu da, iako je vrsta još uvijek prisutna u ekosustavu, ona nije u interakciji s ostalim vrstama te ne obavlja svoju ekološku funkciju.

S obzirom na izrazit utjecaj koji ljudske aktivnosti imaju na prirodne zajednice te povećanje stope izumiranja znanstvenici smatraju kako se nalazimo u šestom masovnom izumiranju. Procjenjuje se kako je trenutna stopa izumiranja 1000-10000 puta veća od prirodne stope (tzv. pozadinske stope) izumiranja. Prvi vidljiv učinak ljudi na stopu izumiranja očituje se u ekstinkciji velikih sisavaca i ptica iz Australije, te Sjeverne i Južne Amerike nedugo nakon kolonizacije tih kontinenata prije nekoliko desetaka tisuća godina (izumrlo 74-86% megafaune). Od 1600. godine antropološki su uzroci doveli do izumiranja 1.6% od ukupnog poznatog broja vrsta sisavaca te 1.3% od ukupnog poznatog broja vrsta ptica. Nakon 1950. naizgled dolazi do blagog pada stope izumiranja no smatra se kako to nije posljedica smanjenog utjecaja, već uvođenja potrebe za temeljitim, sistematskim istraživanjem prije no što vrsta može biti službeno proglašena izumrlom (u sljedećim godinama se očekuje porast broja proglašenja) kao i prisutnosti tzv. "živih mrtvaca" ili "osuđenika na izumiranje", kako se ponekad nazivaju vrste još uvijek predstavljene populacijama od malog broja jedinki, koje tako mogu opstati godinama pa i desetljećima, no konačna im je sudbina ekstinkcija.

Glavni uzroci izumiranja su:

- destrukcija, degradacija i fragmentacija staništa
- pretjerano iskorištavanje, prelov
- zagađenje
- bolesti
- invazije alohtonih vrsta
- klimatske promjene
- genetski i demografski uzroci (letalne mutacije, smanjenje genetske raznolikosti)
- koekstinkcija – pojava da nestanak jedne vrste uzrokuje izumiranje druge.

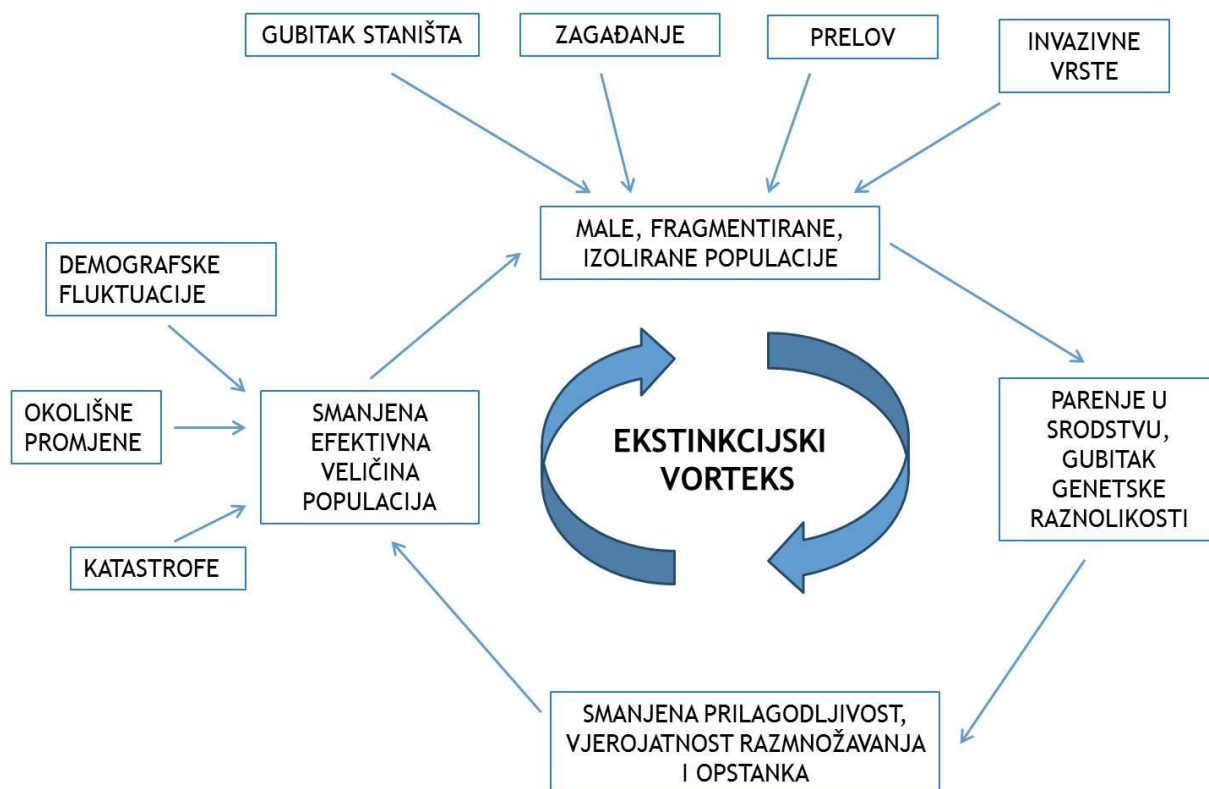
Navedeni pojedinačni uzroci najčešće ne djeluju samostalno i nezavisno jedan od drugoga. Prijetnje i uzroci ugroženosti nisu jednoznačni ni jednosmjerni ni na bilo koji način jednostavni. Oni su svi u različitim oblicima međudjelovanja – jedni izazivaju druge, pojačavaju, rjeđe smanjuju itd. Degradacija i fragmentacija staništa dovodi do smanjenja veličine populacija, odnosno do nastanka malih, izoliranih populacija. Takve su populacije

mного osjetljivije na okolišne fluktuacije i odgovaraju učestalim demografskim fluktuacijama, koje rezultiraju daljnjim smanjenjem populacija. Daljnjim smanjenjem, a moguće već i prvotnim smanjenjem i podjelom javlja se niz genetskih prijetnji. Kao prvo, zbog smanjenih mogućnosti razmnožavanja dolazi do parenja u srodstvu, koje dovodi do pojave depresije inbridinga, odnosno povećane ekspresije štetnih recesivnih alela – to povećanje neminovno dovodi do smanjenja fitnesa najprije jedinki koje posjeduju homozigotne kombinacije štetnih alela, a zatim i populacija i vrsta. S druge strane, ako nekad cjelovita populacija ostane smanjena i/ili podijeljena kroz više generacija, dolazi do smanjenja njene intrapopulacijske raznolikosti nužne za suočavanje s promjenama u okolišu, ali i do akumulacije neželjenih mutacija koje i u pogodnom okolišu dovode do smanjenja fitnesa. Na taj način okolišni, demografski i genetski faktori su u međudjelovanju te se međusobno pojačavaju na štetu populacije u spuštajućoj spirali poznatoj kao EKSTINKCIJSKI VORTEKS ili VORTEKS IZUMIRANJA (slike 6. i 7.). On obuhvaća modele kojima se izumiranja nastoje klasificirati i njihov tijek objasniti s obzirom na njihove uzroke.

Ekstinkcijski vorteks predstavlja najveću prijetnju ugroženim vrstama jer različiti čimbenici djeluju zajedno i vode ka izumiranju, prvenstveno malih, populacija. Prvotni uzrok koji potakne vorteks može biti mali antropogeni zahvat, posve različit od čimbenika koji su u konačnici doveli do izumiranja. Stoga konzervacijsko djelovanje u smislu uklanjanja prvotnog uzorka ne mora dovesti do oporavka populacije.



SLIKA 6. Shematski prikaz ekstinkcijskog vorteksa uzrokovanog promjenama staništa



SLIKA 7. Pojednostavljen prikaz ekstinkcijskog vorteksa.

Kao osobito ugrožene smatraju se rijetke vrste, odnosno vrste predstavljene malim populacijama. Zapravo najveći problem javlja se kod populacija koje su kroz prošlost bile zastupljene većim brojem jedinki, a onda je, u kratkom vremenskom razdoblju uslijed antropoloških aktivnosti došlo do smanjenja populacije. Populacije koje su prirodno male obično su dugotrajnim evolucijskim razvojem prilagođene na malu veličinu i rasprostranjenost te sadrže visok stupanj genetske raznolikosti koji omogućuje prilagođavanje promijenjenim uvjetima, iako ta genetska raznolikost može biti znatno smanjena uslijed razdoblja snažnog selekcijskog pritiska, odnosno nepovoljnih uvjeta.

PROBLEMI MALIH POPULACIJA:

- **SMANJENA GENETSKA RAZNOLIKOST** – najčešće posljedica smanjenja veličine populacija te prirodno male populacije mogu imati vrlo visoku genetsku raznolikost
- **DEPRESIJA USLIJED PARENJA U SRODSTVU** – najvjerojatnija i najizraženija kod vrsta koje su u prošlosti imale velike populacijske veličine; u tim slučajevima skriveni štetni aleli izrazito loše djeluju na jedinke koje se pare u srodstvu nakon što je veličina populacije naglo smanjena
- **ALEE-ev EFEKT** – sa smanjenjem gustoće smanjuje se i mogućnost pronalaska partnera (utvrđena je pozitivna korelacija između gustoće populacije i populacijske stope rasta u malim populacijama)
- **MUTACIJSKO TALJENJE** – hipoteza da u vrlo malim populacijama štetne mutacije postaju šire zastupljene i imaju veći utjecaj na fitnes nego u velikim populacijama

- SELEKTIVNA NEUTRALNOST – pojava da i štetan i koristan alel mogu biti selektivno neutralni ako su zastupljeni u manje od polovice efektivne veličine populacije; u dovoljno maloj populaciji čak i vrlo štetan alel može biti selektivno neutralan te ih se vrlo teško riješiti, a može doći do gubitka selektivno korisnih gena uslijed genetskog drifta

U prošlosti su najveće stope izumiranja bile na otocima s obzirom da otočne vrste obično imaju ograničen areal, populacije malih veličina i mali broj populacija te da su otočne vrste evoluirale uz mali broj kompetitora, predatora i bolesti pa nemaju mehanizme otpornosti. U novije vrijeme sve je viša stopa izumiranja na kopnu te u slatkovodnim sustavima. Za razliku od mnoštva informacija o izumiranjima u kopnenim ekosustavima, nema mnogo dokumentiranih slučajeva izumiranja morskih vrsta (niti jedna riba ni koraljna vrsta, dokumentirano izumiranje 3 morskog sisavca, 5 ptica i 4 mekušaca). Zabilježen broj ekstinkcija u moru gotovo je sigurno podcijenjen.

Izlazak iz ekstinkcijskog vorteksa je ponekad moguć, ali su potrebne djelotvorne akcije na više razina, odnosno na sve procese koji djeluju na populaciju u vorteksu. Zahtjeva složene konzervacijske planove, odnosno kombinacije konzervacijskih odgovora.

Moguće konzervacijske akcije su:

- djelotvorno upravljanje i restoracija staništa
- osnivanje zaštićenih područja i mreže zaštićenih područja
- ograničenje upotrebe pesticida, herbicida i drugih kemijskih polutanata
- uzgoj u zatočeništvu, genetska restoracija i reintrodukcije (uključujući banke sjemena)
- primjena bitnih međunarodnih sporazuma (Konvencija o biološkoj raznolikosti, Konvencija o migratornim vrstama, Konvencija o međunarodnoj trgovini ugroženim vrstama itd.)
- stvaranje inicijativa, osiguranje financijskih sredstva
- opisivanje bioraznolikosti te socijalnih i ekonomskih čimbenika koji na nju utječu
- širenje konzervacijskih informacija, edukacija

I nakon implementacije konzervacijskih mjera i/ili akcijskih planova potreban je monitoring (najčešće dugotrajan) kako bi se postignuti ciljevi mogli usporediti s očekivanjima. Nadalje, važna su dodatna znanstvena istraživanja radi popunjavanja saznanja o ugroženim vrstama.

PRIJETNJE BIOLOŠKOJ RAZNOLIKOSTI

UNIŠTENJE STANIŠTA

Uništenje staništa označava promjenu staništa iz jednog tipa u drugi. Može se raditi o većim ili manjim promjenama, te o promjenama koje ljudi obično ne smatraju "uništenjem" već uređenjem, iskorištavanjem itd. S obzirom na intenzitet utjecaja, odnosno promjene, možemo razlikovati tri tipa uništenja staništa. Degradacijom su zahvaćene samo neke vrste u staništu, a promjena može, ali i ne mora biti trajna. Gubitak staništa utječe na sve ili većinu vrsta u zajednici, a obnova staništa je nemoguća ili dugotrajna. Konverzija staništa predstavlja modifikacije u staništu koje mu mijenjaju ekološke značajke. Konverzija je također redovito praćena gubitkom vrsta, ali na promijenjeno stanište često se nasele druge vrste pa dolazi do promjene sastava biocenoza.

Fragmentacija staništa jest dijeljenje staništa u manje odsječke. Iako tijekom fragmentacije prvotno stanište ne bude uništeno niti promijenjeno, već samo rascjepkano u manje odsječke, većina konzervacijskih biologa danas smatra kako je fragmentacija jednako velika prijetnja biološkoj raznolikosti kao i direktno uništenje staništa.

Gubitak i fragmentacija staništa smatraju se najvećom prijetnjom biološkoj raznolikosti, a eksponencijalno se povećavaju s rastom ljudske populacije. Njihovi osnovni uzroci su: izgradnja, isušivanje močvara, dodavanje nutrijenata, ispaša, kultiviranje, kočarenje, "čišćenje" i "uređivanje" krajolika. Gubitak i fragmentaciju staništa ponekad mogu izazvati prirodni uzroci (vulkani, potresi), no glavni uzrok su ljudske djelatnosti.

IZGRADNJA često u potpunosti uništava stanište (npr. izgradnja naselja) ili dovodi do fragmentacije (npr. izgradnja prometnica, brana). Oko 3% Zemljine površine je urbanizirano no utjecaj urbanih područja (ekološki otisak) znatno je veći, a očituje se kroz uništenje staništa radi izgradnje grada i okolice, veliku koncentraciju ispušnih plinova automobila, sve jače onečišćenje, povećane potrebe za resursima, korištenje vode, potrebu za poljoprivrednim zemljištem, otpadne vode, svjetlosno zagađenje itd.

Negativni učinci POLJOPRIVREDE, osim direktne promjene staništa, također uključuju upotrebu pesticida, umjetnih gnojiva te vode za navodnjavanje.

CRPLJENJE SIROVINA (rudarstvo, crpljenje nafte i plina, ali i crpljenje prirodnih zaliha, osobito kočarenje) često stvaraju veliku i dugotrajnu štetu na staništu.

Fragmentacija obuhvaća dvije komponente: smanjenje staništa i podjelu preostalog staništa u manje, izolirane odsječke, a iz nje proizlazi niz problema za populacije prilagođene određenom staništu i biološku raznolikost:

- smanjenje populacija
- izolacija populacija (sprječavanje migracija) što povećava vjerojatnost izumiranja
- povećan broj predatora, kompetitora i parazita
- stvaranje drukčijih fizikalnih i bioloških značajki u fragmentima od onih koji su vladali u cjelovitom staništu
- veliki problemi za životinje koje imaju veliki radijus kretanja

- povećana stopa parenja u srodstvu
- smanjenje genetske raznolikosti
- povećanje rubnog područja u odnosu na ukupnu površinu → rubni efekt. Naime, okolišni čimbenici u rubnim dijelovima staništa drukčiji su nego u središtu, što dovodi i do razlika u zajednici organizama. Stvaranje manjih odsječaka nekad jedinstvenog staništa dovodi do mikroklimatskih promjena i relativnog povećanja rubnog područja, što ima veliki utjecaj na zajednicu, a i olakšava ulaz predatorima.

Uslijed sve izraženije fragmentacije, preostali prirodni dijelovi staništa nalikuju otocima te je na njih moguće primijeniti postavke otočne biogeografije → broj vrsta na malim otocima rezultat je interakcije dva procesa; kolonizacije i ekstinkcije, a točka na kojoj su ta dva procesa u ravnoteži određuje biološku raznolikost otoka. Kad iz većeg staništa nastane "otok", on je u početku nastanjen većim brojem vrsta no što to može podnijeti ravnotežna točka kolonizacije i ekstinkcije. Zbog toga dolazi do smanjenja broja vrsta do uspostavljanja nove ravnotežne točke (proces poznat kao biotska relaksacija). Zbog visokih stopa kolonizacije i ekstinkcije, dolazi do vrlo brze promjene u sastavu i strukturi vrsta te se sastav zajednice u fragmentima staništa mijenja, čak i ako se ne primijeti veći pad brojnosti vrsta.

Utjecaji fragmentacije na biološku raznolikost nastoje se ublažiti na dva načina: osnivanje rezervata i izgradnja koridora.

ZAGAĐENJE

Zagađenje može biti oblik degradacije staništa, ali može dovesti i do izumiranja vrsta u zajednici bez značajnijeg utjecaja na stanište. Tipovi zagađenja različiti su: kemijsko zagađenje, kruti otpad, plinovi, svjetlosno zagađenje itd. Iako mnogi oblici zagađenja nisu jasno vidljivi, čak ni kad se događaju u našoj neposrednoj blizini, oni imaju velik utjecaj na kvalitetu vode, kvalitetu zraka i klimu, te predstavljaju veliku prijetnju biološkoj raznolikosti, ali i ljudskom zdravlju. Najčešći uzroci zagađenja su: pesticidi, herbicidi, kanalizacija, industrijske kemikalije i otpad, gnojiva te ispušni plinovi tvornica i automobila.

***PESTICIDI**

Opasnost pesticida i problem zagađenja pesticidima postao je očit nakon znanstvenog dokazivanja i objašnjenja procesa biomagnifikacije → akumulacija i koncentracija tvari u prehrambenom lancu. Kod DDT-a i drugih pesticida biomagnifikacija je vrlo izražena. Pesticidi, korišteni za prskanje usjeva radi ubijanja kukaca te prskanje iznad vodenih površina radi ubijanja ličinki komaraca, akumuliraju se u tijelima organizama, osobito na višim trofičkim razinama. Izrazito negativan utjecaj imaju na populacije ptica, naročito grabljivica, koje postaju slabe i podložne bolestima te liježu jaja s tankim ljuskama. S obzirom da pesticidi uglavnom nisu selektivni, osim ciljnih vrsta kukaca, ubijaju i sve ostale vrste, dok su ciljne vrste razvijale otpornost. Nadalje, ispiranjem tla velike količine pesticida završavaju u tlu i u vodenim sustavima gdje djeluju na biološku raznolikost, s tim da su opet najpogođeniji vršni predatori. DDT je u većini razvijenih zemalja zabranjen, no i dalje je prisutan u ekosustavima.

*ZAGAĐENJE VODE

Otpadne vode urbanih područja, kao i industrijske otpadne vode, završavaju (uz različitu razinu pročišćavanja) u jezerima, rijekama i oceanima. Zagađenje vode ima negativne posljedice za organizme koji žive u vodi, ali i za ljude (uništenje izvora pitke vode i prehrambenih namirnica). Pesticidi, herbicidi, uljni proizvodi, teški metali, detergentski sredstva itd. direktno ubijaju mnoge organizme u vodi (ličinke kukaca, riba i vodozemaca) ili znatno mijenjaju okolišne uvjete te na taj način djeluju na vrste. Toksične kemikalije koje u vrlo malim koncentracijama dospiju u vodu mogu dostići letalne koncentracije putem biomagnifikacije. Kako su mnogi vodeni okoliši prirodno siromašni hranjivim tvarima, vrste su razvile evolucijske prilagodbe da filtriraju velike količine vode. Kad takve vrste filtriraju zagađenu vodu, u njihovim se organizmima koncentriraju toksične tvari, koje se zatim nastavlja akumulirati u hranidbenim lancima.

Usljed zagađenja voda stajaćica dušičnim spojevima (eutrofikacija) dolazi do bujanja algi u gornjim slojevima ("cvjetanje algi"). Kao posljedica, stradaju druge planktonske vrste i biljne vrste na dnu (zbog nemogućnosti prolaska svjetlosti), a nakon ugibanja te velike količine algi, na dnu se pojačava mikrobna razgradnja i potrošnja kisika što uzrokuje ugibanje brojnih organizama.

*ZAGAĐENJE ZRAKA

Zagađenje zraka ima izravan i neizravan utjecaj na mnoge vrste drveća, što onda djeluje i na druge organizme te dolazi do promjena u sastavu i strukturi, a ponekad i do potpunog nestanka šumskih zajednica. Osobito su osjetljivi lišajevi te je sastav zajednice lišaja dobar biološki indikator stupnja onečišćenja zraka. Osim šuma, zagađenje zraka djeluje i na druge ekosustave.

Velike količine dušičnih i sulfatnih oksida, koje ispuštaju industrijska postrojenja, u atmosferi se spajaju s vodom tvoreći kiseline → KISELE KIŠE. One znatno smanjuju pH kišnice što uzrokuje slabljenje i umiranje stabala, sniženje pH tla i vode te povećanje koncentracije toksičnih metala u ekosustavima. Povećana kiselost oštećuje mnoge biljne i životinjske vrste ili sprječava odvijanje nekih životnih funkcija (npr. uslijed sniženog pH vode mnoge vrste riba ne mogu se razmnožavati). U takvim vodama, nadalje, ugibaju jajašca vodozemaca i punoglavci te se povećana kiselost, uz zagađenje vode, smatra glavnim čimbenikom ugroženosti vodozemaca diljem svijeta. Usljed povećane kiselosti tla usporava se mikrobna razgradnja, snižava stopa recikliranja mineralnih tvari, a, posljedično, i produktivnost ekosustava.

Automobili, elektrane i industrijska postrojenja otpuštaju ugljikovodike i dušične okside, koji, u prisutnosti Sunčeve svjetlosti, reagiraju s atmosferom i stvaraju ozon i sekundarne kemikalije, tzv. fotokemijski smog. Iako je ozon u višim slojevima atmosfere nužan kao filtrator ultraljubičastog zračenja, visoke koncentracije ozona u nižim slojevima oštećuju tkiva biljaka i čine ih lomljivima. Udisanje ozona i smoga štetno je za ljude i životinje.

Putem kiše i prašine dolazi do odlaganja i taloženja dušika i dušičnih spojeva, koji mogu doseći toksične razine i štetiti biološkim zajednicama.

Olovni benzin, rudarstvo, termoelektrane na ugljen te druge industrijske aktivnosti ispuštaju velike količine olova, cinka, žive i drugih toksičnih metala koji su otrovni za biljke i životinje, ali i ljude.

KLIMATSKE PROMJENE

Ugljični dioksid, metan i drugi plinovi zajedno s vodenom parom u atmosferi zaustavljaju energiju koja sa Zemljine površine odlazi u obliku toplinske energije te usporavaju stopu njenog napuštanja atmosfere i vraćanja u svemir. Na taj način atmosfera djeluje poput staklenika – propušta svjetlosnu energiju prema Zemlji, ali usporava i djelomično zaustavlja povratak energije u svemir nakon što je pretvorena u toplinsku. Znanstvenici smatraju kako upravo taj efekt staklenika i prisutnost tzv. stakleničkih plinova u atmosferi omogućuju bujanje života na Zemlji te bi bez njih temperature na površini Zemlje drastično pale. Međutim, ljudskim je djelatnostima koncentracija stakleničkih plinova znatno povećana te mnogo veća količina energije ostaje zarobljena u blizini Zemljine površine, što uzrokuje porast površinskih temperatura (slika 8.). Većina znanstvenika slaže se da povećana koncentracija stakleničkih plinova (koncentracija CO₂ u atmosferi u posljednjih 100 godina narasla je s 290 ppm na 380 ppm, a metana s 0,8 ppm na 1,7 ppm) već utječe na globalnu klimu (IPCC 2001, Karl & Trenberth 2003).



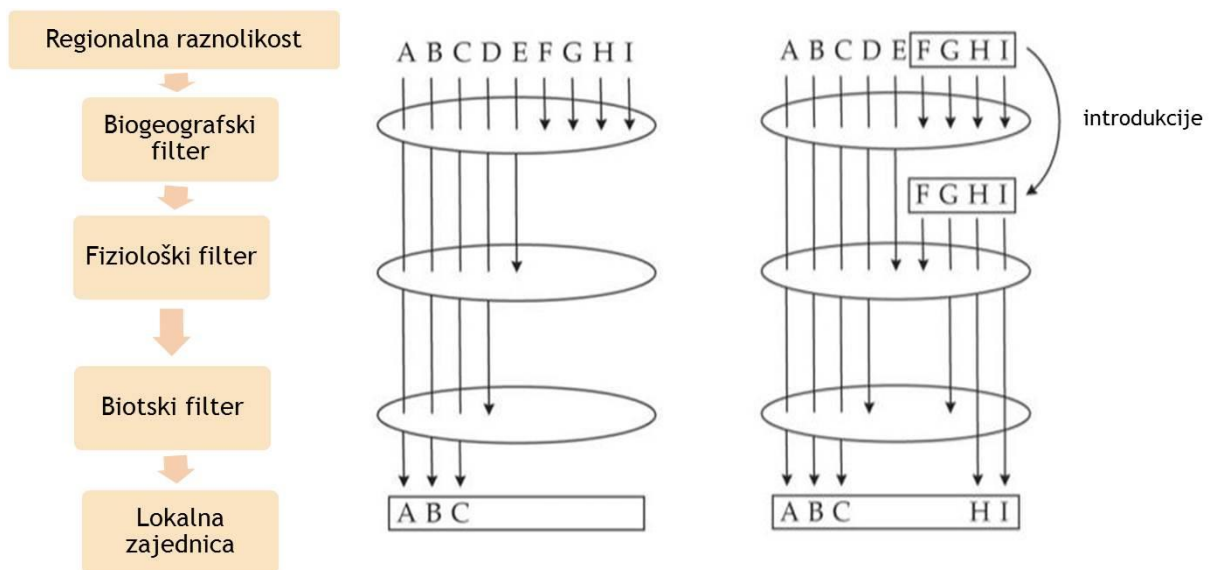
SLIKA 8. Prikaz efekta staklenika u prirodnim uvjetima (lijevo) te u uvjetima povećane koncentracije stakleničkih plinova (desno).

Kao dokazi globalnog zatopljenja smatraju se:

- povećanje temperature
- veća učestalost toplinskih udara
- topljenje ledenjaka i polarnog leda
- dizanje razine mora
- ranije cvjetanje biljaka
- raniji početak proljeća (prolistavanje biljaka, liježenje jaja)
- promjene u arealima vrsta
- opadanje gustoće populacija nekih vrsta.

INVAZIVNE VRSTE

NATIVNE (AUTOHTONE) VRSTE su vrste koje prirodno žive u nekoj zajednici. U toj zajednici one nastanjuju određeno stanište i zauzimaju određenu ekološku nišu. ALOHTONE VRSTE žive izvan svog prirodnog areala, a njihovo je premještanje posljedica ljudskih djelatnosti. INVAZIVNE VRSTE su alohtone vrste koje negativno djeluju na staništa i bioraznolikost. U prirodnim uvjetima širenje vrsta sprječavaju ponajprije geografske barijere, a zatim i fiziološke barijere te odnosi unutar lokalne zajednice (slika 9.). Kada čovjek omogući vrstama prelazak geografske barijere, velik dio vrsta ne uspijeva se prilagoditi na uvjete u novom području niti na lokalnu zajednicu. No dio novounesenih vrsta (koje redovito imaju značajke zahvaljujući kojima mogu postati invazivne) uspostavlja stabilne populacije, dominira zajednicom i dovodi do izumiranja nativnih vrsta.



SLIKA 9. Shematski prikaz prepreka širenju vrsta i sastava lokalne zajednice te promjena nastalih antropogenim introdukcijama (preuzeto iz Rahel (2002): Homogenization of freshwater faunas).

Značajke invazivnih vrsta su:

- imaju malo predatora, kompetitora, parazita i bolesti
- visoke stope razmnožavanja
- dugo žive
- generalisti
- prilagodljive

Značajke biljnih invazivnih vrsta su:

- samooprašivanje
- rano cvjetaju
- stvaraju mnogo sjemena
- daleko raspršuju sjeme
- brzo rastu
- mogu se razmnožavati nespolno

- jaki kompetitori.

Utjecaj invazivnih vrsta može se primijetiti na razini zajednica/populacija i na razini ekosustava.

Na razini zajednica i populacija dolazi do promjena strukture staništa, promjena sastava zajednica, kompeticije za resurse, smanjenja populacija nativnih vrsta, lokalnih izumiranja te smanjenja genetske raznolikosti. Osnovni načini kako invazivne vrste negativno djeluje na nativne su predacija, kompeticija, prenošenje parazita i bolesti, a, ako se radi o srodnim vrstama, također i parenje te hibridizacija.

Na razini ekosustava invazivne vrste mogu uzrokovati promjenu kemizma tla, promjenu vodnog režima, mogu djelovati na geomorfološke procese (erozija, sedimentacija), izmijeniti prirodne fluktuacije te povećati osjetljivost zajednica na katastrofe (npr. požare).

Ljudi su invazivne vrste proširili svijetom dijelom namjerno, a dijelom nenamjerno. Slučajan prijenos obuhvaća prenošenje sjemenaka korovnih vrsta s uzgojnim biljkama; širenje brojnih vrsta kukaca, te štakora i zmija brodovima i avionima; prijenos parazitskih vrsta s domaćinima; prijenos u balastnim vodama brodova. Namjerno prijenos prisutan je još od kolonizacije Novog Svijeta, gdje su europski doseljenici u prirodu pustili stotine europskih vrsta ptica i sisavaca, radi lova i stvaranja domaćeg okružja. Veliki broj ribljih vrsta prenesen je u druge vodotoke radi prehrane i rekreacije. Brojne biljne vrste introducirane su kao ukrasne ili poljoprivredne vrste te kao stabilizatori tla, a mnoge su se, zatim, proširile izvan kultivacija. Namjerno prijenos obuhvaća i introdukciju u svrhu biološke kontrole štetočina i invazivnih vrsta, iako su, u većini slučajeva, svi biološki kontrolori na kraju negativno djelovali na nativnu zajednicu.

S ciljem sprječavanja invazija preporuča se zakonska zabrana, ali i djelotvorna kontrola namjernog prenošenja; uklanjanje invazivnih biljaka u najvećoj mogućoj mjeri mehaničkim metodama; čišćenje brodova (ali i npr. izletničke obuće) prilikom prelaska u drugo područje; regulacija ispuštanja balastnih voda na način da se one ispuštaju u dubokom moru, a ne blizu obale, čime se problem ne rješava, ali se ipak ublažava; pažljivo postupanje prilikom držanja egzotičnih životinja (kućnih ljubimaca, akvarijskih ribica i bilja, živih mamaca itd.).

PREKOMJERNO ISKORIŠTAVANJE, PRELOV

Dok je ljudska populacija bila mala, a metode lova jednostavne, radilo se o održivom lovu i uzimanju biljnih i životinjskih vrsta iz prirode. S rastom ljudske populacije i povećanjem efikasnosti lovnih metoda, prekomjerno iskorištavanje postaje jedna od glavnih prijetnji biološkoj raznolikosti. PRELOV se definira kao uzimanje organizama iz ekosustava od strane ljudi stopom koju populacija ne može podnijeti što dovodi do velikih promjena u sastavu i strukturi biocenoza te do lokalnih izumiranja. Možemo reći da se radi o uklanjanju populacije brže no što se ona može obnoviti, što dovodi do njenog smanjenja. Riječ prelov se najčešće koristi za vodene ekosustave i za prekomjerno ribolov, iako vrijedi i u kopnenim ekosustavima te za druge skupine organizama. Kod ribolova, osim samog intenziteta i prevelikog iskorištavanja ciljnih vrsta, veliki je problem i slučajni ulov – organizmi koji nisu cilj ribolova te su ulovljeni nenamjerno, zbog nedovoljne selektivnosti lovnih metoda, a vrlo

se često uginuli bacaju nazad u more. Godišnji ulov u svjetskim morima je gotovo 100 milijuna tona, od čega je 27 milijuna tona slučajni ulov.

Posljedice prelova su:

- redukcija gustoće populacija
- poremećaji životnog ciklusa
- lokalna izumiranja
- poremećaji trofičkih razina
- promjene strukture ekosustava
- gubitak bioraznolikosti.

S ciljem sprječavanja prelova zakonski se određuju ulovne kvote, koje se temelje na izračunavanju maksimalnog održivog prinosa → najveća količina resursa (vrste, populacije) koju je svake godine moguće oduzeti iz prirode, a da bude nadomještena populacijskim rastom te nema negativnih efekata. Maksimalan održivi prinos odnosi se na gornju granicu iskorištavanja populacije te, ako se prema njemu određuju kvote, u slučaju promijenjenih uvjeta ili zbog pogrešnog izračuna, svejedno može doći do prelova. Nadalje, preporuča se primjena međunarodnih sporazuma (CITES) i kontrola primjene zakona, kao i implementacija projekata koji povezuju zaštitu bioraznolikosti s ekonomskim razvojem na lokalnoj razini.

AUTORICA TEKSTA: Ivana Buj, doc. dr. sc.

U Zagrebu, studeni, 2014.

Skripta je namijenjena studentima kolegija Osnove zaštite prirode i okoliša, kao pomoć pri pripremi kolokvija i ispita.