

ČOVEK I BIOSFERA  
PROBLEMI ČOVEKOVE SREDINE

UDK: 581.5:581.526.3 (497.1)

MILORAD M. JANKOVIĆ

MAKROFITE NAŠE ZEMLJE I MOGUĆNOSTI PROIZVODNJE  
I EKSPLOATACIJE NJIHOVE BIOMASE\*

Intistut za botaniku i botanička bašta, Prirodno—matematički fakultet,  
Beograd, Jugoslavija.

Janković, M.M. (1985): *Macrophytes of our contry and possibilities of their biomass production and exploitation*. — Glasnik Instituta za botaniku i botaničke bašte Univerziteta u Beogradu, Tom XIX, 107—168.

The paper deals with the problem of exploiting and growing aquatic macrophytes in quality of additional phytomass to be used as food or raw material for various purposes as well as sanation measure along water courses (phytosanation). The obtained results have shown that the aquatic plants in our country (particularly in SR of Serbia) may have a considerable and multiple use since large amounts of their phytomass is obtained in the process of organic production.

Key words: aquatic plants, macrophytes, biomass, phytomass, phyto-sanation, aquaplantations.

Ključne reči: vodene biljke, makrofite, biomasa, fitomasa, fitosana-cija, akvaplantaže.

SADRŽAJ

UVOD .....	108
Opšte napomene o produktivnosti ekosistema i Biosfere. Biomasa i produktivnost. Potok energije .....	110
Efektivnost ekosistema .....	114
Ekološke piramide .....	115
Primarna produktivnost ekosistema .....	118
Nekoliko reči o sekundarnoj produktivnosti .....	122

---

\* Studija urađena za projekat „Biomasa” koji je formulisan 1984. godine u Srpskoj akademiji nauka, i koji se smatra vrlo značajnim i perspektivnim; „Biomasa makrofita” je jedan od važnih delova toga projekta.

Jezerski i barski ekosistemi kao tipično stanište makrofita. ....	123
MOGUĆNOSTI NAŠEG PODNEBLJA I OSTALIH SPOLJAŠNIJH PRILIKA (GEOMORFOLOŠKIH, HIDROLOŠKIH I PEDOLOŠKIH) ZA ORGANSKU PRODUKCIJU MAKROFITA U VODENIM BAZENIMA .....	126
OPŠTI POGLED NA DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA MAKROFITA. NJIHOV ZNAČAJ ZA ČOVEKA I ULOGA U BIOSFERI .....	132
1. Uloga i značaj makrofita u stvaranju vegetacije i biosfere Zemlje. ....	133
2. Organska produkcija makrofita i različito iskorišćavanje njihove biomase ...	135
3. Fitofiltraciona uloga makrofita u čišćenju zagađenih voda .....	138
4. Apsorpcija i akumulacija različitih materija od strane makrofita .....	139
5. Mineralizacija i oksidaciona funkcija .....	139
6. Detoksikacija organskih i mineralnih zagađivača .....	140
7. Baktericidna svojstva makrofita .....	140
8. Protivutermički uticaj makrofita u termički zagađenim vodama .....	141
9. Protivurozivni značaj makrofita .....	141
10. Fitosanacija reka i drugih vodenih bazena (bara, jezera, akumulacija) upotrebom i korišćenjem makrofita .....	141
11. Sekundarno biološko zagađivanje vodenih bazena i korišćenje makrofita ....	142
BIOMASA VODENIH MAKROFITA I NJIHOVA ORGANSKA PRODUKCIJA. VODENA VEGETACIJA MAKROFITA U VODENIM BAZENIMA NAŠE ZEMLJE (POSEBNO U SR SRBIJI); KARAKTERISTIKE, EKOLOŠKE OSOBI- NE, RASPORED I SASTAV. ....	145
Uvod. Opšti pogled na jezerski i barski tip ekosistema i raspored makrofita u njima .	145
Kopnene vode .....	147
Stajaće vode .....	147
Ekološke, vegetacijske i florističke prilike u uslovima naše zemlje .....	150
Obim i karakter florističkog fonda makrofita kod nas. ....	153
NAŠE PERSPEKTIVNO NAJVAŽNIJE VODENE MAKROFITE ZA PRODUK- CIJU BIOMASE .....	157
GENETIČKI ASPEKT STVARANJA BIOMASE OD STRANE MAKROFITA. SELEKCIJA I (EVENTUALNO) INTRODUKCIJA. GENETIČKI INŽINJE- RING KAO MOGUĆA PERSPEKTIVA .....	159
O NEKIM DODATNIM MERAMA ZA POVEĆANJE PRODUKTIVNOSTI MAKROFITA .....	161
PODIZANJE VEŠTAČKIH VODENIH BAZENA ZA GAJENJE MAKROFITA. .	163
MOGUĆNOSTI I PERSPEKTIVE .....	163
KRATKI ZAKLJUČCI .....	164

## UVOD

**Biomasa je danas još uvek jedinstveni izvor reverzibilne energije, koji se koristi u širokim razmerama i ekonomski je opravdan. Tu možemo, naravno, navesti i sunčevu, eolsku, geotermalnu, plimnu i toplotnu energiju okeana, ali svi ovi oblici energije su još uvek tehnički nedostupni, neekonomični, skupi u eksploataciji, nepredvidljivi u svojoj dinamici, neravnomerno raspoređeni u geografskom prostoru, itd.**

Do danas su osvojene i komercijalno opravdane samo tri tehnologije konverzije energije: (1) anaerobno raspadanje, (2) alkoholna fermentacija, i (3) direktno sagorevanje biomase radi dobijanja toplote i električne energije. Sada je dosta uspešna i tehnologija prerade gradskih (organskih) otpadaka. Napred navedeni postupci energetskog iskorišćavanja biomase spadaju u prvu grupu tehnologija, široko primenjivanih i još uvek vrlo aktuelnih.

U drugu grupu tehnologija čije će široko komercijalno iskorišćavanje početi, verovatno, do 2000-te godine, spadaju različiti procesi pirolize i gazifikacije biomase. Treća grupa obuhvata tehnologiju biofotolize, usavršene procese gazifikacije, i dr.; svi ovi postupci razviće se posle 2000-te godine, i neće biti, bar ne u početku, široko rasprostranjeni (prema V. V. Barinovu, 1982).

Naravno, biomasa, kao reverzibilna sirovina (jer su njeni producenti — pre svega zelene biljke, stalno aktivne i u perspektivi biće većito aktivne, ako se, u međuvremenu, ne desi nešto katastrofalno sa biosferom), nije značajna samo kao izvor energije, na čemu se danas posebno nastoji, već se može koristiti na različite načine, o čemu već dovoljno svedoči i dosadašnja istorija čovečanstva. Međutim, mi još ni izdaleka ne znamo šta sve (koje sve hemijske materije, na primer), sadrži biomasa pojedinih biljnih i životinjskih vrsta, odnosno pojedinačnih organizama i njihovih populacija, biocenoza i ekosistema u celini, te nam u tom pogledu predstoje mnogobrojna i svestrana istraživanja resursa biosfere, globalno i regionalno, to jest u svakoj zemlji posebno. To čeka i nas, zadatak značajan i perspektivan s obzirom na bogatstvo našeg živoga sveta i raznovrsnost organizama i vrsta u jugoslovenskom delu biosfere.

S druge strane, i sami stvaraoci (tzv. organski producenti) biomase kao krajnjeg produkta pozitivnog metabolizma, pojedinačni organizmi i njihove populacije, odnosno vrste biljaka i životinja, igraju značajnu ulogu u biosferi, imaju raznovrsne i mnogobrojne funkcije, tako da se postavlja pitanje i njihovog korišćenja kao živućih bića koja svojim prisustvom i radom mogu doprineti našoj koristi i rešavanju niza problema sa kojima se danas čovečanstvo susreće, takoreći na svakom koraku i u svakom trenutku.

Kada je reč o zelenim biljkama, dobro su poznate njihove kapitalne i fundamentalne funkcije (bar u osnovnim crtama), a to su **primarna i sekundarna produkcija organske materije** (biomase), u procesu fotosinteze i drugim metaboličkim procesima, koja nam je pre svega jedinstven izvor hrane, i **produkcija kiseonika** takođe u procesu fotosinteze (podproces fotolize), koji na Zemlji niko više primarno ne proizvodi (tzv. **biogeno** poreklo kiseonika); te nezamenljive vrednosti i funkcije zelenih biljaka prisutne su i kod **makrofita**, te se o tome ovde neće posebno govoriti.

Naš zadatak je, upravo, da osvetlimo, pre svega, **ulogu makrofita u procesu stvaranja biomase u Biosferi i perspektivnost njenog iskorišćavanja u energetske svrhe, ali takođe i sve one druge korisne funkcije koje makrofite mogu da nam pruže**. Dakle, kompleksno i kompletno iskorišćavanje makrofita (tj. višelijskih vodenih biljaka, u ogromnoj većini viših biljaka cvetnica, stanovnika vodenih bazena, močvara i ritova), u svim pravcima uticaja, treba da one u ovoj studiji budu što svestranije prikazane.

Međutim, upravo kada je reč o **makrofitama kopnenih voda treba podvući da su one u smislu njihovog iskorišćavanja relativno dosta slabo proučene** (u poređenju sa suvozemnim biljkama), te da se za mnoge oblasti primene i korišćenja makrofita ne može mnogo reći. Što se tiče Jugoslavije (i same SR Srbije), situacija je slična, tako da se u pogledu iskorišćavanja naših makrofita nalazimo tek u pionirskoj fazi. Istina, neke vodene makrofite proučavane su dosta, i kod nas i u svetu (trska — *Phragmites communis*, rogoz — *Typha latifolia* i *T. angustifolia*, vodeni orah — *Trapa* sp.sp.), ali i one najmanje u pogledu produkcije biomase i njenog svestranog iskorišćavanja.

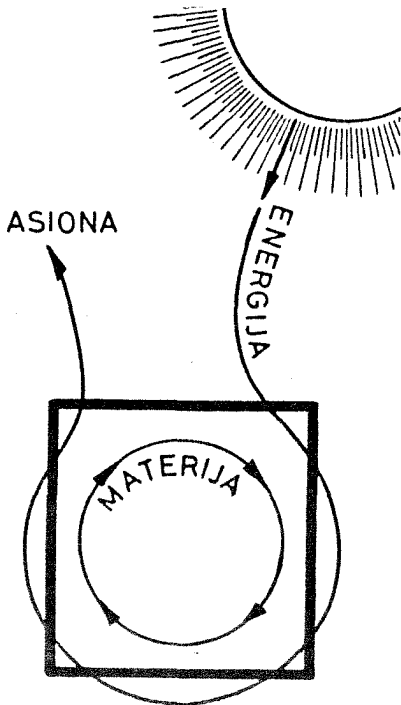
**Opšte napomene o produktivnosti ekosistema i Biosfere.  
Biomasa i produktivnost. Potok energije.**

Za svaki ekosistem karakteristično je i veoma značajno da se u njemu, pre svega kao rezultat fotosinteze, produkuje (stvara) određena količina organske materije. Ukupna količina organske materije nekog ekosistema u datom trenutku naziva se **biomasa**; ona se može izraziti i brojem individua, a takođe i težinski i energetski (u kalorijama, odnosno džulima). Veličina biomase zavisi od karaktera cenobionata (tj. od toga koje su vrste organizama u biocenozi), od uslova staništa i od godišnjeg doba. Ustvari, biomasa zavisi od opšteg karaktera ekosistema; tako, na primer, u pustinjama biomasa je mala, dok je u tropskoj kišnoj šumi naprotiv vrlo velika.

Utvrđivanje veličine biomase značajno je za određivanje karaktera **organske produkcije** određene biocenoze odnosno ekosistema, određenog dela teritorije ili vodene mase. Biomasa se izražava na jedinicu površine (npr. na  $1 \text{ m}^2$ ) zemljišta ili na jedinicu zapremine vode (npr. na  $1 \text{ m}^3$ ).

**Organska produktivnost** je brzina kojom se produkuje (stvara) biomasa u datoj biocenozi; odnosno, drugim rečima, to je količina organske materije (tj. biomase) koju organizmi date biocenoze stvore u određenom vremenskom periodu (npr. u toku jedne godine) na jedinicu površine zemlje ili zapremine vodene mase (za vodene biocenoze). Razlikujemo **primarnu** i **sekundarnu** organsku produktivnost.

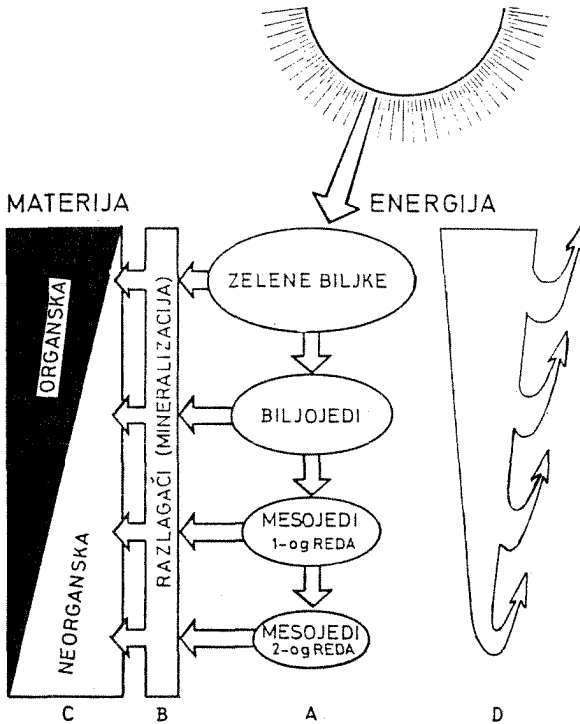
**Primarna produktivnost** ( $P_1$ ) je brzina kojom producenti (tj. zelene biljke) u procesu fotosinteze vezuju Sunčevu energiju, i akumuliraju je u novostvorenim organskim materijama. Naziva se **primarna organska produktivnost** zato što se u toku nje organska



Sl. 1. — Šematski prikaz osnovnih procesa u ekosistemu: energija protiče, materija kruži (po M.M. Jankoviću).

Schematic representation of basic processes in ecosystem: energy flows, matter circulates. (after M.M. Janković).

materija stvara neposredno od neorganske, pri čemu se u njoj zahvaljujući hlorofilnom fotosintetičkom mehanizmu vezuje i određena količina Sunčeve energije. Deo ove materije (što znači i deo energije) koriste same biljke (za disanje, za sintezu novih, različitih materija i izgradnju svojih tkiva i organa, itd.), a deo koriste kao hranu različiti biljojedi organizmi, tj. potrošači prvog reda (među njima i različiti paraziti biljaka).



Sl. 2. — Šematski prikaz trofičkih odnosa i osnovnih metaboličkih procesa u ekosistemima i biosferi u celini: A. ekološka piramida sa trofičkim odnosima između pojedinih kategorija članova biocenoze, B. mineralizacija, u toku koje organizmi razlagači razlažu organsku materiju na svim nivoima trofičke piramide, C. materijalni promet u ekosistemu: ukupna količina materije ostaje ista, ali se menja odnos i količina neorganske i organske materije, koje neprestano prelaze jedna u drugu, D. duž trofičke piramide, od zelenih biljaka pa sve do potrošača i razlagača, prvobitno fotosintezom primljena energija postepeno se degraduje u toplotnu energiju, koja se iz ekosistema i biosfere najzad gubi zračenjem i odlazi nepovratno u vasionški prostor.

Schematic representation of the trophic relations and basic metabolic processes in the ecosystems and the biosphere as a whole: A. ecological pyramid with trophic relations between particular members of the community, B. mineralization in the course of which decomposers decompose organic matter at all levels of the trophic pyramid, C. material exchanges in the ecosystem: total amount of the matter remains unchanged, but the ratio and amounts of the organic and inorganic matter change through continual conversion of one into the other, D. all along the trophic pyramid, from the green plants to the consumers and decomposers, the received initial energy in the photosynthesis becomes gradually degraded into heat energy which is finally irreversibly lost in the cosmic sink.

**Ukupna (bruto) primarna produktivnost ( $P_u$ )** je ukupna produkcija fotosinteze: tu se uključuje ne samo organska materija koja se u datom trenutku nalazi u obliku biljnih tkiva i organa već i organska materija koja je u biljci sagorela disanjem (oksidacijom) pre i za vreme posmatranja.

**Čista (neto) primarna produktivnost ( $P_c$ )** je brzina akumulacije sintetizovane organske materije (bez one količine koja je utrošena disanjem); ustvari, čista produktivnost je, na primer, količina materije koja se može izmeriti posle ubiranja žetve.

Najzad, **sekundarna produktivnost ( $P_2$ )** označuje biomasu koju produkuju potrošači ili koju razlažu u svojim telima bioreducenti. Međutim, sekundarno produkuju i zelene biljke, i to veoma različite materije, na bazi primarno stvorenih materija u procesu fotosinteze. Potrošači se hrane organskom materijom koju su sintetizovali i proizvođači, ali, u procesu sekundarne produkcije, stvaraju od njih druge, svoje specifične organske materije; razlagači iskorišćuju mrtvu organsku materiju. U procesu sekundarne produkcije, bilo kod biljaka bilo kod životinja, jedan deo hemijske energije u organskim materijama se gubi, a takođe se postepeno smanjuje i prvobitna količina organske materije.

Ustvari, postepeno gubljenje prvobitno akumulisane Sunčeve energije karakteristično je za odnose ishrane u ekosistemima i predstavlja jednu od najznačajnijih zakonitosti koje vladaju u njima.

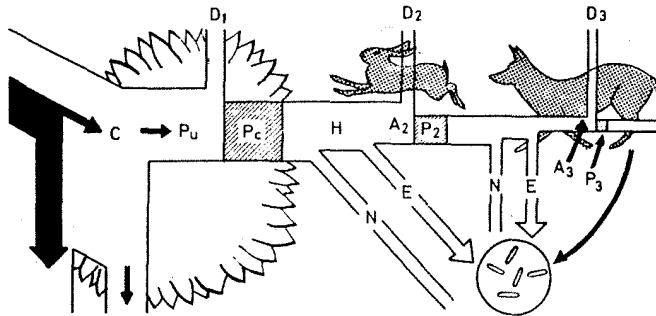
Energetski bilans na jednom trofičnom stupnju (bilo kome) može se uopšteno, predstaviti na sledeći način:

$$N = C + O + E,$$

(pri čemu je  $N$  – energija sintetizovane ili primljene hrane,  $C$  – energija koja se gubi u vidu toplote,  $E$  – ekskrementi i leševi, koje će saprofiti i bakterije iskoristiti,  $O$  – deo energije koja prelazi na sledeći trofički stupanj).

Pri tome, količina energije od jednog do drugog trofičkog stupnja sve više opada:

$$N > O_1 > O_2 > O_3 > \dots > O_n$$



Sl. 3. – Potok energije kroz tri nivoa jednostavnog lanca ishrane: C. svetlost,  $P_u$  ukupna produktivnost,  $P_c$  čista (neto) produktivnost, D. disanje, A. asimilovana materija, H. hrana, N. neiskorišćena energija, E. ekskrementi.

Energy flow across three levels of a simple food chain: C. light ·  $P_u$  total productivity,  $P_c$  . net productivity, D. respiration, A. assimilated matter, H. food, N. unused energy, E. excrements.

U suštini, postoje dva tipa korišćenja organske materije. U prvom slučaju potrošači akumuliraju organsku materiju i time usporavaju brzinu proticanja energije kroz ekosistem (i zelene biljke su svojevrсни potrošači, u tom smislu što i same troše deo materije koju su same sintetizovale). U drugom slučaju, razlagači povećavaju brzinu proticanja, odnosno degradovanja energije; oni samo mali deo organske materije (u leševima i ekstremitetima) koriste za sintezu, dok veliki deo energije oslobađaju u vidu toplote.

Suštinu i karakter proticanja energije kroz ekosistem najbolje ćemo shvatiti na jednom šematskom prikazu potoka energije kroz tri stupnja jednog prostog lanca ishrane (sl. 3).

Od količine svetlosti (S) koja padne na Zemlju zelene biljke samo mali deo iskorišćuju u fotosintezi za stvaranje organske materije (tj. ugljenih hidrata): energija vezana na taj način predstavlja ukupnu (bruto) produkciju ekosistema ( $P_u$ ).

Ovako sintetizovana organska materija služi za stvaranje protoplazme samih biljaka (odnosno njenih tkiva i organa) i za njihovo rasteenje. Za ove procese neophodna je energija, koja se dobija iz sintetizovanih ugljenih hidrata i gubi disanjem u toku čitavog perioda produkovanja organske materije. Imajući ovo u vidu, jasno je da je čista (neto) produkcija ( $P_č$ ) jednaka ukupnoj (bruto) produkciji ( $P_u$ ) manje energija izgubljena disanjem (D):

$$P_č = P_u - D_1$$

Ukupnu produkciju ne možemo neposredno izmeriti. Međutim, zato je lako izmeriti čistu produkciju (koja ustvari predstavlja prisutnu biomasu produkovanu u određenom vremenskom periodu) i gubitak disanjem (na osnovu količine izlučenog  $CO_2$ ). Prema tome, ukupna asimilacija proizvođača, ili njihova bruto—produkcija, može se predstaviti na sledeći način:

$$P_u = P_č + D_1$$

Ovom formulom predstavljen je potok energije koji prolazi kroz trofički stupanj proizvođača.

Deo organske materije koju su stvorile zelene biljke koriste biljojedi kao hranu (H); ostali deo biljaka ostaje neiskorišćen (N), da bi na kraju, posle uginuća biljaka ili odbacivanja pojedinih biljnih delova, postao hrana razlagačima. Od hrane (H) koju su uzeli biljojedi jedan deo se asimiluje ( $A_2$ ), a deo se izbacuje u vidu izlučevina i ekskremenata (E). Od asimilovane hrane ( $A_2$ ) samo se jedan deo iskorišćuje za izgradnju tela biljojeda (to je ustvari sekundarna produktivnost), a drugi deo se troši za dobijanje potrebne energije, koja se oslobađa disanjem u obliku toplotne energije.

Na osnovu ovoga što je rečeno, sekundarna produktivnost (na stupnju biljojeda) može se predstaviti sledećom formulom:

$$P_2 = A_2 - D_2$$

Prema tome, potok energije na prvom stupnju potrošača može se izraziti na sledeći način:

$$A_2 = P_3 + D_3$$

Najzad, na stupnju bioreducenata gotovo čitava prvobitno produkovana biomasa se do kraja razlaže (tj. mineralizuje se), pri čemu se i gotovo ukupna količina hemijske

energije oslobađa i gubi u vidu toplote. Ipak, jedan deo materije (i energije) ostaje u telu bioreducentata (i to se, najzad, gubi kada bioreducenti uginu, a njihova tela se do kraja raspadnu).

Iz svega što je rečeno jasno je da u ekosistemu kroz lance ishrane, od jednog do drugog trofičkog stupnja, količina organske materije postaje sve manja, a takođe da je sve manja i količina u njoj vezane hemijske energije. Održavanje života omogućeno je jedino time što zelene biljke bez prestanka sintetizuju sve nove i nove količine Sunčeve energije. Isto tako, održanje života omogućeno je i time što se stvorena organska materija razlaže do početnih neorganskih materija, koje se opet mogu iskoristiti u stvaranju novih organskih materija.

Organsku produktivnost, ili potok energije koji pri tome teče kroz ekosistem, moguće je izraziti u gramima stvorene materije (odnosi se na suhu težinu) u nekom određenom vremenu. Međutim, iste količine različitih organskih materija ne moraju biti jednake u energetskom pogledu. Zato je najbolje ako se potok energije, koja protiče kroz ekosistem u obliku različitih organskih materija, izrazi u kalorijama (džulima), odnosno u kilokalorijama (= 1000 kalorija). Različite organske materije imaju i različitu energetsku vrednost. Tako na primer, 1 g ugljenih hidrata ima 4 kcal; proteina – 4; lipida – 9; drveta sa stabla – 4,5; živih listova – 4,7; šumske prostirke – 4,5 kcal, itd.

### Efektivnost ekosistema.

Iz dosadašnjeg rečenog, kao i iz šematskog prikaza na sl. 2, proizilazi jasan zaključak da živa bića veoma „loše” transformišu energiju, s obzirom na to da je ta transformacija praćena velikim gubicima (naravno, ova ocena o „lošoj” transformaciji energije kod živih bića vredi samo uslovno, sa gledišta naših ekonomskih i energetskih potreba, ali je svakako savršena sa gledišta opšte ekonomije žive prirode, ekoloških odnosa koji postoje u biosferi, i drugih relevantnih osobina života i uslova pod kojima na Zemlji traje i funkcioniše). Potok energije, tj. potok asimilovane materije duž lanca ishrane, naglo se smanjuje na svakom sledećem trofičkom stupnju. Drugim rečima, transformacija energije, do koje dolazi na različitim stupnjevima lanca ishrane, ima veoma nizak koeficijent korisnog dejstva. Ustvari, tu se može govoriti o biološkoj, odnosno ekološkoj efektivnosti biosfere.

Ekološka efektivnost prirodnog ekosistema može se odrediti odnosom veličine asimilacije na datom stupnju trofičkog lanca prema veličini asimilacije na prethodnom stupnju (izraženo u procentima):

$$\frac{A_2}{P_u} \cdot 100, \frac{A_3}{A_2} \cdot 100$$

Iz ovih formula jasno proističe da je ta efikasnost uvek veoma niska. Drugim rečima, najveći deo energije gubi se odavanjem toplote.

Međutim, treba istaći da **problem nije u količini energije i njenom boljem iskorišćavanju, koliko u mogućnosti stvaranja neograničenih količina organske materije (biomase).** Početni izvori energije (tj. Sunčeva energija) su neiscrpn, dok je ukupna količina potrebne neorganske materije koja je na raspolaganju biljkama za primarnu produkciju veoma ograničena. Ustvari, ta ograničenost početnog materijala ograničava mogućnost vezivanja u hrani većih količina energije pošto za živa bića u obzir dolazi jedino energija koja je vezana za određene materije, tj. organske materije). Zato svak

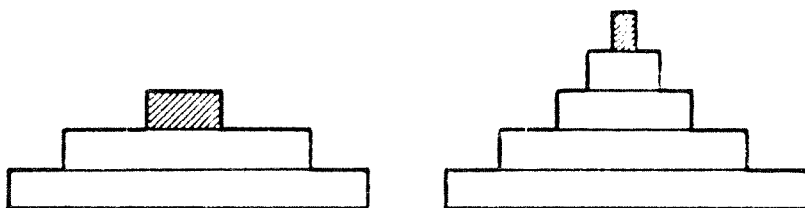


poremećaj ekosistema koji uslovljava gubitke potrebnih materija, što znači da remeti normalni i optimalni tok biogeohemijskih ciklusa, može imati za živi svet teške posledice. U slučaju većih poremećaja, na širim prostranstvima naše planete, te posledice mogu biti katastrofalne i za živi svet i za biosferu u celini. Ovo je od posebnog značaja za održanje ljudi, s obzirom na to što rastuće čovečanstvo ima sve veće potrebe za hranom i biljnim sirovinama, kao i za energijom. Poremećaj biosfere u pogledu organske produktivnosti (pre svega u vezi sa isključivanjem velikih količina početnog materijala iz normalnih oblika kruženja), može prouzrokovati sveopštu glad.

U svetlosti svega što je rečeno, kao i onoga što će se reći na sledećim stranicama, treba posmatrati i naš problem korišćenja biomase, uopšte uzev, a posebno u vezi sa uključivanjem makrofita u utilizaciju njihove organske produkcije.

### Ekološke piramide.

Opadanje količine materije i energije duž lanaca ishrane, od jednog trofičkog stupnja do drugog, može se figurativno predstaviti pravougaonicima koji se postavljaju jedan iznad drugog. Svaki od tih pravougaonika odgovara jednom od trofičkih stupnjeva (tj. stupnju proizvođača, stupnju potrošača prvog reda, itd.). Pri tome, njihova dužina proporcionalna je veličini potoka energije ili produktivnosti svakoga stupnja. Pošto količina biomase i količina energije opadaju duž lanca ishrane, postavljanjem ovih pravougaonika jedan na drugi dobija se slika u obliku piramide (sl. 4). To upravo i jeste ekološka piramida, čiji oblik i veličina slikovito (grafički) prikazuju kvantitativni i metabolički karakter trofičkih i produkcionih odnosa u ekosistemu.

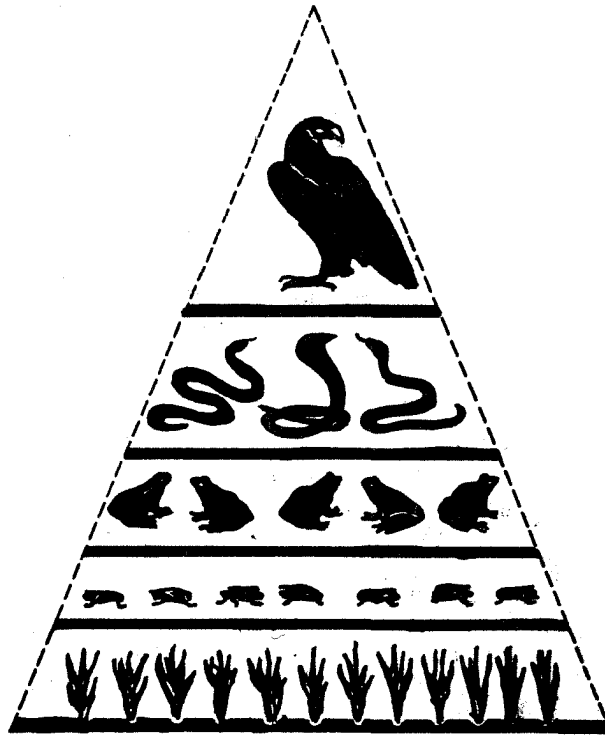


Sl. 4. — Dva različita tipa ekološke piramide: levo — sa manjim brojem članova — (šrafirano, mesojeda životinja na vrhu piramide; jasno se vidi da je značaj ovog poslednjeg člana utoliko manji ukoliko je trofička piramida viša, tj. sa dužim lancem ishrane i većim brojem članova u njemu).

Two different types of ecological pyramids: left — with minor number of members (shaded area — carnivore animal at the top of the pyramid; it is evident that the importance of this final member decreases the higher is the pyramid, i.e. with a longer food chain containing a major number of members).

Osnovu ekološke piramide čine producenti (njih ima najviše), a vrh neka grabljivica; ona u datom ekosistemu obično nema neprijatelja i ona je brojno najmanja (sl. 5).

Ekološka piramida predstavlja pre svega odnose ishrane u datom ekosistemu (trofička piramida), ali i odnose produkcije biomase; ona može da bude predstavljena biomasom ili brojem jedinki na pojedinim stupnjevima (piramida biomase i piramida brojeva); ali, isto tako, može se u njoj prikazati i opadanje energije, odnosno opadanje produktivnosti od nivoa do nivoa (piramida energije i piramida produktivnosti).



Sl. 5. – Uproščena ekološka piramida brojeva, koja predstavlja jednostavan lanac ishrane: trava – skakavci – žabe – stepski orao.  
Simplified ecological pyramid of numbers, representing a simple food chain: grass – grasshoppers – toads – steppe busard.

Veća ili manja zasvođenost strana ekoloških piramida ukazuje na brzinu opadanja biomase odnosno energije, kao i broja jedinki, od početnih do završnih stupnjeva; visina piramide ukazuje na dužinu trofičkog lanca (pri tome, ukoliko je veća dužina lanca utoliko je manje mesojedih grabljivica na vrhu piramide); na slici 5 šematski je prikazana ekološka piramida lanca ishrane u kome je svaki stupanj predstavljen samo jednom vrstom.

Na osnovu određenih podataka moguće je izračunati elemente teorijskog (zamišljenog) ekosistema, koji se sastoji samo od jednog jedinog vrlo primitivnog lanca ishrane. Njegova primarna produktivnost je predstavljena poljem sa lucerkom na površini od 4 hektara. Na tom polju hrane se telad (ona jedu samo lucerku), a tim teladima hrani se potrošač drugog reda (mesojed) – jedan dvanaestogodišnji dečak; njemu je, u ovom slučaju, teletina jedina hrana.

Ovi trofički odnosi jednostavnog ekosistema mogu se predstaviti u obliku tri piramide: piramide brojeva, piramide biomase i piramide energije (sl. 6).

Navedeni teorijski primer dobro pokazuje efektivnost različitih trofičkih stupnjeva, što je prikazano u sledećoj tabeli:

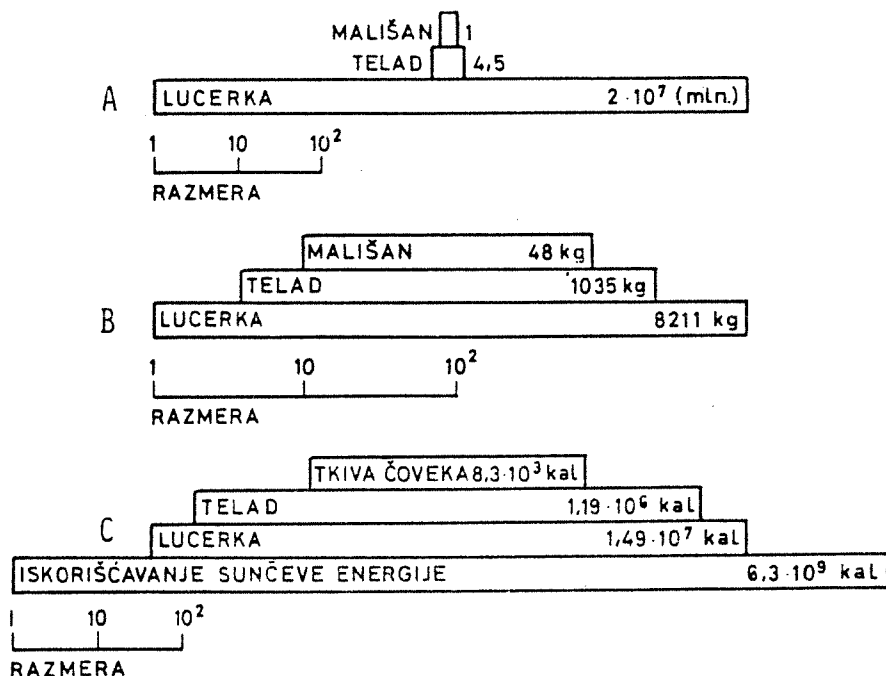
Iz Sunčeve energije lucerka iskorišćuje .....0,24%

Iz energije koju je akumulirala lucerka za akumulaciju organske materije u teladima (tokom njihovog rasteња) u toku jedne godine iskorišćuje se ..... 8%

(koeficijent iskorišćavanja je dosta visok, pošto je lucerka idealna hrana, koja ima malo otpadaka koje telad ne može da jede).

Iz energije, koju su akumulirala telad, za razviće i rasteње dečaka u toku jedne godine (od 12-te do 13-te godine) iskorišćuje se .....0,7%

(koeficijent iskorišćavanja je vrlo mali zato što, osim drugih uzroka, znatan deo biomase teladi nije za jelo).



Sl. 6. – Piramide brojeva (A), biomase (B) i energije (C), koje predstavljaju uprošćen ekosistem; lucerka – telad – dvanaestogodišnji dečak.

Pyramid of numbers (A), biomass (B) and energy (C) representing a simplified ecosystem: alfalfa – calves – twelve years old boy.

Niska efektivna sposobnost fotosinteze (za transformaciju Sunčeve energije u hemijsku energiju biomase), predstavlja opštu prirodnu pojavu. Sa tim se mora računati, pa je povećanje akumulirane Sunčeve energije moguće ostvariti jedino povećanjem površina pod vegetacijom na Zemlji (npr. u pustinjskim oblastima). Smanjivanje koeficijenta korisnog dejstva pri prelasku iz jednog do drugog stupnja trofičkog lanca veoma je izrazito: od Sunčeve energije koja pada na 4 hektara zemljišta pod lucerkom iskorišćuje se jedva nešto više od milionitog dela, pri čemu je ovaj tako mali deo dovoljan tek za ishranu jednog 12-togodišnjeg dečaka. Sva ostala prvobitno akumulirana energija u

potpunosti se gubi (ovo je čisto energetski način razmišljanja; sa biološke i ekološke tačke gledišta stvari izgledaju malo drukčije, ali o tome drugom prilikom).

Imajući u vidu sve ove činjenice, kao i već iznesene da je količina materije koja se na Zemlji može iskoristiti za sintezu organskih jedinjenja veoma ograničena, moguće je da se sa svom jasnoćom shvati sva težina problema u vezi sa ishranom sve mnogobrojnijeg čovečanstva i iskorišćavanjem biomase u energetske svrhe. Zato je jedan od najvažnijih zadataka ne samo ekologije, teorijske i primenjene, već i nauke uopšte, upravo očuvanje prirodnih ekosistema, njihovo poboljšanje i uspostavljanje na površinama koje sada imaju više ili manje pustinjski karakter.

I kada je reč o makrofitama, njihovom gajenju i iskorišćavanju, problemi se u vezi sa time moraju posmatrati u svetlosti svega onoga što je napred rečeno o opštim zakonima i pojavama organskog produktiviteta, odnosno stvaranja i gubljenja biomase.

### Primarna produktivnost ekosistema.

Od prvostepenog značaja za čovečanstvo, za njegovu ishranu i snabdevanje sirovinama biotičkog porekla (pa među njima i onih koje će služiti u energetske svrhe), jeste veličina primarne produkcije biosfere. Ustvari, važno je kakva je primarna produktivnost pojedinih tipova ekosistema (pa među njima i ekosistema makrofita u različitim vodenim bazenima), s obzirom na to što je biosfera u pojedinim svojim delovima nejednorodna u pogledu mogućnosti produkovanja biomase.

Veličina produktivnosti ekosistema na Zemlji veoma je različita, zavisno od morskih ili kontinentalnih uslova, od geografske širine i nadmorske visine, što znači od različitih ekoloških faktora uslovljenih klimatskim i drugim prilikama (npr. karakter podloge).

Sunčeva energija koja dospeva na površinu Zemlje u toku jedne godine iznosi  $5 \cdot 10^{20}$  kcal; u umerenoj zoni to iznosi približno 9 milijardi kilokalorija na 1 hektar u toku godine. Međutim, različiti ekosistemi ovu energiju nejednako iskorišćuju, efektivnost njihove primarne produktivnosti veoma je različita.

Uzmimo kao primer jedan šumski ekosistem. Utvrđeno je da jedan hektar šumske produkcije iznosi prosečno 6 tona drveta i 4 tone listova, što pri sagorevanju daje:

$$27 \times 19 = 46 \text{ miliona kcal.}$$

Uporedivši ovu apsorbovanu količinu energije (46 miliona kcal) sa količinom energije od 9 milijardi kcal koja dolazi do ekosistema, vidimo da šumski ekosistemi veoma malo iskorišćuju prispelu energiju; ona iznosi svega oko 0,5%. Naravno, ovo se odnosi na čistu produkciju; ukupna produktivnost je znatno veća (ipak, zaključak o maloj efektivnosti iskorišćavanja Sunčeve energije vredi i kada se ima u vidu bruto—produkcija).

Na primeru jednog ekosistema bukove šume, u uslovima Srednje Evrope, možemo uočiti neke osnovne momente u procesu primarne produktivnosti, važeće u načelu za sve ekosisteme Zemljine biosfere.

Na sl. 7 prikazan je tok primarne produktivnosti bukove šume u različitim periodima njenog života. Krivulja pokazuje da je produkciona aktivnost ovoga ekosistema najveća u uzrastu bukve od 40 do 60 godina. Tada listovi sintetišu 23,5 tona organske materije na 1 hektar u toku jedne godine; od ove primarno produkovane materije u grane, stabla i korenove akumuliraju se 16,2 tone. Međutim, 40% ove materije utroši se na disanje i opadanje odnosno izumiranje pojedinih delova (listovi, grane, korenovi). Od 7,3 tona

materije koja ostaje u listovima, 65% troši se na disanje (opad mrtvih listova iznosi samo 2,5 tone). Na taj način, oko polovine količine ugljenih hidrata sintetizovanih u toku fotosinteze troši se disanjem (više od 10 t/ha).

Uopšte uzev, može se smatrati da je odlika čiste produktivnosti bukovog šumskog ekosistema u toku godine 12,5 t na ha. To je red veličine koji je konstatovan za produktivnost većine prirodnih i kulturnih ekosistema u Evropi, koji se razvijaju u povoljnim uslovima spoljašnje sredine. Ipak, treba ispravno shvatiti ovo „red veličine“. Značajne razlike ipak postoje, u produktivnosti pojedinih ekosistema, značajne za naše potrebe iskorišćavanja biomase, pri čemu verujemo da vodeni ekosistemi sa makrofitama u uslovima naše zemlje mogu proizvoditi znatno više nego šumski ekosistemi, kako su to neka istraživanja uostalom i pokazala. Podaci u sledećoj tablici to dobro ilustruju.

U sledećoj tablici prikazana je čista primarna produktivnost u nekim kulturnim ekosistemima, i to kako sa srednjim svetskim količinama tako i sa količinama dobijenim u zemljama sa visokom agrotehnikom. U obzir su uzeti svi delovi biljaka, a ne samo oni koji se upotrebljavaju za ishranu.

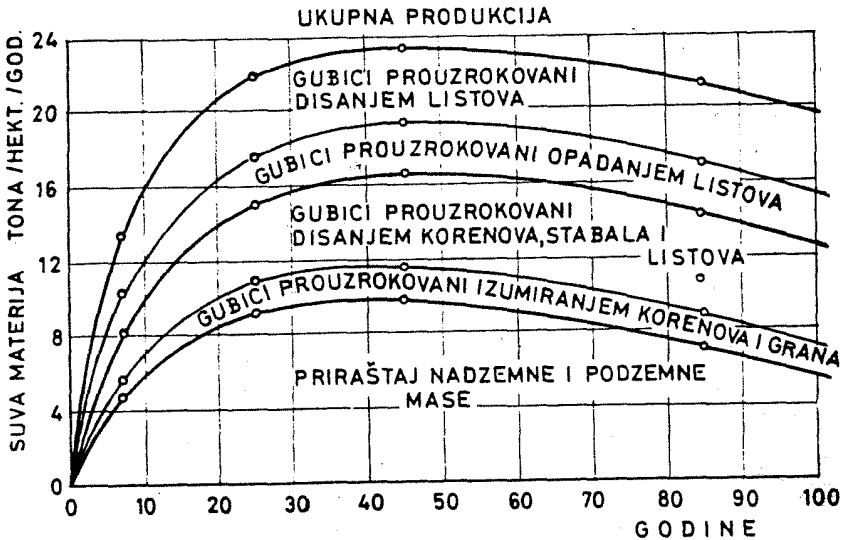
**ČISTA GODIŠNJA PRIMARNA PRODUKTIVNOST NEKIH KULTURNIH EKOSISTEMA (ČITAVE BILJKE) U TONAMA SUVE MATERIJE (na 1 ha)**

Kultura	Srednja svetska produktivnost	Srednja veličina u razvijenim zemljama	Zemlja
Pšenica	3,44	12,50	Holandija
Ovas	3,59	9,26	Danska
Kukuruz	4,12	7,90	Kanada
Pirinač	4,97	14,40	Japan, Italija
Krompir	3,85	8,45	Holandija
Šećerna repa	7,65	14,70	Holandija
Šećerna trska	12,25	43,30	Havaji
Livade	4,20 (SAD)	9,40	Kalifornija

Može se uzeti da prosečna primarna produktivnost za sve tipove vegetacije iznosi oko 10 tona organske materije na 1 ha u toku godine. Međutim, postoje ipak velike razlike u vezi sa spoljašnjim faktorima. U umerenoj zoni produktivnost je ograničena zimskim periodom, dok se u tropskim oblastima ona odvija preko cele godine (tamo gde nema sušnog perioda, koji takođe prekida produktivnost). U godinama sa povoljnim uslovima temperature i vlažnosti produktivnost je znatno veća nego u nepovoljnim godinama. Tako, na primer, utvrđeno je da, u povoljnim godinama, maksimalna produktivnost pšenice iznosi 11,9 t/ha, a šećerne repe 28 t/ha.

Klimatske prilike u pojedinih klimatskim zonama takođe veoma mnogo utiču na veličinu produktivnosti. U visokoplaninskim oblastima, iznad gornje šumske granice, kao i u arktičkoj zoni (tundre), produktivnost je veoma mala: svega 5 ( $\pm$  5) t/ha. Međutim, u ekvatorijalnom pojasu, gde večno zelena vegetacija funkcioniše u vrlo povoljnim uslovima tokom čitave godine, produktivnost je vrlo visoka:

Tundre.....	5 t/ha
Različite biocenoze u ekvatorijalnom pojasu:	
Ekvatorijalna šuma .....	20 t/ha
Savana .....	30 t/ha
Plantaža šećerne trske .....	67 t/ha



Sl. 7. – Produkcija suve materije u šumskom bukovom ekosistemu.  
Production of dry matter in a beech forest ecosystem.

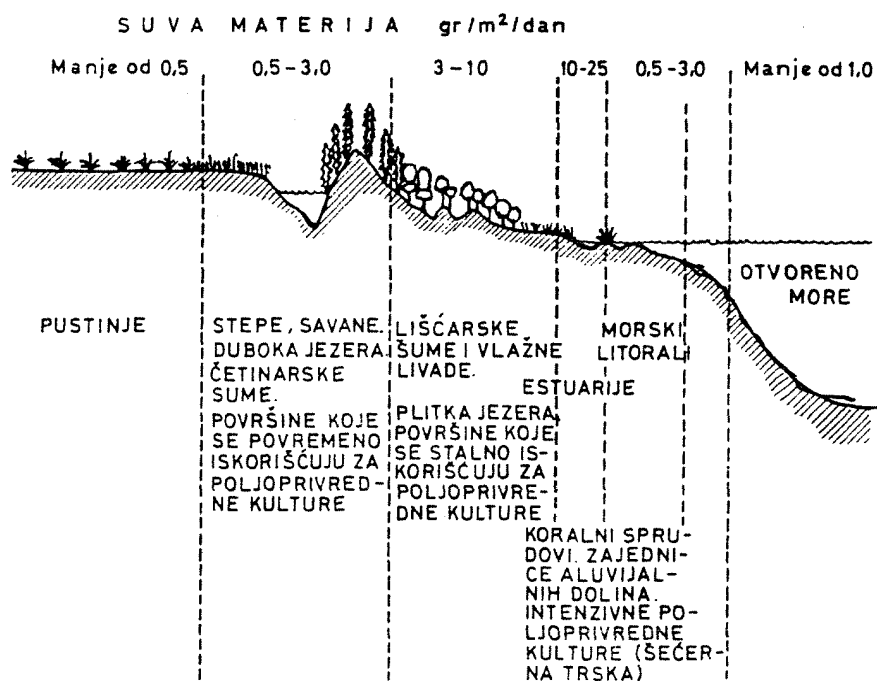
Imajući u vidu sve ove razlike moguće je, uopšteno, dati sledeću šemu rasporeda (svetske) primarne produktivnosti u biosferi (sl. 8), na osnovu ukupne (bruto) produktivnosti u gramima na  $1 \text{ m}^2$  u toku jednog dana. Na osnovu reda veličine produktivnosti možemo izdvojiti tri grupe.

1. **Veoma niska produktivnost** (prosečno svega  $0,1 \text{ g}$ ). – Karakteristična je za pustinje i otvorene okeanske prostore, na relativno velikim dubinama (do  $200 \text{ m}$ ). Ograničavajući faktori u ova dva tipa ekosistema su različiti: u pustinjama nedovoljna vlaga, u okeanima nedovoljna količina potrebnih materija (i sa dubinom oslabljena svetlost).

2. **Srednja produktivnost** (prosečno oko  $1 \text{ g} - 0,5$  do  $3 \text{ g}$ ). – Karakteristična je za livadske zajednice, obalsku zonu u morima i okeanima, kao i za poljoprivredne površine sa lošom agrotehnikom.

3. **Velika produktivnost** (prosečno od  $10$  do  $20 \text{ g}$ ). – Karakteristična je za tropske (vlažne) šume, za poljoprivredne kulture sa primenom visoke agrotehnike, za aluvijalne prostore (npr. vlažne livade), za estuarije i koralne grebene.

Maksimalna moguća produktivnost, izgleda, ne može biti veća od  $25 \text{ g/m}^2/\text{dan}$ , prema nekim autorima (lično, smatram da postoje mogućnosti da se ova prognozirana maksimalna veličina produktivnosti poveća, uz primenu, naravno, odgovarajućih mera i izborom novih ekotipova biljaka).



Sl. 8. — Raspored primarne produkcije na Zemlji, u različitim ekosistemima.  
Distribution of primary production in various ecosystems of the Earth.

Prema tome, zavisno od nepovoljnih spoljašnjih uslova (npr. nedostatak vode i potrebnih mineralnih materija), kao i određenih poremećaja (npr. erozije), različiti ekosistemi ne mogu dostići čak ni onu sadašnju maksimalno moguću produktivnost biosfere, koja je i inače, sama po sebi, sa dosta niskom efektivnošću iskorišćavanja Sunčeve energije. Zato organizovani naponi čovečanstva moraju biti usmereni u pravcu otklanjanja svih nedostataka u ekosistemima koji ne dozvoljavaju postizanje maksimalno moguće produktivnosti.

Postavlja se za nas važno pitanje: gde stoji produktivnost makrofita u ovoj opštoj klasifikaciji produkcionih grupa biosfere? Bez ikakve sumnje možemo reći da je vegetacija mikrofita visokoproduktivni tip ekosistema, te da spada u četvrtu grupu sa velikom produktivnošću od prosečno 10 do 25  $g/m^2/dan$ . Naravno, tu mislimo na naše (jugoslovenske) biljne zajednice makrofita u barama, jezerima, rečnim jezerima, močvarama, ritovim i plavnim odnosno vlažnim livadama, s obzirom na južni (submediteranski i subtropski) položaj naše zemlje. Istina, treba reći da konkretne podatke o stvarnim produkcionim mogućnostima naših makrofitskih zajednica nemamo, jer do sada odgovarajuća istraživanja nisu ni vršena. To je zadatak koji nas tek očekuje. Ali, i ono što se o makrofitama zna za neka druga područja (npr. za Rumuniju, u delti Dunava), naročito za trsku (*Phragmites communis*), govori u prilog našeg shvatanja. Ipak, sve to ostaje da se proverí neposrednim egzaktnim posmatranjima na terenu i eksperimentalnim istraživanjima.

### Nekoliko reči o sekundarnoj produktivnosti.

Pošto se radi o produkciji čitavog ekosistema mada mi govorimo, iz praktičnih razloga, samo o produkciji zelenih biljaka – makrofita), u kojoj se moraju uzeti i svi ostali procesi vezani i za produktivnost odnosno utrošak materije i energije ostalih cenobionata (životinja i mikroorganizama razlagača), potrebno je ukratko reći nešto i o produktivnosti ekosistema kao celine. Pošto se o primarnoj produkciji zelenih biljaka već iznelo dosta podataka (a o toj primarnoj produktivnosti će se u daljem izlaganju uglavnom i govoriti), ovde ćemo se sada zadržati na sekundarnoj produktivnosti potrošača.

Već smo videli da je efikasnost primarne produkcije zelenih biljaka veoma mala i da čini prosečno 0,1–0,3% Sunčeve svetlosti koja pada na Zemlju. Ta efikasnost je mala pre svega u odnosu na karakter aktivnosti fotosintetičkog hlorofilnog aparata (znači, mala efektivnost fotosinteze je karakteristična osobina bioproducenata, tj. zelenih biljaka), ali se još i dalje smanjuje povremenim prekidima fotosinteze u nepovoljnim periodima godine (zima, sušni period, itd.), ili nekom drugom nepogodnošću u spoljašnjoj sredini (nedostatak vode u pustinjama i drugim sušnim oblastima, male količine mineralnih materija u zemljištu, itd.).

Međutim, idući ka sledećim trofičkim stupnjevima, od producenata ka konzumentima, potok energije drastično se smanjuje jer je praćen velikim gubicima (gubitak energije disanjem). Ustvari, najveći deo energije iz primljene hrane troši se za lokomotornu aktivnost (kretanje, trčanje, letenje, plivanje, itd.), koja je neophodna da bi se došlo do hrane (traženje hrane, lovljenje plena, itd.).

Tako, na primer, da bi se sintetizovao 1 kg govedine potrebno je 70 do 90 kg sveže trave (ovde je efikasnost iskorišćavanja svega 1,3–2%). Jedan hektar odlične livade (na kojoj se primenjuju agrotehničke mere) može da obezbedi hranu za dve, pa čak i više krava. Ali, za ispašu na prirodnom stepskom pašnjaku potrebno je 10 do 15 ha samo za jednu jedinu kravu. Znači, određenim agrotehničkim merama moguće je poboljšati efektivnost sekundarne produktivnosti. Ipak, i pored toga nastaju veliki gubici energije i biomase prilikom ishrane potrošača biomasom proizvođača.

Sledeći primer, koji se odnosi na jedan morski ekosistem, jasno pokazuje kakvi su gubici energije od jednog do drugog trofičkog stupnja. U ovom primeru konstatovano je da na 1 m<sup>2</sup> morske površine u toku 24 časa dolazi prosečno 3 miliona kalorija Sunčeve energije. To obezbeđuje produkciju biomase algi koja sadrži oko 9.000 kalorija. Na račun tih zelenih algi razvija se, hraneći se njima, zooplankton čija je kalorijska vrednost sada 4.000 kalorija (znači, u sekundarnoj produkciji zooplanktona izgubilo se oko 5.000 kalorija). Međutim, kalorijska vrednost riba, ulovljenih na tom istom 1 m<sup>2</sup>, iznosi svega 5 kalorija. Prema tome, krajnja produkciona efektivnost ovoga ekosistema iznosi svega 0,00015%. To se može objasniti najpre time što producenti (zelene alge), malo iskorišćuju Sunčevu energiju, a zatim i velikim gubicima energije na svakom stupnju lanca ishrane (od zooplanktona do riba).

Uopšte, biomasa divljih životinja u prirodnim ekosistemima veoma je mala i iznosi svega stoti deo kilograma na 1 hektar. Tako, na primer, u srednjeevropskim šumama na 1 ha površine ukupna biomasa jelena iznosi svega 0,3%, ptica 1,3%, itd. Ukupna količina sitnih sisara nije veća od 5 kg na 1 ha.

U tropskim ekosistemima biomasa životinja može biti veća nego u zajednicama umerenog pojasa. Tako, na primer, utvrđeno je da u afričkim nacionalnim parkovima (delovi nedimute vegetacije koji su stavljeni pod zaštitu) ukupna biomasa krupnih sisara iznosi oko 200 kg na 1 ha.



**U tundrama, kao i u pustinjama, biomasa potrošača može biti veoma mala.**

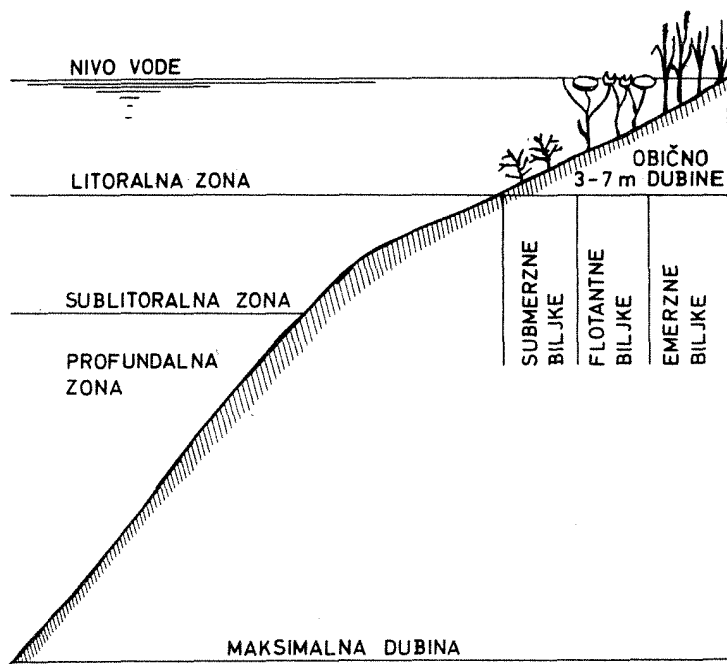
Jednom rečju, veliki gubitak biomase i energije od jednog trofičkog stupnja do drugog karakteristika je svih prirodnih i veštačkih ekosistema. O tome se, svakako, mora voditi mnogo računa prilikom postupanja sa živim svetom i njegovim ekosistemima, odnosno sa biosferom u celini, kako se eventualnim prouzrokovanim poremećajima ne bi ovaj gubitak još više povećao.

Kada je reč o produkciji makrofita, odnosno njihovih zajednica i ekosistema, jasno je da se o ovim gubicima, koji se dešavaju na liniji odnosa ishrane od jednih do drugih trofičkih stupnjeva, mora, u produkcionim kalkulacijama i pospešivanju produkcije, voditi strogo računa.

U sledećem, sasvim kratkom izlaganju, opisaće se struktura i dinamika jednog barskog ekosistema, tipičnog staništa vodenih makrofita, da bi se i docnija, specijalna izlaganja o makrofitama, mogla da bolje i svestranije shvate.

### Jezerski i barski ekosistem kao tipično stanište makrofita.

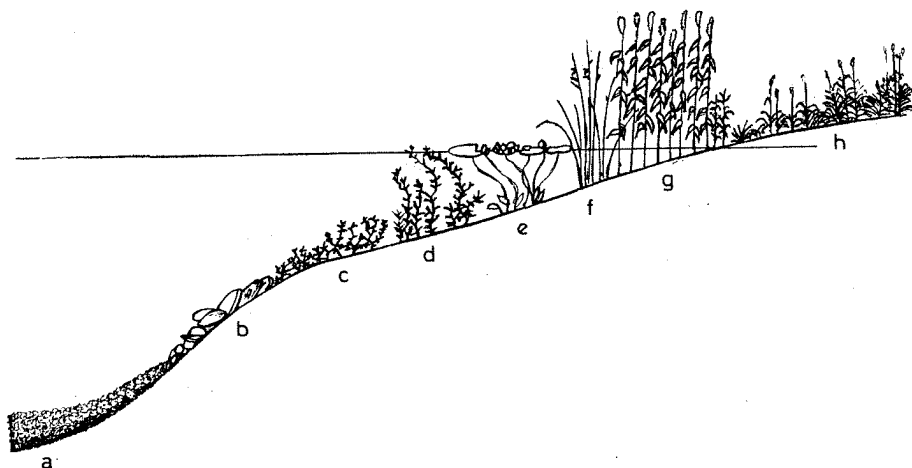
Prostorna organizacija jezerske biocenoze je vrlo izrazita i karakteristična (sl. 9). Ona je pre svega u vezi sa različitom dubinom vode idući od obale ka sredini. U plitkom,



Sl. 9. — Šematski profilni presek kroz jedno duboko jezero. Jasno se vidi da velika dubina omogućuje formiranje profundalne zone, dok je litoralna zona uzana i procesi zarašćivanja odigravaju se samo u njoj.

Schematic profile section of a lake. It is evident that major depth allows formation of the profundal zone, the littoral being narrow and sole subjected to the process of overgrowing.

priobalnom (**litoralnom**) pojasu, koji se u proleće usled male dubine vode brzo zagreva i dobro prosvetljuje Sunčevim zracima, nastanjuje se specifičan živi svet biljaka i životinja (sl. 10). Idući ka sredini jezera voda postaje sve dublja, nastaje **dubinska zona** sa svojim specifičnim organizmima. Za litoralni pojas karakteristična je **vegetacija makrofitskih biljaka**, pre svega cvetnica, ali i makrofitskih alga, koje su uglavnom učvršćene za dno, a za dublju zonu slobodne vode bitni su mikroskopski biljni i životinjski organizmi koji lebde u vodi (**fitoplankton i zooplankton**).

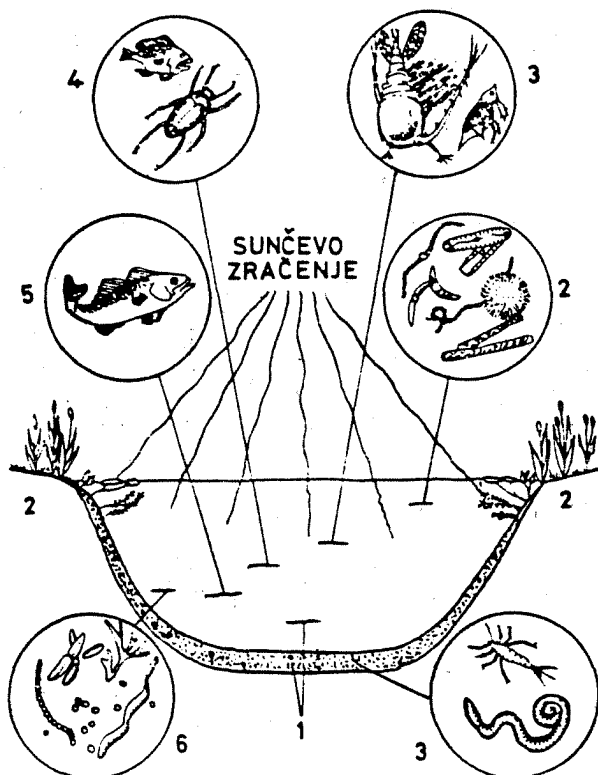


Sl. 10. — Profili kroz jedno pliće jezero, dakle i sa profundalnom zonom (a), zatim intenzivni procesi zarašćivanja: s. pojas makrofitskih algi, d. pojas submerznih biljaka, h. granični pojas litorala sa različitim močvarnim biljkama.

Profile section of a rather shallow lake, hence with profundal zone (a), zone of shells (b) and very developed and diversified litoral zone (c–h), in which intensive processes of overgrowing take place: s. zone of macrophytic algae, d. zone of submerged plants, h. limit of the litoral zone with various marsh plants.

Vegetacija litorala u jezerima i većim barama obično je jasno raščlanjena na nekoliko pojaseva, koji se smenjuju jedan za drugim u vezi sa postepenim povećanjem dubine vode prema sredini (sl. 10). Na samoj obali, čineći prelaz od vodene vegetacije ka močvarnim livadama, nalazi se pojas **emerznih biljaka**, i to najpre vegetacija niskih emerznih biljaka (npr. oštrice, srčak, vodena bokvica, vodena perunika, itd.), a zatim u nešto dubljoj vodi razvijaju se visoke emerzne biljke (trska, rogoz, sita). Na pojas trske i ševara nadovezuje se vegetacija **flotantnih biljaka** (beli lokvanj, žuti lokvanj, rašak, flotantne vrste talasinja, lokvanjić, i druge). U još dubljoj vodi obrazuje se pojas **submerznih biljaka** (kao što su na primer, drezga, rešina, mnoge podvodne vrste talasinja i vodenog ljutića, a takođe i neke makrofitske alge). Pojas submerznih cvetnica može da se pruža i do 6 m u dubokim jezerima, dok se makrofitske alge spuštaju čak i do 20 m (na primer u Ohridskom jezeru). U dubljoj vodi litoralne zone, gde je svetlost u znatnoj meri oslabljena, cvetnice nisu u stanju da opstanu, pa ih tu zamenjuju neke makrofitske alge koje su takvim svetlosnim uslovima bolje prilagođene. Slobodna voda, izvan zone litorala, naseljena je mikrofitskom vegetacijom, koju čine pre svega zelene i modrozeleno jednoćelijske alge, dijatomeje i druge. U ovoj zoni glavnu biljnu masu čini fitoplankton, dok je životinska komponenta zastupljena zooplanktonom.

Osim zooplanktona, životinjski svet u jezerskoj ili barskoj biocenozi zastupljen je i različitim vrstama riba, rakova, puževa, školjki, crva, insekata i drugog. Sa biljnom komponentom i fizičko-hemijskim uslovima koje pruža vodeni biotop životinje čine jedan složen ekosistem, koji je posebno dobro izražen u lancima ishrane (sl. 11).



Sl. 11. – Trofički odnosi u barskom ekosistemu (šematski): 1. osnovna mineralna i organska jedinjenja; 2. biljke proizvođači (fitoplankton i vodene biljke makrofite), 3. zooplankton i bentalne biljojede životinje, 4. mesojede životinje – potrošači drugog reda, 5. mesojede životinje – potrošači trećeg reda, 6. bakterije i gljive – razlagači organske materije.

Trophic relations in a pond ecosystem (schematic): 1. basis mineral and organic compounds, 2. producer plants (phytoplankton and aquatic macrophytes), 3. zooplankton and benthic herbivores, 4. carnivores – secondary consumers, 5. carnivores tertiary consumers, 6. bacteria and fungi – decomposers of the organic matter.

Prvi član u tome lancu predstavljaju **organizmi proizvođači** (zelene biljke), koji uz pomoć Sunčeve svetlosti sintetišu složena organska jedinjenja iz prostih neorganskih materija. U jezerima i barama postoje dva tipa proizvođača: **makrofitska biljka litorala** i **mikroskopske biljke planktona**, koje slobodno lebde u vodi do dubine do koje prodire svetlost. Fitoplankton, koga obrazuju pre svega različite alge, glavni je proizvođač organske materije u velikim jezerima.

**Organizmi potrošači**, čine sledeću kariku u lancu ishrane jednog vodenog ekosistema. Oni ne sintetišu sami organsku materiju, već za svoju ishranu koriste materiju koju su stvorili organizmi proizvođači. Možemo razlikovati nekoliko stepena u nizu organizama potrošača, kcji su predstavljeni uglavnom životinjskim organizmima: potrošači prvoga reda, potrošači drugog reda, i tako dalje. Potrošači prvog reda su oni životinjski organizmi koji se hrane neposredno biljkama i biljnim ostacima (detritusom): to su pre svega mikroskopski organizmi, čiji je glavni elemenat ishrane fitoplankton, kao i čitav niz životinja koje se hrane delovima krupnijih biljaka (npr. puževi) ili biljnim detritusom (na primer mnogi račići, zatim stanovnici jezerskog dna, među kojima i crvi oligohete). Potrošači drugog reda čine oni životinjski organizmi kojima kao hrana služe potrošači prvog reda, znači zooplankton i druge sitne životinje (vodeni insekti, manje ribe itd.). Na kraju ovog potrošačkog lanca su krupne životinjske vrste koje se hrane ostalim životinjskim organizmima. To su pre svega različite grabljive vrste riba (štuka, som itd.), ali i mnoge vodene ptice koje jedu ribe i mekušce, zatim vodene zmije (hrane se žabama), vodeni sisari (npr. vidra), i tako dalje.

Treći izvanredno važni članovi u ovome lancu ishrane su **organizmi razlagači**, koji pretvaraju organska jedinjenja ponovo u neorganska razlažući mrtve ostatke biljaka i životinja — vraćaju, dakle, materiju do početnog stupnja ciklusa. U organizme razlagače ubrajaju se različite bakterije i gljive.

Ova složena slika jednog cikličnog lanca ishrane u vodenim ekosistemima jezerskog i barskog tipa, koji je vrlo značajan za metabolički proces kruženja materije i proticanje energije, postaje još znatno složenija ako imamo u vidu da su mnogi njegovi članovi između sebe u odnosima ishrane višesmerno povezani. Tako, na primer, bakterije predstavljaju osnovne organizme razlagače, pa na taj način stoje na kraju lanca ishrane. Ali, isto tako, one su i važan elemenat ishrane nekih životinjskih organizama jezera i bara, pa se tako uključuju i kao hrana u niz organizama potrošača. Neki životinjski organizmi su istovremeno i potrošači prvog i drugog ili nekog višeg reda, pošto kod životinja uopšte nije retka pojava mešovite ishrane. Oni koriste biljnu hranu, delove biljaka, fitoplankton i detritus (potrošači prvog reda), ali isto tako i neke druge životinjske organizme.

Kada je reč o makrofitama, jasno je da se mora uzeti u obzir ne samo njihova produkcija (primarna i sekundarna), već i potrošnja disanjem (oni su, dakle, i organizmi potrošači).

### **MOGUĆNOSTI NAŠEG PODNEBLJA I OSTALIH SPOLJAŠNIH PRILIKA (GEOMORFOLOŠKIH, HIDROLOŠKIH I PEDOLOŠKIH) ZA ORGANSKU PRODUKCIJU MAKROFITAMA U VODENIM BAZENIMA**

Uopšte govoreći naša zemlja pruža izvanredne mogućnosti za veliku fotosintetsku (primarnu) i sekundarnu produktivnost, tj. za stvaranje biomase. To vredi kako za Jugoslaviju u celini, tako i za samu SR Srbiju. Naravno, nisu svi krajevi naše zemlje jednako potencijalni u pogledu organske produkcije, pa će se morati u daljem istraživanju da produkcione mogućnosti prouče za svaki prostor posebno, takoreći za svaki lokalitet. Danas se smatra da je primena tzv. Patersonovog CVP — indeksa organske produkcije perspektivan put da se dođe do dobrih orijentacionih pokazatelja. Ovde ćemo izneti neka preliminarna istraživanja, koja smo vršili u našoj zemlji, i koja daju vrlo optimističku sliku u pogledu produkcionih mogućnosti Srbije.

U savremenoj ekologiji velika pažnja se poklanja i teorijskom uopštavanju procesa i pojava u vezi sa organskom produkcijom i stvaranjem biomase. U tom smislu mora se sa

svom ozbiljnošću raditi na **matematičkom prilazu** u ekologiji, što u velikoj meri potpomaže ostvarenju napred navedenog cilja. Multifaktorijski odnosi u okviru ekosistema, u poslednje vreme, razmatraju se i tumače i primenom matematičkih modela. Izrada **modela**, u novije vreme, ima značajnu ulogu u ekologiji. Na primer, *Li e t h* (1972) je na bazi modelovanja izradio kartu produktivnosti biljnog pokrivača sveta, koristeći i kompjutersku obradu podataka; *D r o z d o v* (1927) je napravio model u kome je prikazana veza između energetskog bilansa i organske produkcije.

U našoj zemlji postignuti su značajni rezultati u proučavanju raznih aspekata organske produkcije, posebno na organizmičkom i cenotičkom nivou. Posebno značajne rezultate postigli su saradnici Instituta za biološka istraživanja u Beogradu, Odeljenja za fiziološku ekologiju biljaka. Međutim, kada je reč o geografskom aspektu organske produkcije biljnog pokrivača Jugoslavije i Srbije, nalazimo se tek na početku. To je i razumljivo kada se ima u vidu okolnost da se egzaktni podaci regionalne produkcije mogu dobiti tek posle akumulacije brojnih podataka proučavanja na organizmičnom i ekosistemskom nivou.

Istovremeno, treba podvući da su dosadašnja istraživanja organske produkcije i stvaranja biomase u Srbiji vršena u kopnenim, šumskim i livadskim fotocenozama, a da je vodena **vegetacija makrofita** u tom pogledu dosta zapostavljena, sem pojedinačnih radova. Zato će naš zadatak biti u izvesnom smislu i pionirski, i to kako u analitičkom tako i u sintetičkom pogledu, kada je reč o makrofitama.

Polazeći od činjenice da praktično nema podataka o potencijalnoj organskoj produkciji naše zemlje (kako nadzemne vegetacije tako i vodene vegetacije makrofita), pokušaćemo da ukažemo na neke karakteristike ovoga problema i neke puteve za njegovo rešavanje.

U novije vreme pojavljuje se sve veći broj radova koji raspravljaju o primarnoj produkciji (tj. zelenih biljaka) biljnog pokrivača pojedinih oblasti Zemljine površine. Imajući u vidu da je suština fotosintetskog procesa uglavnom konstanta (sa izvesnim rezervama u pogledu dalje optimizacije rada hlorofilnog aparata), da je količina ugljen-dioksida malo promenljiva (ipak, kod vodenih biljaka u vodenim bazenima promenljivija nego kod biljaka u vazdušnoj sredini — ovo je jedan od značajnih aspekata uticanja na poboljšanje produkcije makrofita), a da se režim mineralne „ishrane“, svetlosnih uslova, temperature, itd. može veštački menjati do nivoa koji odgovara optimalnom režimu fotosinteze, za rejoniranje neke teritorije prema potencijalnoj produktivnosti mnogi autori su koristili različite pokazatelje klime. Pri proceni potencijalne biološke produktivnosti koriste se obično klimatski indeksi, koji određuju korelaciju između veličine organske produkcije i najvažnijih bioklimatskih pokazatelja.

*W e c k* (1954), uzimajući kao bioklimatske pokazatelje temperaturu i padavine, predložio je sledeću formulu za izračunavanje klimatskog indeksa organske produkcije:

$$\frac{N}{T + 10} \cdot \frac{n}{92} \cdot \frac{z - 60}{100}, \text{ gde su}$$

$N$  — padavine od maja do jula (u mm),  $T$  — srednja temperatura vazduha od maja do jula ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $n$  — broj dana sa padavinama većim od 0,1 mm u vremenu od maja do jula,  $z$  — broj dana sa pozitivnim srednjim temperaturama, 60 — minimalni broj dana sa pozitivnim temperaturama, neophodan za porast drveća.

U određivanju potencijalne organske produktivnosti biljnog pokrivača nekog rejona mnogo veće priznanje i praktičnu primenu dobio je tzv. **CVP — indeks**, koji je predložio švedski istraživač *P a t e r s o n* (1956). CVP — indeks se zasniva na pretpos-

tavci da su toplota, vlažnost i dužina vegetacijske zone među odlučujućim faktorima od kojih zavisi produktivnost fotosinteze. Na osnovu toga Paterson (1956) je utvrdio klimatski indeks, koji stoji u dobroj korelaciji sa šumskim produkcionim potencijalom pojedinih klimatskih zona, izražen u  $m^3/\text{god}/\text{ha}$ . CVP–indeks se određuje iz klimatskih pokazatelja po ovoj formuli:

$$\text{CVP} = \frac{T_v \cdot N \cdot G \cdot E}{T_a \cdot 360 \cdot 100}, \text{ gde su}$$

$T_v$  – srednja temperatura najtoplijeg meseca,  $T_m$  – amplituda između srednje temperature najtoplijeg i najhladnijeg meseca,  $N$  – godišnja količina padavina,  $E$  – koeficijent evapotranspiracije,  $G$  – trajanje perioda s temperaturama preko  $7^\circ\text{C}$ , pri čemu najmanje tri meseca srednje temperature vazduha ne treba da budu niže od  $6^\circ\text{C}$ ; u početku ovaj period izražavao se u mesecima, a zatim se pokazalo celishodnijim da se izražava u danima.

Pomoću raspoloživih podataka meteoroloških stanica neke zemlje ili područja mogu se izračunati CVP–indeksi za svaku stanicu. Krive sa istim vrednostima CVP–indeksa – klimatozofite, mogu se interpolisati. Klimatozofite dele zemlju na produkzione regione. Ovi podaci mogu poslužiti kao osnova za izradu karata produktivnosti.

W e c k (1960) je nešto modifikovao formulu CVP–indeksa koju je dao P a t e r s o n (1956), imajući u vidu moguće gubitke organskih materija pri disanju, koji su direktno proporcionalni temperaturi vazduha. Modifikovani P a t e r s o n o v CVP–indeks glasi:

$$i = \frac{T \cdot S \cdot P \cdot (G - 2)}{(T_v - 10)}, \text{ gde su}$$

$i$  – klimatski indeks prirasta biomase,  $T$  – amplituda temperature između srednje dnevne maksimalne i srednje noćne minimalne za peirodu vegetacije (u  $^\circ\text{C}$ ),  $S$  – srednja dužina dana za vegetacijski peirodu u časovima,  $P$  – srednja godišnja količina padavina u mm,  $G$  – trajanje vegetacijskog perioda u mesecima (mesece sa srednjom dnevnom temperaturom preko  $10^\circ$ ),  $T_v$  – srednja temperatura najtoplijeg meseca u periodu vegetacije u  $^\circ\text{C}$  (u novije vreme P a t e r s o n period vegetacije izražava u danima, tj. u formuli umesto  $G - 2$  koristi  $G - 60$ ).

Klimatski CVP – indeks bio je predmet razmatranja većeg broja autora (W e c k, P r a d e, S t r i d s b e r g). Ističe se da u njemu nisu obuhvaćeni svi faktori staništa, pre svega kompleks zemljišta, ali se smatra, ipak, da zemljište manje varira od drugih faktora koji su indeksom obuhvaćeni i da je ono, uglavnom, produkt odgovarajuće klime.

Međutim, kada je reč o produkciji makrofita, podloga (dno) u vodenim bazenima (a što znači i hemijski sastav vode) igra veliku ulogu, te od stepena eutrofnosti bare ili jezera zavisi u mnogome i količina produkovane biomase, kao i brzina organske produkcije. Naravno, P a t e r s o n o v CVP–indeks organske produktivnosti uslovljene klimom odličan je pokazatelj potencijalnih mogućnosti podneblja, te u tom pogledu, kao što ćemo videti, naša klima pruža velike mogućnosti. Obogaćivanjem vodenih bazena dodatnim količinama mineralnih materija (đubrenje, usmerena eutrofizacija) – naročito u slučajevima oligotrofnih ili slabo eutrofnih voda (glinovita ili peskovita podloga), mi unosimo značajnu korekciju u produkzione potencijale vodenih staništa i time možemo produkciju biomase makrofita podići u bitnom stepenu.

Kao završna etapa proučavanja organske produkcije biljnog pokrivača (uključujući i vodenu vegetaciju alga i makrofita), zasnovanih kako na konkretnim eksperimentalnim proučavanjima tako i na aproksimativnim proračunima preko klimatskih indeksa, jeste izrada karte produktivnosti. Ovim pitanjem zaokupljena je pažnja, sve više, znatnog broja istraživača (Filzer 1951, Paterson 1956, Lieth 1964, 1972, Bazilević 1965, Bazilević i Rodin 1969, Lieth i Malaisse 1973, i dr.). Osnovni pokazatelji produktivnosti koji se koriste pri kartiranju su količina suve substance, apsorbirana količina CO<sub>2</sub>, vezani ugljenik, energetske vrednosti obrazovane biomase u cal. (džulima). U principu, sva proučavanja produktivnosti mogu se koristiti i za kartiranje, ali se dobijeni rezultati moraju prevesti u neki od navedenih pokazatelja.

U našoj zemlji, poslednjih godina (kako je već rečeno), izvode se brojna ispitivanja vezana za problem organske produkcije uopšte, a naročito produktivnosti pojedinih biljaka odnosno biljnih zajednica. Dosada dobijeni rezultati, ipak, pružaju samo parcijalnu sliku o organskoj produktivnosti pojedinih biljnih vrsta ili fitocenoza. Širi, sveobuhvatniji, uvid u organsku produkciju naše vegetacije i stvaranje biomase širih regiona naše zemlje zasad nemamo. To se naročito odnosi na produkciju biomase vodenih biljaka (makrofita), pa nam u tom pogledu predstoje značajni napori.

Ovom prilikom, kao ilustraciju, pokušaćemo, koristeći Patersonov CVP-indeks, da prikazemo potencijalne mogućnosti organske produkcije i stvaranja biomase (na primeru, pre svega šumskih zajednica – pri čemu treba imati u vidu da su vodene zajednice makrofita, u principu, produktivnije od različitog šumskog drveća i drugih šumskih biljaka), jednog dela naše zemlje – SR Srbije. Ovo zbog toga, što nas i projekat „Biomasa” upućuje pre svega na ovaj deo naše države. Naravno, ovi rezultati imaju opšti, orijentacioni karakter. Određena korekcija mora se učiniti u odnosu na makrofitsku vodenu vegetaciju, ali to je tek zadatak budućih istraživanja. Ipak, osnovni zaključak (koji sledi i koji je vrlo optimističan), u punoj meri vredi i za makrofite, tj. zaključak da je naše podneblje potencijalno visoko produktivno.

CVP-indeksi produktivnosti za pojedina područja SR Srbije iznose:

Subotica	333
Kikinda	352
Novi Sad	385
Sremska Mitrovica	465
Beograd	390
Kragujevac	431
Kraljevo	459
Kruševac	462
Valjevo	536
Čačak	555
Niš	412
Pirot	436
Negotin	448
Prizren	395
Vranje	400
Peć	526

Prema Patersonu, koji je detaljno proučio korelativne odnose CVP-indeksa i realne produktivnosti, skala za prevođenje numeričkih vrednosti CVP-indeksa u količinu obrazovane biomase od strane vegetacije izgleda ovako:

CVP–indeks	m <sup>3</sup> /ha suve materije
0– 25	0
25– 100	1 –3
100– 300	3 – 6
300– 400	6,5
400– 500	7
500– 600	7,5
600– 700	8
700– 800	8,5
800–1000	9
1000–5000	9 – 12
preko 5000	preko 12

Vrednosti CVP–indeksa u SR Srbiji, prema našim podacima (i prema preliminarnim istraživanjima), kao što se može videti, kreću se od 333 do 555. U Vojvodini CVP–indeks se najčešće kreće između 330 i 385, što bi odgovaralo produkciji biljnog pokrivača od oko 6,5 m<sup>3</sup>/ha suve biomase. U centralnom delu Srbije te vrednosti iznose najčešće od 430 do 460. tj. odgovaraju mogućnostima organske produkcije od oko 7 m<sup>3</sup>/ha suve težine. Nešto niže vrednosti su u istočnim krajevima Srbije (cca 400–450) – malo manje od 7 m<sup>3</sup>/ha. Zapadna Srbija odlikuje se najvećim pokazateljima CVP–indeksa (535–555), odnosno oko 7,5 m<sup>3</sup>/ha. Metohija je region SR Srbije gde klimatski i drugi uslovi omogućuju visoku produktivnost vegetacije, što pokazuje i vrednost CVP-a indeksa za Peć, koja iznosi 526 (nešto preko 7 m<sup>3</sup>/ha suve biomase).

Prema Patersonu CVP–indeksi u Srednjoj Evropi obično se kreću između 100 i 300, a u najjužnijim delovima kontinenta – od 300 do 1000. Jugoslavija, odnosno njen istočni deo (SR Srbija), prema bioklimatskim pokazateljima, **ima znatno veće potencijalne mogućnosti organske produkcije biomase biljnog pokrivača od Srednje Evrope.** Buduća proučavanja, zasnovana na kompletnijim podacima, pružiće mogućnost za još svestraniju analizu ovog problema.

Ustvari, ovakva produbljena ispitivanja, uz uzimanje u obzir i svih drugih relevantnih faktora (a ne samo onih koji se uzimaju u CVP–indeksu), istaćiće, svakako (u komparaciji sa drugim područjima Evrope i sveta), specifičnosti našega podneblja sa gledišta tako značajnog problema – kakav je problem organske produkcije biomase zelenih biljaka (uključujući i makrofite), i to kako stvarne tako i potencijalne.

Što se tiče našeg, užeg, problema, znači produkcije biomase, fotosintezom makrofita, CVP–indeksi, koje smo ovde izneli i komentarisali, daju vrlo optimističku sliku. Međutim, pošto se radi o vodenim biotopima, problem vode se postavlja s jedne strane kao ograničavajući faktor, ali, istovremeno, s druge strane i kao faktor koji će, vrlo verovatno, dati veće vrednosti organske produkcije nego što to ukazuju CVP–indeksi, koji se, ipak, pretežno odnose na nadzemnu vegetaciju. Verovatna vrlo visoka produkcija makrofita (uslovljena u osnovi mogućnostima podneblja), biće realizovana jer se odvija u vodenoj sredini, a biće takođe omogućena i mogućnošću dalje eutrofizacije (đubrenjem vodenih bazena) i povećanjem količine CO<sub>2</sub>.

Što se tiče same klimatološke i meteorološke analize u ekologiji je uobičajeno da se primenjuju ombrotermni klimadijagrami po H. Walther-u (i Gossen-u), koji pretežno ukazuju na prisustvo (ili odsustvo), u datom području, sušnog ili polusušnog perioda za vreme vegetacijskog perioda (naravno, ovi klimadijagrami su kompleksni, te ukazuju, na specifičan način, na sve klimatske pokazatelje – ali za naše podneblje koje sagledavamo, sada, u funkciji stvaranja biomase, sušni i polusušni period su od osobitog



značaja). Pored *Valterovog* tipa klimadijagrama vrlo su korisni i klimadijagrami po *Ivanovu*, pošto oni daju i potencijalnu isparljivost na datom mestu. Ovo je od velike vrednosti jer se u našem slučaju radi o vodenim ekosistemima koji, putem isparavanja, gube sa svoje površine veću ili manju količinu vode. Svakako da veći gubitak vode (koji zavisi od potencijalne isparljivosti područja – a što upravo i ukazuju dijagrami po *Ivanovu*), ugrožava naše namere da produkujemo veliku količinu biomase putem fotosinteze makrofita. Vodeni ekosistem treba da radi što duže tokom vegetacijskog perioda, jer to znači i što dužu organsku produkciju vodenih makrofita.

Dakle, buduća istraživanja uloge i mogućnosti klime u produkciji biomase makrofita u Srbiji (i Jugoslaviji u celini) moraju obuhvatiti analizu podneblja pomoću *Pateronovog CVP*-indeksa i pomoću klimadijagrama po *Valteru* i *Ivanovu*.

Od velikog i suštinskog značaja je i prisustvo velikih prostora nižijskog karaktera, pored velikih ravničarskih reka, jer su upravo takvi prostori idealni i za stvaranje vodenih ekosistema jezerskog (rečnog tipa) i barskog karaktera, sposobnih za veliku organsku produkciju svojih makrofitskih ceno-bionata.

U Srbiji i Jugoslaviji takvih prostora ima, ali se ne može reći da su oni preterano veliki. Ti prostori su pre svega Podunavlje, Posavina, Pomurje, Potisje, Pomoravlje, i još neki. U Vojvodini naravno, ovakvi prostori su veliki, te bi, sa gledišta naših pravih interesa, u čitavu ovu akciju trebalo obavezno uključiti i naš deo Panonske nizije (misli se na naučni projekat „Biomasa“) Kosovo i Metohija takođe imaju takvih prostora (mada u manjoj meri i specifičnog karaktera s obzirom na karakter prisutnih reka). Naravno, Posavina u celini, Pomurje, kao i neki drugi predeli u Jugoslaviji, takođe dolaze u obzir za produkciju biomase putem aktivnosti makrofita.

Za Srbiju (a takođe i za najveći deo Jugoslavije), karakteristično je da nema jezera (izuzev veštačkih, kao što je npr. Vlasinsko), naravno jezera u pravom smislu te reči. To znači da u njoj odsustvuju vodeni biotopi sa razvijenim profundalom. Ono što u vodenim basenima naše republike dominira (ili je, najčešće, čak i jedino prisutno), jeste zona litorala, znači pre svega zona makrofita. Zato i naše opredeljenje u pogledu traganja za vodenim producentima biomase treba da bude, nedvosmisleno, na makrofitama cvetnicama.

Tzv. „rečna jezera“, koja su mnogobrojna duž naših velikih reka (mrtvaje, starače, velike i duboke bare, itd.), i nisu jezera u pravom smislu te reči: i ona su gotovo u čitavoj svojoj vodenoj masi zaposednuta makrofitama.

Ova važna činjenica proističe već iz samog osnovnog karaktera nižijskog reljefa naših velikorečnih dolina; one su, dakle, ravne, bez značajno izražene visinske razlike, sa geološkom podlogom koja nije omogućila stvaranje dubokih depresija.

Iz tog razloga i mi ćemo se morati, ako budemo stvarali akvatične plantaže, da orijentišemo na barski tip vodenih ekosistema (sa varijantom tzv. „pseudojezera“) – da koristimo takve već postojeće sisteme ili da u plitkim depresijama upuštanjem vode stvaramo nove, što znači da ćemo se već u startu i iz osnovnih principijelnih opredeljenja odlučiti za organsku proizvodnju makrofita u njihovoj specifičnoj litoralnoj zoni. Međutim, to je upravo i dobro jer u kontinentalnim vodama najveća produkcija biomase ostvaruje se baš u litoralu, delovanjem makrofitskih cvetnica.

Što se tiče već postojećih (i budućih) veštačkih jezera (podizanih za potrebe vodoprivrede i elektroprivrede), ona u tom pogledu mogu samo malo pružiti s obzirom na svoju vrlo specifičnu namenu i na principijelno veliku astatičnost nivoa vode (kao i na neke nepogodne morfometrijske osobine jezerskog korita)

Međutim, neke naknadno stvorene depresije (npr. na površinskim kopovima Kolubarskih rudnika), koje mogu biti duboke i do 100 m, pružaju mogućnost stvaranja

pravih jezera sa razvijenim svim jezerskim zonama. No, o mogućnosti korišćenja ovih novih veštačkih jezera za produkciju biomase biće reči i na drugom mestu ove studije; isto tako, njihovo korišćenje u navedene svrhe zahtevaće naknadna složena i svestrana istraživanja, prethodno teorijska a zatim eksperimentalna i terenska.

Pitanje značaja pedološke podloge (karakter dna vodenih bazena) za kvantitet i kvalitet produkcije biomase od strane makrofita ima prvorazrednu vrednost. Naime, bez obzira na sve pogodnosti podneblja (videli smo da su one za SR Srbiju izvanredne), karakter podloge dna može biti ograničavajući faktor — ili, pak, pospešujući. Uopšte uzet, u tom pogledu naši vodeni biotopi pružaju dobru sliku, dno je uglavnom muljevito i sa velikim potencijalnim mogućnostima za organsku produkciju vodenih biljaka. Ali, postoje ipak i takvi slučajevi da je dno siromašno potrebnim mineralnim materijama i humusom, da se radi o više ili manje бесплодној глинвтовтој или песковтој подлози dna. Razumljivo, u tom slučaju i sama voda nema povoljne uslove za produkciju makrofita.

Ovo siromaštvo u hranljivim materijama posebno se može javiti u naknadno stvorenim veštačkim depresijama, ili već postojećim depresijama u koje se voda naknadno upušta, jer za nove prostore biraćemo svakako ne plodna zemljišta već ona koja za poljoprivredu nisu baš najpogodnija (najproduktivnija, pre svega, već ona manje produktivna). To, naizgled, može smanjiti perspektivu stvaranja većih površina pod akvakulturama i vodenim plantažama.

Međutim, mislim da ni u ovakvim slučajevima problem nije nerešiv: naknadnim đubrenjem vodenih bazena (već postojećih ili veštačkih naknadno stvorenih), smanjiće se njihova oligotrofnost, oni će, već prema slučaju, postajati više ili manje eutrojni.

Ovo pitanje je specifičnog karaktera, vrlo je složeno, te mu se mora posvetiti posebna pažnja. Moguće da je prava perspektiva stvaranja akvakultura i plantaža sa vodenim makrofitama upravo u korišćenju ovih više ili manje oligotrofnih vodenih biotopa.

### OPŠTI POGLED NA DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA MAKROFITAMA. NJIHOV ZNAČAJ ZA ČOVEKA I ULOGA U BIOSFERI.

Makrofitske vodene biljke svestrano su istraživane u mnogim zemljama sveta, takođe i kod nas, s obzirom na njihovu ulogu u ekosistemima i biosferi u celini. Međutim, treba reći da su se ta istraživanja pretežno odnosila na fitocenologiju i idioekologiju vodenih makrofita (i uopšte na biologiju, recimo razviće), a manje na njihov značaj za čoveka; naročito se taj relativno mali interes za praktičnu ulogu vodenih cvetnica odnosi na pitanje njihove organske produkcije i stvaranje biomase za utilizaciju. Istina, trska je i u tom pogledu oduvek bila predmet velikog interesovanja (npr. za korišćenje u građevinarstvu), ali *Phragmites communis* više predstavlja izuzetak u sklopu makrofita. O njoj ćemo u ovoj studiji kazati nešto više, s obzirom da ona i u našoj zemlji predstavlja verovatno najperspektivniju vodenu biljku što se tiče produkovanja biomase i njenog svestranog iskorišćavanja.

Istina, za vodenu vegetaciju postojao je takoreći oduvek veliki interes u praktičnom smislu, ali sa jedne negativne strane: uloga vodenih biljaka kao korova u vodenim bazenima: ribnjacima, kanalima, vodenim plovnim putevima, veštačkim jezerima (vodojažama za potrebe vodoprivrede i elektroprivrede), itd. Zato je posebno nastojalo da se vodena vegetacija makrofita uništava, a manje da se iskorišćava, mada se, upravo u slučaju trske, često uništavanje vegetacije vodenih biljaka (radi različitih sanacija močvarnih terena) spajalo sa njihovim iskorišćavanjem u različite svrhe (kao stočna hrana, kao građevinski materijal, za pokrivanje krovova, itd.).

Razlozi zbog kojih su makrofite, za razliku od alga (posebno u morima), relativno slabo proučavane u pogledu produkcije biomase i njenog iskorišćavanja, leže verovatno u činjenici da su južni delovi Evrope, koji su imali zbog povoljne klime i najproduktivniju vegetaciju makrofita, bili istovremeno i područja sa izuzetno razvijenom poljoprivredom (npr. Panonska nizija, južni delovi Rusije, Balkansko poluostrvo, Apeninsko poluostrvo, itd.). Zato je glavna pažnja upućena poljoprivredi žitarica i drugih kultura, i s tim u vezi potrebi da se bare i močvare isušuju i meliorišu, da bi se dobilo što više poljoprivrednih površina. Drugim rečima, prema barama i močvarama više se imao negativan odnos nego pozitivan, ne samo u pogledu ziratnog zemljišta već i zbog izvora boleština (malaria), kao i prepreka u komunikacijama.

Međutim, situacija se danas bitno menja, te i interes za produkciju makrofita sve više raste. Naime, usled energetske krize i traganja za novim izvorima energije došlo se do zaključka da bi možda biomasa vodenih biljaka bila jedan od perspektivnih izvora energije (transformacijom te biomase u alkohol i metan, na primer), i to upravo biomasa makrofitskih cvetnica, jer ona u uslovima kopnenih voda i predstavlja daleko najveći deo produkcije slatkovodnih bazena.

U toku dosadašnjeg istraživanja, i to pretežno na Evropskom kontinentu (drugi delovi Sveta tek u novije vreme bivaju zahvaćeni tim istraživanjima – Sibir, Južna Amerika, Severna Amerika, itd.), vršena su u sledećim pravcima i sagledana je uloga makrofita i njihov značaj u sledećim okvirima.

1. Uloga i značaj makrofita u stvaranju i strukturiranju vegetacije (biljnog pokrivača) Sveta, u formiranju ekosistema i predela Zemlje i opštem funkcionisanju biosfere. Ovome saznavanju najviše doprinose fitocenološka i idioekološka (sa populacionim) istraživanja makrofita i njihovih zajednica.
2. Organska produkcija makrofita i njihovih zajednica u slatkovodnim bazenima kopna. Biomasa i njen značaj za rešavanje energetskih problema. Različito iskorišćavanje (i perspektive) biomase kao svestrane sirovinske baze.
3. Fitofiltraciona uloga makrofita u čišćenju zagađenih voda.
4. Apsorpcija i akumulacija različitih materija od strane makrofita.
5. Mineralizacija i oksidaciona funkcija makrofita.
6. Detoksikacija organskih i mineralnih zagađivača.
7. Baktericidna svojstva makrofita.
8. Protivutermički uticaj makrofita u termički zagađenim vodama.
9. Protivuerozivni značaj makrofita.
10. Fitosanacija reka i drugih vodenih bazena (bara, jezera, akumulacija) upotrebom i korišćenjem makrofita.
11. Sekundarno biološko zagađivanje vodenih bazena i korišćenje makrofita.

### 1. Uloga i značaj makrofita u stvaranju vegetacije i biosfere Zemlje.

Nekada su makrofite imale daleko veći značaj u vegetaciji i biosferi Zemlje. Danas je ta uloga manja, s obzirom da su mnoga velika prostranstva pod makrofitskom vegetacijom, bare i močvare, jezera i ritovi, isušeni i meliorisani, ili je njihova površina smanjena u većoj ili manjoj meri. Ipak, zajednice vodenih makrofita zauzimaju i danas velike prostore, naročito u nizijama duž velikih ravničarskih reka, doprinoseći tako strukturi i funkcionisanju biosfere na bitan i specifičan način.

Ovu ulogu u funkciji i strukturi biosfere koju igraju makrofite, a koja je, kao i kod svih zelenih biljaka, izražena pre svega u primarnoj produkciji biomase (a zatim i u sekundarnoj), zatim i u primarnom produkovanju kiseonika, doprinoseći tim svojim osnovnim funkcijama i bitnoj funkciji biosfere, zatim i stvaranju specifične osnovne strukture vodene vegetacije, proučava fitocenologija (nauka o biljnim zajednicama) i idioekologija.

U fitocenološkom pogledu vodena vegetacija u svetu je veoma dobro proučena, tako da su, uglavnom, otkrivene, opisane i istražene gotovo sve makrofitske asocijacije. Kod nas, takođe, ova ispitivanja su bila intenzivna tako da smo sa fitocenološke strane veoma dobro upoznali sve naše vodene fitocenoze i vodenu vegetaciju u Jugoslaviji i Srbiji. Ovo je veoma značajna činjenica s obzirom na neophodnu potrebu da se proizvodovanje biomase makrofita prouči i na fitocenološkom nivou.

Što se tiče idioekologije makrofita, ona je takođe postigla značajne rezultate u pogledu poznavanja odnosa pojedinih makrofitskih vrsta prema okolnoj sredini. Ipak, treba reći da idioekološkim proučavanjima nije mogao, razumljivo, biti obuhvaćen čitav fond vrsta vodenih biljaka, već samo njihov izvestan broj. U tom pogledu gotovo da je najviše proučavana trska (*Phragmites communis*), a zatim sita (*Scirpus lacustris*), beli i žuti lokvanj (*Nymphaea alba* i *Nuphar luteum*), *Trapa* (vrste oraška), rogoz (rod *Typha*), i druge. U našoj zemlji idioekološka istraživanja makrofita bila su dosta ograničenog karaktera, mada je jedna biljka — vodeni orah (sa nekoliko vrsta, tj. *Trapa* sp.sp.) proučena gotovo monografski od strane M. M. Jankovića (M. M. Janković, veliki broj radova, kao i nekih drugih autora — pre svega Jelena Blaženčić). Ova idioekološka proučavanja makrofitskih vrsta tek nam predstoje, i biće neophodna i za najoptimalnije rešenje problema maksimalne produkcije biomase vodene vegetacije, njenoga iskorišćavanja i odbira najpovoljnijih vrsta.

Ustvari, dobro poznavanje idioekologije pojedinačnih vrsta makrofita i cenologije njihovih zajednica, preduslov su za svakako ozbiljnije angažovanje u nastojanju da se i biomasa vodene i močvarne vegetacije uključi u proces dobijanja energije, u nastojanju da se makrofitska biomasa svestranije iskorišćava kao jedna od osnovnih sirovina koju daje biljni pokrivač naše zemlje.

Naša zemlja obiluje velikim brojem makrofitskih vrsta, čak veoma velikim, dok se fitocenološka struktura vodene i močvarne vegetacije odlikuje velikom raznovršnošću i bogatstvom različitih asocijacija. Ustvari, upravo je bitno, sa gledišta produkcije značajnijih količina biomase, da na našim prostorima postoji veliki broj makrofita prilagođenih najraznovrsnijim uslovima vodenih i močvarnih staništa, koje, dakle, mogu proizvodovati biomasu, u najraznovrsnijim uslovima spoljašnje sredine. Istovremeno, postoji, kako je već rečeno, i veliki broj zajednica vodenih i močvarnih biljaka, takođe prilagođenih, kao celina, da produkuju u najraznovrsnijim uslovima biotopa. Sa te strane, fitocenološke, postoje dakle u našoj zemlji takođe velike mogućnosti za organsku produkciju.

Najviše podataka o idioekologiji i fitocenologiji vodenih i močvarnih biljaka može se naći u knjigama „Hydrobotanik”, autora F. Gessner-a (1955–1959.), i „Ökologische Charakteristik der Wasser- und Sumpfpflanzen in den slowakaischen Tiefebene”, autora S. Hejny-a (1960.). Za našu zemlju na vodenim i močvarnim biljkama najviše su radili M. M. Janković, S. Horvatić i Ž. Slavnić pa se o idioekologiji i fitocenologiji jugoslovenskih makrofita najviše može naći u knjigama i prilogima ovih autora.

## 2. Organska produkcija makrofita i različito iskorišćavanje njihove biomase.

Prema nekim mišljenjima sve vodene bazene na kopnu možemo smatrati zeleno-plavom njivom, s obzirom na biomasu koja se u njima stvara i koja se žetvom može ubrati i koristiti dalje na različite načine. Ta specifična „njiva” predstavlja na kontinentima i u Evropi neizmerno prostranstvo. U našoj zemlji tek treba da se vidi, daljim istraživanjima, koliko je to naše prostranstvo „zeleno-plave” njive, koje bi došlo u obzir za eksploataciju biomase makrofita.

Prethodno treba reći da je iskorišćavanje bogatstava vodenih bazena kopna još uvek tehnički nerazrađeno, ali da i prethodne biološke (ekološke i cenološke) osnove nisu u dovoljnoj meri razrađene, gledajući u celini. Taj zadatak, tehničke razrade iskorišćavanja bogatstava „zeleno-plavih” njiva i naučne zasnovanosti prakse koja bi se ticala svih aspekata utilizacije slatkovodnih bazena očekuje i nas, u Jugoslaviji i Srbiji.

Pored fitomase, koja je rezultat aktivnosti makrofita, treba spomenuti i sledeće oblike bogatstava u vodenim bazenima na kopnu: ribni resursi, krznarske životinje (ondatra, nutrija, vidra, bizamski pacov, dabar, itd.), koji se nalaze u priobalnoj vegetaciji močvarnih biljaka, kao što je trska. Takođe su tu i velika jata različitih ptica, značajne lovne i privredne vrste (patke, guske, ždralovi, pelikani, čaplje, i mnoge druge) /

Što se tiče fitomase, svake godine ona se obrazuje u slatkovodnim bazenima u mnogo miliona tona dragocene suve materije vodenih i močvarnih biljaka. Međutim, upravo je ta ogromna biomasa ostala nedovoljno proučena i iskorišćavana, kako je u ovoj studiji već nekoliko puta rečeno, tako da nemamo ni dovoljno podataka o mogućnostima za proizvodnju biomase koju poseduju odgovarajuće biljne vrste makrofita i njihove zajednice.

Interesantan je i optimistički podatak koji se odnosi na Sovjetski Savez. Naime, površine pod trskom (*Phragmites communis*) zauzimaju u SSSR-u (i to samo kompaktni masivi tršćaka) preko 5 miliona hektara. Na ovoj površini obrazuje se tokom godine 40 do 50 miliona tona suve materije same trske. Međutim, kada se ima u vidu čitava zajednica, znači pored trske i sve one biljke koje sa njom žive (*Typha angustifolia*, *T. latifolia*, *Scirpus lacustris*, i druge), napred navedenu količinu treba uveličati za 1,5 do 2 puta, što znači da ona dostiže težinu suve mase od 80 do 100 miliona tona.

U vezi sa ovim podacima treba imati na umu da su masivi trske u SSSR-u formirani i u klimatskim predelima severnijeg lokaliteta, tako da klimatski uslovi nisu uvek i najpovoljniji. Ako bi se uzeli podaci o priraštaju trske (i drugih biljaka u tršćacima) u nekim povoljnijim klimatskim oblastima, na primer u donjem toku Dunava, tada bi, preračunato, na ovako velikoj površini priraštaj biomase trske bio i preko 200.000.000 tona godišnje.

U sledećoj tablici dat je priraštaj (godišnji) biomase nekih makrofita (ustvari močvarnih biljaka), u poređenju sa nekim najvažnijim evropskim šumskim vrstama.

Kao što se iz navedene tablice vidi, godišnji priraštaj fitomase kod močvarnih biljaka veliki je, i daleko veći nego godišnji priraštaj osnovnih vrsta drveća u srednjeevropskim šumama.

Prema podacima Krotkiewicz-a (1958) produkcija visokoproduktivne močvarne vrste *Arundo donax*, na veštačkim plantažama u močvarama u području Crnog Mora, je do 25 puta veća nego u ukrajinskim šumama, a trske je 4 do 5 puta veća.

Ipak, treba reći da se „O biljnoj masi, koju svake godine obrazuju submerzne i plivajuće biljke, ne može ni govoriti jer niko i nigde nije nju ni izračunavao, izuzev pojedinačnih lokalnih mikrodelića” (P. G. Krotkevič, 1982) Drugim rečima, o

močvarnim emerznim biljkama (trska, rogoz, *Arundo donax*, ševar, itd.), o njihovoj biomasi i godišnjem priraštaju organske produkcije još i imamo neku, makar i sasvim približnu predstavu, ali o ostalim vodenim biljkama (makrofitama u užem smislu), nemamo gotovo nikakvog pojma. To je možda i začuđujuće, ali sam ja tu okolnost pokušao da objasnim, na drugom mestu ove studije.

*Biomasa različitih močvarnih biljaka u delti Dunava, u poređenju sa godišnjom biomasaom nekih šumskih vrsta drveća u rumunskim šumama, izraženo u tonama na ha suve materije.*

biljna vrsta	t/ha maximum	t/ha minimum	t/ha srednja vr.
<i>Arundo donax</i>	80	10	30
<i>Phragmites communis</i> (obična trska)	43	6	15
<i>Typha latifolia</i> (širokolisna rogoz)	22	4	9
<i>Typha angustifolia</i> (uskolisna rogoz)	18	3	7,5
<i>Scirpus lacustris</i> (barski ševar)	16	4	8
<i>Carex riparia</i> (barska oštrica)	13	3	6,5
<i>Abies pectinata</i> (jela)	2,445	0,9	1,63
<i>Picea excelsa</i> (smrča)	2,825	1,9	1,88
<i>Fagus silvatica</i> (bukva)	2,540	0,85	1,98
<i>Quercus robur</i> (hrast)	3,280	1,27	2,24

Naravno, nedostatak naših znanja o biologiji i produkciji biomase velikog broja najvažnijih vodenih makrofita (i mnogih močvarnih emerznih biljaka), nije jedini nedostatak sa gledišta eksploatacije „zeleno-plavih” vodenih njiva. Tu su i mnogi tehnički problemi. Za košenje i obradu biljne mase vodenih i močvarnih biljaka potreban je kompleks visokoproduktivnih i sigurnih mašina, koje su sposobne da rade u vodi i na podlozi močvarnoj, zasićenoj vodom ili pod vodom. Nažalost, njih još nema!

Uopšte uzev, može se reći da fitomasa vodenih i močvarnih biljaka, koju možemo koristiti iz vodenih bazena kopna, ima veliki privredni značaj. U vezi sa karakteristikama vrste vodenih i močvarnih biljaka i dobijene sirove i suve materije (biomase), može se ona široko koristiti u dva osnovna pravca: (1) **industrijsko-tehničkom**, i (2) **poljoprivredno-prehrambenom**. Naravno, ovakva podela je dosta uslovna, s obzirom da jedna ista vrsta, u zavisnosti od vremena žetve i pripreme, kao i od utilitarne namene, može imati ili industrijski ili poljoprivredni značaj, tako na primer, *Acorus calamus* (idjirot) – značajna prehrambena sirovina, može se koristiti u prehrambenoj industriji, u parfimeriji, itd. Mnoge od vodenih i močvarnih biljaka imaju medicinski značaj.

Ustvari, vodena flora u tom pogledu je nedovoljno proučena (ni izdaleka onoj proučenosti nadzemnih biljaka), pa se zato otvara široko polje naučno-istraživačkog rada različitog profila na proučavanju makrofita, za mnoge predstavnike nauke, poljoprivrede i industrije.

U grupu industrijsko-tehničkih biljaka pre svega treba navesti trsku (*Phragmites communis*), rogoz (*Typha latifolia*, *T. angustifolia*), idjirot (*Acorus calamus*) i barski ševar (*Scirpus lacustris*), a od biljaka za introdukciju svakako *Arundo donax*. Sve ove biljke su vrlo perspektivne!

Napred je već navedeno nekoliko interesantnih podataka u vezi sa trskom, i njenim velikim prinosom biomase. Danas se tehničko iskorišćavanje resursa trske razvija u sledećim osnovnim pravcima: industrija celuloze, kartona i hartije; hidroliza i tekstilna

industrija; ambalažna industrija; hemijska piroliza; lokalni građevinski materijal; stanbeno i privredno građevinarstvo, itd.

Stabljika trske može odlično zameniti uvek deficitnu drvenu masu (ne samo u bezšumskim oblastima); stabljike sadrže 40–45% celuloze, 20% lignina, 2,4% pentozana, 4–11% ugljenih hidrata. Kod svežih biljaka vitamin C se nalazi u količini od 50 mg%, a takođe i neke druge korisne materije. Osim celuloze i hemiceluloze iz trske se mogu dobiti (hemijском, fizičko–hemijском i fizičko–mehaničkom obradom) mnogobrojni produkti, isto kao i iz drveta. Tako na primer visoko kvalitetna pisača i štamparska hartija, obični i specijalni ambalažni i matrični karton, tekstilna viskoza, hranljive belančevinske kvasne gljivice, furfural, alkohol, glukoza, vitamin C i mnogi drugi produkti pirolize – aktivni ugalj, sirćetna kiselina, metan, mravlja kiselina, metilalkohol, tehnički aceton, formalin, itd.

U istom smislu mogu biti iskorišćavane i sve vrste rogozi (*Typha* sp.sp.) i barskog ševara (*Scirpus lacustris*), mada je njihov godišnji priraštaj biomase manji nego kod trske.

Danas se trska široko iskorišćava u industriji celuloze i hartije samo u nekim zemljama, naročito u Rumuniji, a zatim u Koreji i Kini.

U Rumuniji se izgrađuju specijalni blokovi od trske za zidanje kuća, kao i za ograde. U situaciji kada je u čitavom svetu stanbeni problem više ili manje akutan, i kada se drvena građa mora štedeti, blokovi od trske, sa poboljšanim i adekvatnim kvalitetima, mogu ovaj problem u znatnoj meri ublažiti.

Što se tiče drugog pravca iskorišćavanja, **poljoprivredno-prehrambenog**, može se reći da postoji čitav niz vodenih biljaka, koje stvaraju veliku fitomasu i koje, istovremeno, stoka vrlo rado jede. Tako na primer, trska u mladom stanju i u fazi cvetanja (kada i postiže najveću biomasa), sadrži (kao i rogoz, *Sparganium*, i dr.), 11–16% proteina, 9% svarljivih belančevina, 2,5% masti, 30–31% bezazotnih ekstraktivnih materija. Mlada trska po hranljivosti ne ustupa ovsu. Suvri rizomi trske sadrže i do 25–30% šećera, 40–50% ugljenih hidrata, 6–7% sirovog proteina, 5–6% mineralnih soli, do 1,5% kalijuma, 0,2% fosfora, do 1% ukupnog azota, 0,4% sumpora, oko 30% celuloze, itd.

Vodene i močvarne biljke odlikuju se i visokim sadržajem vitamina. Količina vitamina C kreće se u granicama 50–80 mg/%, provitamina A – 40 mg/%, što je dobar pokazatelj za hranljivu vrednost biljke.

Od posebnog su interesa vrste sočivica (*Lemna* sp.sp., i *Wolffia arrhiza*), koje pokazuju visoke hranljive kvalitete, te mogu imati veliki značaj u gajenju životinja. Prema biohemijском sastavu sočivica se približuje zmu kulturnih biljaka, a po količini sirovog proteina ne ustupa mesto ni semenima leguminoza. Sočivica sadrži belančevina do 38%, masti oko 5%, što znači više nego kukuruz, fosfora 3%, kalcijuma 6%, itd. Zatim, i mnoge mikroelemente (kobalt, brom, bakar, nikal, jod, cink, vanadijum, cirkonijum i čak zlato.) Sveža masa sočivice ima i mnogo vitamina. Ova biljka je izvanredno kvalitetna hrana za mnoge domaće životinje, a naročito za živinu i ovce.

Pri višekratnoj žetvi, biomasa sočivice može biti izvanredno velika. Prema podacima koji se odnose na neke vodene bazene u Uzbekistanu (podatke izneo P. G. Krotkevič, 1982.), za osam meseci bilo je sakupljeno 276 t/ha fitomase sočivice, dok je istovremeno žetva kukuruza iznosila 150–180 t/ha, a lucerke 14–15 tona.

Sočivica se dobro i brzo razmnožava u vodi u kojoj ima mnogo mineralnih i organskih materija, što znači u zagađenim vodama, posebno otpadnom vodom sa živinskih farmi i fekalnim otpadnim vodama. Sočivica ne samo da uspeva u ovakvim uslovima, već doprinosi biološkom čišćenju zagađenih voda.

Od posebnog je interesa *Wolffia arrhiza*, koja sadrži 60% skroba, 20% masti, 10% belančevina, i vitamine A<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, C, PP i dr. Kao i napred navedena sočivica, i *Wolffia*

se može i veštački gajiti, na specijalnim plantažama uz korišćenje različitog otpadnog materijala.

Kao zaključak može se reći, i na osnovu ovo malo podataka koji su ovde izneti, na osnovu dosadašnjih iskustava i opštih i aplikativnih istraživanja makrofita i njihovih zajednica, da su vodene i močvarne biljke našega podneblja, kao i eventualne strane introdukovane kod nas, visoko perspektivne u smilu (1) industrijsko—tehničkom, i (2) poljoprivredno—prehrambenom; njihova biomasa može biti visoko iskoristljiva, uz obezbeđenje nekih preduslova ekološkog i geografskog karaktera, kao i preduslova koji imaju tehnički karakter. U sklopu svega onoga što se radilo na utilizovanju biomase vodenih i močvarnih biljaka (hrana i sirovina), do sada je najmanje urađeno u korišćenju biomase makrofita za konverziju energije, tako da je to pravac koji se i kod nas mora razvijati.

### 3. Fitofiltraciona uloga makrofita u čišćenju zagađenih voda.

Pored mehaničkog, fizičko—hemijskog i mikrobiološkog čišćenja zagađenih voda u novije vreme sve se više obraća pažnja i na fitofiltracioni metod, koji je vezan za aktivnost makrofita i uopšte viših biljaka (cvetnica) koje se nalaze kraj vodenih bazena i pored reka. S obzirom na sve veći negativni značaj zagađenja prirodnih voda i potrebe da se one što efikasnije čiste, i fitofiltracioni metod izbija u prvi plan interesovanja kao efikasan način da se suprotstavimo stvaranju sve većih količina zagađene vode.

U jednom eksperimentu pokazano je izuzetno dejstvo čišćenja zagađene vode reke Libed pomoću jezerske site (ševara — *Scirpus lacustris*). U prirodnoj zagađenoj vodi ove reke nalazilo se 2361 mg/l suspenzovanih čestica, dok je u filtratu te iste vode u sudu sa *Scirpus lacustris* posle nekoliko dana (8) bilo svega 238 mg/l. U drugom eksperimentu posle 24 časa u zagađenoj vodi sa stočnih farmi našlo se sasvim malo suspenzovanih materija u odnosu na početno stanje, jer je, u jednom slučaju, barska perunika (*Iris pseudacorus*) apsorbivala 90% tih čestica, a uskolisna rogoz (*Typha angustifolia*), u drugom slučaju, čak 91%.

Postoje mnogi dokazi za izvanredno veliku ulogu makrofita, barske i močvarne vegetacije, vegetacije ritova i plavnih terena, u čišćenju zagađenih voda. Zato je veoma nepovoljno što su mnoge male reke, danas, lišene, kod nas i u svetu, zaštitnog fitofiltracionog pojasa. Kod nas je slučaj da smo na mnogim prostorima uništili dolinske makrofite, naročito one visokog rasta (trska, rogoz, sita, itd.), neumerenom i nepravilnom kosidbom, pasenjem stoke, isušivanjem močvara, kao i mnogim drugim nerazumnim i neopravdanim merama. Kao rezultat ovakve situacije katastrofalno se zagađuju male reke, potoci, ribnjaci, velika i mala veštačka vodoprivredna i elektroprivredna jezera, kao i, naravno, veće i najveće reke, što se sve ne može prihvatiti kao neka neizbežna stihija.

Naprotiv, mi smatramo da bi se situacija znatno popravila kada bi se prirodni pojas makrofita oko vodenih bazena obnovio i unapredio, i kada bi se, čak, zakonski naložila obaveza podizanja hidrozaštitnih pojaseva od makrofita i emerznih biljaka, a na odgovarajućim mestima i šumski odnosno žbunasti hidrozaštitni pojasevi. U pravcu proučavanja i iskorišćavanja fitofiltracionog značaja makrofita u očišćenju zagađenih voda treba da budu usmerena u naša buduća nastojanja i istraživanja.



#### 4. Apsorpcija i akumulacija različitih materija od strane makrofita.

Sposobnost makrofita i drugih vodenih i močvarnih zelenih biljaka da apsorbuju i akumuliraju određene materije upravo je osnova napred navedene izuzetno značajne njihove fitofiltracione uloge u čišćenju zagađenih voda. Nažalost, o apsorpciji i akumulaciji materija od strane vodenih viših biljaka još uvek nedovoljno znamo, možemo čak reći da znamo vrlo malo. Ipak, nekoliko sledećih podataka pokazaće u kojoj meri vodene biljke mogu biti perspektivne za čišćenje zagađenih voda.

Vrlo krupne makrofite (*Trapa*, *Nymphaea*, *Nuphar*, itd.), zatim trska, rogoz, sita, idjirot, *Sparganium* sp.sp., itd, sposobne su da iz vode izvlače i akumuliraju velike količine materija – biogenih elemenata, kao što su azot, fosfor, kalijum, natrijum, kalcijum, sumpor, gvožđe, silicijum, i da time predupređuju i snižavaju stepen eutrofizacije voda. Tako na primer gusti čestari trske mogu da akumuliraju u svojoj biomasi na 1 ha u toku godine do 6 tona različitih mineralnih materija, i to kalijuma 859 kg, azota 167, fosfora 122, natrijuma 451, sumpora 277 i silicijuma 3672 kg.

Osim makroelemenata, vodene biljke izvlače i veliku količinu mikroelemenata. Posebno je interesantno izvlačenje iz vode i akumulisanje u tkivima toksičnih materija. Tako na primer, za čoveka i životinje vrlo otrovna jedinjenja olova apsorbuju se i akumuliraju od strane trske bez ikakve teškoće, pa se zapaža čak i stimulatívno dejstvo olova na rastenje i razviće ove značajne močvarne biljke. Toksičnom dozom olova u vodi za piće smatra se količina od 0,3 do 0,5 mg/l. Vodene biljke *Valisneria spiralis* i *Elodea canadensis* ugibaju pri dozi od 1–2 mg/l. Međutim, trska je u ovom pogledu veoma otporna. U eksperimentalnim uslovima u vodene kulture sa trskom olovo je dodavano u koncentraciji od 6 do 600 mg/l kao jedna doza, a zatim u sedam dodavanja (sedam doza) uneseno je 2000 mg/l olova u obliku nitrata. Porast trske ne samo da nije trpeo zbog ovoga, nego se naprotiv čak i povećavao, posebno je stimulisan porast vazdušno–vodnih adventivnih korena.

Eksperimenti potvrđuju, kao i posmatranja na terenu, da se ne samo trska već i mnoge druge makrofite mogu uspešno koristiti za izvlačenje iz vode mnogih toksičnih soli, metala, pesticida i fenola, što je posebno značajno za otpadne gradske i industrijske vode.

#### 5. Mineralizacija i oksidaciona funkcija.

Da bi se izvršila mineralizacija i destrukcija složenih organskih materija (jedinjenja) koje zagađuju vodenu sredinu potrebno je da se ostvari njihova oksidacija, i to ili u procesu fizičko–hemijskog karaktera, bez učešća hidrofita, ili, u drugom slučaju, upravo uz njihovo učešće. Ovaj drugi način je najvažniji, jer je intenzitet biohemijskih reakcija u živom organizmu daleko intenzivniji nego čisto hemijske reakcije. Ustvari, učešće makrofita u razgradnji organskih zagađivača vodenih bazena, i samim tim i njihovo čišćenje, teče ili u biljkama (u metaboličkim procesima), ili u samoj vodenoj sredini, ali i tada uz učešće kiseonika koji izlučuju biljke.

Mnogi istraživači smatraju da je mineralizacija organskih materija u vodi utoliko intenzivnija, ukoliko je vodeni biotop bogatiji vodenim i močvarnim biljkama. Ustvari, tu nije u pitanju toliko kiseonik koji izlučuju biljke, jer ga one istovremeno u velikim količinama koriste za disanje. Najverovatnije je da procesi destrukcije i mineralizacije složenih organskih jedinjenja u vodi teku pre svega na račun hemijskih materija koje u vodu izlučuju koreni biljaka, u vodi ili podlozi dna (kao i rizomi u dnu), a takođe i stabla

biljaka, pri čemu je taj proces izlučivanja pojačan mikroorganizmima, bakterijama i perifitonom, koji se razvijaju na stabljikama i drugim delovima biljaka potopljenih u vodi.

U svakom slučaju, bez obzira što još mnoga pitanja u vezi sa učešćem makrofita u destrukciji i mineralizaciji organskih materija, zagađivača, nisu do kraja raščišćena, po svojoj prilici da je ono izuzetno veliko te da, u tom pogledu, makrofite veoma doprinose čišćenju jezera i bara od preterane eutrofizacije i zagađivanja.

Ipak, osnovna uloga viših biljaka je u tome da one apsorbuju iz vode ogromne količine zagađujućih materija, doprinoseći time da vodeni bazeni imaju više ili manje poboljšan kvalitet vode.

Imajući sve to u vidu moramo zaključiti da se vodena i močvarna vegetacija, odnosno priobalna vegetacija makrofita i drugih biljaka, mora sačuvati od uništenja, da se mora racionalno iskoristiti radi ozdravljenja vodenih biotopa, i da se u mnogim slučajevima ta vegetacija mora obnoviti i poboljšati u svome sastavu i efikasnosti, u odgovarajućim uslovima da se mora čak i kultivisati.

### 6. Detoksikacija organskih i mineralnih zagađivača.

Vrlo često u vodene bazene dospevaju (sa gradskim, industrijskim i poljoprivrednim otpadnim vodama), određene količine vrlo opasnih zagađivača, kao što su fenoli, pesticidi, otrovne hemikalije, teški metali, jedinjenja žive, arsen, hloridi, sulfidi, itd.

U eksperimentima i posmatranjima u prirodnim uslovima, utvrđeno je da mnoge makrofite apsorbuju iz vode ne samo relativno inertna jedinjenja već i fiziološki aktivne materije kao što su fenoli, otrovne soli teških metala, pesticidi, nafta, itd. Kao posebno aktivne biljke možemo navesti trsku, širokolisnu i uskolisnu rogoz, barsku situ, vodenu peruniku (*Iris pseudacorus*), i mnoge druge makrofite. Ove biljke ne samo da apsorbuju mnoge od ovih otrovnih materija već ih uključuju i u sopstveni metabolizam, tako da vrše i njihovu detoksikaciju. Izvesne materije, na primer fenol, bivaju eliminisane u vazдушnu sredinu preko stoma. Vodene biljke povoljno deluju i na brže odstranjivanje nafte sa površine vode: pri koncentraciji nafte od 1 g/l naftna opna na površini vode nestaje u prisustvu makrofita kroz 5 do 10 dana, a bez biljaka potrebno je 28 do 32 dana. U prisustvu vodenih biljaka pojačano je i dejstvo bakterija koje oksidišu naftu i doprinose njenom iščezavanju. U odnosu na zagađivanje naftom najotporniji su i najdelotvorniji *Phragmites communis* (trska), *Typha angustifolia* (uskolisna rogoz) i jezerska sita (*Scirpus lacustris*). Osim apsorpcije i razgradnje mnogih otrovnih soli, više vodene biljke usvajaju takođe i radionukleotide, doprinoseći time i ublažavanju radioaktivnog zagađivanja vodenih biotopa.

### 7. Baktericidna svojstva makrofita.

Vodne makrofite izlučuju u vodenu sredinu tečne ili gasovite hemijske materije (tzv. fitoncide), kojima deluju na bakterije ubitačno ili depresivno. Ova oblast, biohemijska ekologija, označena je kao alelopatija, i kod suvozemnih viših biljaka dosta je dobro proučena. Međutim, kod vodenih biljaka nalazimo se tek na samom početku, mada je već sada jasno da i vodene, odnosno močvarne biljke, posedujući fitoncidna svojstva, utiču negativno na patogenu bakterijsku floru i faunu. Utvrđeno je, na primer, da *Glyceria spectabilis* uništava u vodi mnogobrojne patogene organizme svojim gasovitim izlučevinama, da *Cicuta virosa* ubija amebe u roku od 2,5 časa, itd. Nesumnjivo da alelopatija makrofita treba da bude predmet našeg posebnog interesovanja.

### 8. Protivutermički uticaj makrofita u termički zagađenim vodama.

Termička zagađenost vodenih bazena prouzrokovana je hlađenjem turbina vodom (i drugih mašina) u industrijskim postrojenjima kraj reka i drugih vodenih biotopa (npr. jezera), pri čemu se u njih upušta voda zagrejana do te mere da se temperatura u vodenim bazenima podiže i do 40 – 50°C. Naročito je ovo izraženo u slučaju termoelektričnih centrala i atomskih električnih centrala. Ovo „termičko zagađenje” negativno utiče na život u vodi, tako da se protiv ovakvog narušavanja vodenih ekosistema moramo boriti na odgovarajuće načine. Jedan od njih je i antitermičko delovanje viših biljaka, makrofita.

Jedan od načina hlađenja je i upuštanje tople vode u vodene bazene – hladnjake. Ako se u njima nalazi i vegetacija makrofita, hlađenje je daleko efikasnije. Prema nekim posmatranjima (P. G. Krotkevič, 1982.), gusti čestari trske efektno hlade vodu za vreme žarkih letnjih dana i u toku noćnih časova, zahvaljujući izlučivanju temperature i dobroj toplotnoj provodljivosti stabljika trske. Za vreme jeseni trsku treba kositi, jer tada ometa prirodno hlađenje vode.

Pitanje termičke regulacije vode pomoću makrofita (posebno vegetacije trske, rogozi i drugih krupnih biljaka), u vodenim bazenima za hlađenje, danas je sve aktuelnije i treba da bude i kod nas uzeto u razmatranje.

### 9. Protiverozivni značaj makrofita.

Erozija u vodenim bazenima prouzrokovana je radom vode (strujama i talasima) i ugrožava obale, rušeći ih i uništavajući ih u većoj ili manjoj meri. Primena tehničkih („inženjerskih”) mera zaštite nije uvek dovoljno efikasna, a uz to je skupa i komplikovana. Često se primenjuju na rekama tzv. obalske betonoutvrde, ali su i one podložne rušenju i propadanju, a njihov remont je takođe skup i tehnički složen.

Nasuprot ovoj „mrtvoj” zaštiti danas se sve više nastojava na „biološkoj” ili „živoj” zaštiti, koja se sastoji u primeni najefikasnijih helofitnih (emerznih) makrofita, kao što su, pre svega, trska, uskolisna i širokolisna rogoz, *Glyceria aquatica*, *Scirpus lacustris*, i druge.

Dosadašnja iskustva i eksperimentalna istraživanja, kao i posmatranja u prirodi, u nizu zemalja, pokazuju da je učvršćivanje obala pomoću odgovarajućih obalotvrdnih pojaseva od različitih vodenih biljaka veoma perspektivan pravac, te da i u našoj zemlji zaslužuje punu pažnju.

### 10. Fitosanacija reka i drugih vodenih bazena (bara, jezera), akumulacija) upotrebom i korišćenjem makrofita.

Pod fitosanacijom vodenih bazena podrazumeva se njihovo ozdravljenje, regulacija opšteg stanja i poboljšanje hemijskog, fizičkog i biološkog režima pomoću biljaka, pre svega makrofita. Radi se, ustvari, o opštem poboljšanju vodenih bazena kompleksnim rešenjima u kojima biološki pristup ima osnovni značaj, pri čemu se makrofite javljaju kao osnovni edifikatori i sanatori. Mnoge od dosadašnjih pomenutih korisnih osobina makrofita ulaze u praksu fitosanacije, ali s tom razlikom da se u fitosanaciji problemima pristupa kompleksno. Osim toga, kompleksna fitosanacija makrofitama obuhvata ne samo zonu vode (pre svega litoral), već takođe i obale i širu ili užu zonu van obala, u samoj rečnoj odnosno jezerskoj (barskoj) dolini. Ona podrazumeva i određene inženjerske radove, mada je težište na makrofitama (delimično i na mikrofitama). Nažalost, ovaj

pravac pristupa rešavanju problema regulacije, melioracije, zaštite, unapređenja, obnove, ozdravljenja, itd., naših vodenih bazena, gotovo da i nije prisutan, tako da naša privreda trpi usled toga velike štete. Jedan od najdrastičnijih primera je Morava, u čijoj regulaciji primena bioloških (ekoloških) mera gotovo da i nije zastupljena.

### 11. Sekundarno biološko zagađivanje vodenih bazena i korišćenje makrofita

Veliki deo biogenih materija i mineralnih elemenata ostaje u listovima, stabljikama i drugim delovima makrofita i podložni su svake godine raspadanju (u korenima i rizomima višegodišnjih makrofita ti elementi se akumuliraju i predstavljaju privremenu ili trajnu rezervu). Putem ovakvog raspadanja prethodno apsorbovane mineralne materije i sintetizovane organske vraćaju se ponovo u vodu i na taj način sekundarno zagađuju vodeni bazen. Zato je potrebno da se čitava nadzemna masa makrofita sakupi i odstrani iz vode. To je najbolje da se učini pred njihovo cvetanje. Spaljivanje podzemne mase (npr. trske) nije najpogodniji način (mada se njime sprečava organsko zagađivanje i dalja eutrofizacija), jer se time gubi velika količina dragocene organske mase, koja se pretvara u dim i pepeo, a uz to se i ostaloj živoj prirodi vodenih ekosistema (pa i van njih) nanosi ozbiljna šteta (pticama, sisarima).

Prema Krotkeviću (P.G. Krotkević, 1982.), načini odstranjivanja makrofita, tehnologija tih postupaka, njihov uticaj na obnavljanje hidrofita i na kvalitet vode, zahtevaju duboko i svestrano proučavanje i razradu racionalnih biotehničkih mera.

Nesumnjivo je da se i u našoj zemlji mora ozbiljno proučiti odnos sekundarnog biološkog zagađivanja vodenih bazena, kao i načini da se ono predupredi; isto tako, i odnos tih opasnosti i mera za njihovo sprečavanje prema nastojanjima da se biomasa makrofita iskoristi u energetske i druge ciljeve.

### BIOMASA VODENIH MAKROFITA I NJIHOVA ORGANSKA PRODUKCIJA

Da bi se moglo preći na masovno iskorišćavanje osnovnog produkta fotosinteze makrofitskih cvetnica u vodenim bazenima (u uslovima akvakultura ili samo u uslovima prirodnog stanja), neophodno je prethodno proučiti čitav niz stvari i pojava u vezi sa životom makrofita i njihovom organskom produkcijom. To bi nam omogućilo da produkciju organske materije (biomase) u uslovima našeg podneblja podignemo na najviši mogući nivo, da izaberemo (za gajenje i masovno iskorišćavanje) najpogodnije vrste makrofita, da primenimo najbolje mere gajenja i podsticanja produkcije u različitim vrstama vodenih biotopa i njihovim različitim zonama, da izaberemo najprikladnije vodene biotope, itd.

Ovom prilikom izneće se samo nekoliko osnovnih momenata i problema kako bi se, bar donekle, shvatila suština i težina problematike iskorišćavanja i produkovanja biomase u vodenim bazenima od strane makrofitskih cvetnica, tokom njihove primarne i sekundarne organske produkcije.

Spomenimo, samo uzgred, da bi, kada je reč o biljnoj proizvodnji, bolji izraz bio fitomasa nego biomasa, jer se ovdje stvarno radi samo o produkciji biljaka ali ne i životinja (produkcija, ukupna, i biljaka i životinja, naziva se „biomasa“, čiji je „fitomasa“ samo jedan deo).

Potrebno je ukazati i na neka terminološka pitanja, jer u vezi sa njima dolazi i do nekih nesuglasica s obzirom da pojedini autori odgovarajuće termine različito tumače, ili pak da potpuno različite termine upotrebljavaju u jednom istom značenju. Obično se upotrebljavaju sledeći termini: „žetva”, „biomasa”, „biljna masa”, „fitomasa”, „biomasa”, „produktivnost”, „produkcija”, itd.

U sledećoj preglednoj tablici daju se osnovna značenja pojedinih termina važnih za shvatanje organske produkcije:

#### **Fitomasa (Phytomass).**

Ukupna količina materije biljaka u okviru datog ekosistema, akumulisana na određenoj površini u datom momentu.

#### **Primarna produkcija (Primary production) /**

Količina organske materije koju autotrofni organizmi (biljke sa hlorofilom) unose u biogeocenuzu na određenu površinu u određenom vremenskom otsečku. U užem smislu (sensu stricto): produkcija organske materije u toku fotosinteze; ostale organske produkcije kod biljaka su sekundarnog karaktera.

#### **Ukupna primarna produkcija (Gross primary production)**

Količina organske materije koju autotrofi stvaraju u procesu stvarne (sveukupne) fotosinteze na određenoj površini u određenom vremenu (**bruto produkcija**).

#### **Čista primarna produkcija (Net primary production)**

Količina organske materije, koju stvaraju autotrofi u procesu fotosinteze, na određenoj površini u određenom vremenu; ona ne uključuje izvesnu količinu materije koja je utrošena, u tom istom vremenu, za disanje i rastenje samih producenata (to je ustvari **neto produkcija**).

#### **Apsolutna čista primarna produkcija (Absolutely net primary production) /**

Količina organske materije koju autotrofi sintetišu na određenoj površini za određeno vreme sa isključenjem gubitaka, i to ne samo onih vezanih za održanje života (disanje, rastenje), već i sa onim delom gubitaka koji se odnosi na opad (lišće, grančice, npr.), i na deo koji koriste heterotrofi za svoju ishranu.

Naravno, kada je reč o biomasi makrofita u praktičnom postupku njihovog iskorišćavanja, stvar je principijelnog opredeljenja i praktičnih mogućnosti u kojoj meri će se od biomase „žetvom” uzimati samo čista primarna produkcija ili maksimalno mogući deo apsolutno čiste produkcije.

Osnovni metodi sakupljanja biomase (fitomase) u zajednicama makrofitskih cvetnica jesu metod probnih površina (metod kvadrata), koji se upotrebljava i za (prethodno neophodna) naučna istraživanja, i metod transekata. Za evidenciju i proučavanje fitomase podzemnih organa (u slučaju makrofita to su organi u substratu dna), radi se o sledećim metodama: (1) izvlačenje biljaka, (2) metod malih monolita, i (3) metod krupnih monolita.

Da bi se dobili uporedljivi rezultati najbolje je ako se fitomasa preračunava na jedinicu organske materije ili ugljenika, pri čemu je najpogodnije ako se izražavamo u **energetskim veličinama** (1 kal = 4,19 dž). Za prevođenje suve materije u jedinicu ugljenika i u kalorije možemo koristiti odnos koji je predložio Lit (L i e t h, 1965), pri čemu je 1 g suve materije odgovarajući približno 0,4 g ugljenika, ili 4 kkal. O d u m (1975) za **nadzemne biljke** u preračunavanju na celu biljku uvodi energetski ekvivalent pri kome 4

kcal ide na 1 g suve materije. Što se tiče kaloričnosti vodenih biljaka ona se menja u zavisnosti od pripadnosti određenoj vrsti, od fenološke faze u razviću biljke, od uslova spoljašnje sredine, od dela biljke koji se analizira, i od nekih drugih faktora. Danas postoji niz radova koji se odnose na energetske ekvivalent (Golley, 1961, Bray, 1962, Westlake, 1965, Dykijova, Pribil, 1975.). U nekim istraživanjima utvrđeno je da energetske ekvivalent makrofita znatno koleba u granicama od 1,2 do 4,2 kkal na 1 g suve materije. Najveća kaloričnost zapažena je u proleće, da bi se zatim postepeno snižavala prema jeseni. Kod različitih vrsta močvarnih i vodenih biljaka energetske ekvivalent može da bude takođe suštinski različit: na primer, za *Scirpus lacustris* 4,2 kkal, vrste roda *Potamogeton*, *Elodea canadensis* i *Equisetum palustris* 3,3 – 4,0 kkal, za algu *Chara* i *Nitella* vrlo nizak energetske ekvivalent – 1,2 – 2,9 kkal.

Međutim, najtačnija metoda određivanja kaloričnosti biomase makrofita (tačnost do 1%) jeste direktna kalorimetrija sagorevanjem proba materijala u kalorimetrijskoj bombi.

No, bez obzira na značaj određivanja produkcije viših vodenih biljaka, taj problem je metodološki još uvek daleko od idealnog rešenja. To stvara određene teškoće pri izboru metode za poljska proučavanja produkcionih karakteristika makrofita. Ove teškoće prouzrokovane su pre svega specifičnostima samoga objekta proučavanja, s obzirom da makrofite kao grupa sjedinjuju biljne vrste među sobom u mnogo čemu veoma različite (submerzne, flotantne, emerzne – sa mnogim podgrupama u svakoj od navedenih). Zato je i razumljivo što tako velika raznorodnost makrofita (a posebno prisustvo među njima i vrsta sa veoma razvijenim korenovim sistemom), znatno otežava u uslovima terena uspešno iskorišćavanje kiseoničnog i radioaktivnougljeničnog metoda za određivanje same organske produktivnosti.

Nema sumnje da ćemo i mi, u našim dosta specifičnim uslovima (osobine podneblja, veoma bogat floristički fond makrofita, itd.), morati da tragamo za najboljim metodama, za njihovim najadekvatnijim modifikacijama, i tako dalje, u proučavanjima organske produktivnosti makrofita (i svih parametara vezanih za nju), da bi za naše prilike mogli preporučiti najproduktivnije vrste viših vodenih biljaka, najbolje mere gajenja i sakupljanja, najbolje rokove „žetve“, i sve ono što je za stvaranje biomase najprihvatljivije. Drugim rečima, u metodološkom smislu, ali i u mnogom drugom pogledu, predstoji nam dosta dug istraživački poduhvat, koji, kao prethodna faza, mora biti projektom „Biomasa“ adekvatno predviđen.

Pored postojećih metoda za određivanje kalorične vrednosti fitomase makrofita (kao jednog od pokazatelja vrednosti te biomase – a postoje i drugi pokazatelji, na primer sadržaj određenih organskih i neorganskih materija na 1 g suve materije), postoje i metodi koji se odnose na samu produkciju vodenih biljaka; one se mogu podeliti na direktne i indirektno.

Direktni metodi, sa svim svojim modifikacijama, svode se na težinsko određivanje fitomase na jedinicu površine. Indirektni metodi zasnivaju se na merenju veličine fotosinteze za određeno vreme.

U direktnim metodama određivanje produkcije sastoji se u tome što se godišnja produkcija svodi na veličinu maksimalne fitomase (koja se obično određuje u vreme cvetanja). Međutim, odnos veličine koeficijenta P/B (odnos godišnje produkcije i biomase u datom trenutku) nije, često, realan odraz stvarne moći produkcije makrofita (mada neki autori smatraju da je P/B koeficijent jednak 1). Tako na primer, godišnja produkcija vrste *Elodea canadensis* približno za 5,5 puta je veća od prolećne fitomase, za *Glyceria aquatica* za 2 do 3 puta, itd. Drugim rečima, kod makrofita veličina P/B – koeficijenta nije postojana, tako da se godišnja produkcija vodenih biljaka može da suštinski razlikuje

od njihove maksimalne fitomase. S druge strane, u zavisnosti od različitih klimatskih i drugih ekoloških uslova veličina P/B – koeficijenta može se suštinski razlikovati i za jednu istu vrstu. Sve ovo, naravno, stvaraće određene teškoće u našem daljem radu, od kojih se mnoge mogu rešiti i primenom eksperimentalnih istraživanja.

U indirektno metode spadaju praćenje dinamike rastvorenog kiseonika u sudovima sa odgovarajućim makrofitama, odnosno praćenje dinamike usvajanja radioaktivno markiranog ugljendioksida. Ovi metodi su najpre bili korišćeni za proučavanje produkcije fitoplanktona, dok su danas prilagođeni za određivanje organske produkcije viših vodenih biljaka (makrofita).

Govoreći uopšte o primeni različitih metoda za određivanje produkcije makrofita, i to naročito submerznih, treba podvući da njihova primena stvara određene teškoće i da je, zato, potrebno njihovo dalje usavršavanje. Jasno je da indirektni metodi određivanja produkcije makrofita mogu naći primenu pre svega u eksperimentalnim uslovima, i to naročito u onim slučajevima kada tragamo za potencijalnim vrstama (onim vodenim biljkama koje će biti najbolje za stvaranje biomase), kada proučavamo uticaj biogenih materija na razviće biljaka, kada određujemo uticaj toksičnih materija na produkcione procese, itd. Drugim rečima, pri upotrebi ovih metoda za određivanje primarne produkcije makrofita moramo biti oprezni u prenošenju dobijenih podataka na čitavu masu biljke (jer se metod odnosi samo na deo biljke), s obzirom da je intenzitet fotosinteze pojedinih delova biljke različit. Zatim, tok fotosinteze i stvaranje organske materije kod biljaka pripremljenih za eksperiment biće drukčiji nego kod biljaka, iste vrste, u samom vodenom bazenu, pod prirodnim uslovima. S druge strane, određivanje produkcije vodenih biljaka, ovim metodama, neposredno u vodenom bazenu, biće nemoguće zbog istovremenog procesa fotosinteze biljnoga perifitona, disanja pričvršćenih životinja, velikih razmera biljaka, itd.

Međutim, i pored svih nedostataka primena direktnih metoda za određivanje produkcije fitomase može se smatrati najuspešnijom u konkretnim uslovima staništa, tj. u samim vodenim bazenima. Ta vrednost ovih metoda proističe već iz same činjenice da izolacija biljaka od sredine, od ostalih organizama koji ih okružuju, često ne omogućava njihovu stvarnu produkciju koju one realizuju u sastavu svoje biohidrocenoze, u stvarnim uslovima sredine.

## VODENA VEGETACIJA MAKROFITA U VODENIM BAZENIMA NAŠE ZEMLJE (POSEBNO U SR SRBIJI). KARAKTERISTIKE, EKOLOŠKE OSOBINE, RASPORED I SASTAV.

### Uvod. Opšti pogled na jezerski i barski tip ekosistema i raspored makrofita u njima.

Vodena vegetacija naseljava **hidrosferu**, koja s jedne strane obuhvata kopnene vode a s druge mora i **okeane**. Nauka koja proučava osobine hidrosfere označena je kao **hidrologija**. Onaj njen deo koji se bavi izučavanjem mora i okeana naziva se **okeanologija**, dok kopnene vode ispituje **limnologija**. **Hidrobiologija** se bavi proučavanjem živog sveta vodenih bitopa, te predstavlja, prema **Tine man u/Thiene man n/**, ekološku disciplinu čiji je zadatak da ispita uticaj vodene sredine na živi svet, nastojavajući, pri tome, da **specifičnosti** vodenih organizama shvati na osnovu osobenosti njihovih staništa. Ipak, **hidroekologija** je nauka koja posebno nastojava na ekologiji vodenih organizama i njihovih zajednica (**hidroecologija**), dok je **hidrobiologija** nauka šireg opsega i zahvata sve

ono što se odnosi na život u vodi. **Hidrobotanika** se bavi ekologijom i uopšte biologijom vodenih biljaka, pri čemu je ekologija i biologija **makrofita** njen važan deo.

Pod **makrofitama** podrazumevamo sve višćelijske vodene biljke cvetnice (ali i neke višćelijske alge), nasuprot jednoćelijskim ili kolonijalnim algama (mikrofitama). U slatkoj vodi kopna preovlađuju makrofite, dok je za mora i okeane upravo karakteristično prisustvo jednoćelijskih (planktonskih) i kolonijalnih algi, mada su mnoge morske alge višćelijske i predstavljaju ustvari makrofitske alge. Najčešće, kada je reč o **slatkim vodama**, pod **makrofitama** podrazumevamo **više biljke – cvetnice**.

Ponovimo, hidrosfera se može podeliti s jedne strane na mora i okeane, a s druge na kopnene vode. Mora i okeani imaju **slanu vodu**, dok je **slatka voda** karakteristična za većinu kopnenih vodenih bazena. Ali i na kopnu postoje baseni sa slanom vodom, pre svega različita slana jezera i bare; **gajenje makrofita u njima i ubiranje i iskorišćavanje biomase u njima predstavlja specifičan problem**.

U području **morskih obala**, pri ušćima reka i u jezerima koja imaju vezu sa morem, dolazi do mešanja slane i slatke vode, tako da se stvaraju uslovi poluslane ili brakične (bočatne) vode.

Prirodne vode kopna odlikuju se velikom raznovršnošću uslova koje pružaju živim bićima, mada je živi svet vodenih bazena jednoobrazniji od živog sveta kopna. Ova raznovrnost, naravno, postavlja određena pitanja u iskorišćavanju odnosno gajenju vodenih biljaka, pri čemu je težnja za što većom i što raznovrsnijom biomasom. Nema sumnje da će se vodeni bazeni u nekim područjima (npr. na severu Evrope) odlikovati daleko manjom i jednoličnijom biomasom od vodenih bazena na jugu Evrope (npr. i u našoj zemlji), koji će, u principu, imati i veću i raznovrsniju biomasu.

Kopnene vode odlikuju se, pre svega, veoma velikom raznovršnošću svoga hemijskog sastava, kao i stepenom koncentracije rastvorenih materija. U tom pogledu postoje svi mogući prelazi između krajnjih i vrlo udaljenih tipova prirodnih voda. Na jednoj strani su gotovo čiste vode u jezerima praiskonskih planina, a na drugoj izvanredno koncentrovan vodeni rastvor soli u slanim jezerima aridnih oblasti. Za ovaj poslednji slučaj može se navesti Mrtvo More, vodeni bazen gotovo bez ikakvih živih bića, u kome jedan litar vode sadrži 234 gr rastvorenih soli, skoro 7 puta više nego u morskoj vodi. Nasuprot tome, u mnogim malim jezerima praiskonskih planina Skandinavije i Amerike količina rastvorenih soli je minimalna i iznosi najviše do 20 mg na 1 l.

I u mnogo čemu drugom postoje velike razlike. U pogledu temperature topla subtropska i mediteranska jezera (npr. Skadarsko Jezero) veoma se razlikuju od visokoplaninskih jezera glacialnog porekla, koja su hladna i sa vrlo kratkim vegetacijskim periodom (npr. glacijalna jezera na Šarplanini ili Prokletijama – Livadičko Jezero, Neđinatsko Jezero, itd). U pogledu dubine postoje velike razlike, takođe, pa od vrlo dubokih jezera (npr. Ohridsko), imamo čitav niz prelaza preko jezera sa plitkom vodom i slabo izraženim profundalom, sve do plitkih bara pored reka u Vojvodini, u kojima je izražena samo litoralna zona.

Okeani i mora zauzimaju preko 7/10 površine Zemlje, dok kopnene vode samo 1/50. U okeanima i morima nastanjen je specifičan živi svet – **talasium**; kopnene vode naseljene su takođe svojim posebnim živim svetom organizama – **limnium**, koji kao i živi svet mora i okeana pokazuje mnoge bitne razlike u odnosu na suvozemne organizme.

Vodena vegetacija, naseljavajući vodene biotope na kopnu, ima **intrazonalan karakter**. On je uslovljen s jedne strane pojavom sličnih vodenih biotopa u različitim vegetacijskim zonama, a s druge delovanjem vodene sredine koja spoljašnje faktore (na kopnu) više ili manje nivelise (izjednačava), tako da se slične vodene fitocenoze nalaze i u oblastima čestc među sobom vrlo udaljenim i klimatski dosta različitim. Osim toga,



tekuća voda (na kopnu reke, u morima i jezerima struje) omogućava široko rasprostiranje vodenih biljaka, što takođe uslovljava pojavu sličnih akvatičnih zajednica u udaljenim oblastima. Treba istaći da su uslovi u vodenoj sredini daleko manje različiti u vezi sa geografskim položajem nego što je to slučaj sa prilikama na suvu. Time se takođe može objasniti i prostiranje slične vodene vegetacije u nizu različitih zona, npr. na Severnoj hemisferi u šumskoj, stepskoj i pustinjskoj zoni.

Međutim, kao što je već rečeno, to nikako ne znači da u vodenoj vegetaciji nema nikakvih razlika u geografskom i klimatskom zoniranju. Naprotiv, razlike između vodenih fitocenoza mogu biti vrlo velike. Ovde posebno treba istaći fizičke i hemijske osobine kopnenih vodenih staništa, koje su uslovljene lokalnim a ne zonalnim faktorima, i koji takođe utiču na stvaranje u pojedinim biotopima različitih vodenih fitocenoza.

Sve ove karakteristike vodenih bazena a kopna imaju ne samo širi značaj, već i uži, u vezi sa našom težnjom da proizvodimo i ubiramo što veće količine biomase, što raznovrsnije radi svestranog korišćenja u industriji i poljoprivredi, a takođe i u nekim drugim oblastima (npr. u građevinarstvu).

Posebno se interesujući za makrofite, mi moramo da ukažemo na sve ove momente, da koristimo tuđa iskustva (s obzirom na nivelišuću ulogu vode, koja stvara mogućnosti da jednak zaključak vredi za široki geografski prostor), ali obavezno da dođemo i do naših, sopstvenim istraživanjima, s obzirom na svu raznovrsnost vodenih biotopa i njihovih vegetacija u lokalnim i regionalnim razmerama.

### Kopnene vode

Kopnene vode se najpre mogu podeliti na podzemne i površinske, a ove poslednje prema prometu vode delimo na tekuće i stajaće. U tekućim vodama, u koje spadaju reke i potoci, postoji određeno i stalno proticanje vode (vodotok) kroz korito. U stajaćim vodama (jezera, bare) takvo stalno proticanje u određenom pravcu duž korita ne postoji, pa se stajaćice odlikuju upravo usporanim prometom vode. Ali to ne znači da u njima nema nikakvog kretanja vode. Ono je samo drukčijeg karaktera i intenziteta nego u tekućim vodama. Dok se u rekama i potocima voda kreće pod uticajem sile Zemljine teže, u stajaćim vodama je kretanje uslovljeno pre svega razlikama u temperaturi i dejstvom vetrova. Naravno, postoje i odstupanja. Tako, na primer, kod onih jezera iz kojih se reke izlivaju ili u njih naprotiv ulivaju, kretanje vode dobija poseban karakter. U izvesnim slučajevima kod stajaćih voda koje se nalaze duž reka, uspostavlja se za vreme poplava veza između njih i reke, te u njima tada dolazi do proticanja rečnog tipa.

Samo se po sebi razume da je vegetacija makrofita razvijena u izrazito stepenu jedino u stajaćim vodama, te da one upravo i predstavljaju pravi interes u pogledu stvaranja i eksploatacije biomase.

**Stajaće vode.** — Rečeno je već koje su bitne osobine stajaćih voda. One su u odnosu na tekuće vode prostorno daleko više izdvojeni biotopi, pa su obuhvaćeni zemljom kao što su ostrva okružena morima (Hesse, 1924.). Stajaćim vodama pripadaju jezera, bare i močvare. Sasvim male nepostojane stajaće vode možemo označiti kao lokve. Od velikog interesa je da se u obzir za eksploataciju i gajenje makrofita, odnosno močvarnih biljaka, u obzir uzmu još i ritovi, to jest takve površine koje su pod vodom samo povremeno. Za gajenje i eksploataciju trske (*Phragmites communis*) ritovi će se možda pokazati kao idealna staništa.

**Jezeru.** — U jezerima su najpotpunije izražene sve bitne osobine stajaćih voda kao specifičnog biotopa, pa ćemo se zato na njima više zadržati.

Prema Davidovu i Konkinoj (L. K. Davidov i N. G. Konkina, 1958) jezera su prirodni vodeni bazeni, koji predstavljaju udubljenja na Zemljinoj površini različite veličine i oblika, ispunjena vodom, u kojima za razliku od reka odsustvuje ili je usporeno postojano kretanje vode određenog pravca u granicama korita. Prema Forelu (Forel, 1891), jezera su udubljenja Zemljine površine ispunjena stajaćom vodom, koja nije u direktnoj komunikaciji sa morem.

Jezeru su znači takvi vodeni bazeni u kojima je promet vode (proticanje) usporeno. Za razliku od reka njihova vodena masa je heterogena kako u vertikalnom tako i u horizontalnom pravcu.

Za jezera je vrlo karakteristična diferencijacija na različite regione, od kojih se ističe **profundal** kao zona bez zelenih biljaka. Kod bara takva diferencijacija nije izražena, pa **region profundala nedostaje**. Naravno, postoji veliki broj prelaza između tipičnog jezera i tipične bare, u vezi sa dubinom vode i stepenom izraženosti jezerskih regiona (zona, odnosno pojaševa vegetacije)

**Jezerska kotlina** (jezersko korito) i **vodena masa** koja je ispunjava predstavljaju jednu nerazdvojnu celinu, tako da je za stvaranje jezera potrebno s jedne strane formiranje jezerske kotline, a s druge njeno punjenje vodom. Jezerske kotline mogu postati različitim načinima, npr. spuštanjem Zemljine površine i stvaranjem udubljenja koja se ispunjavaju vodom (tektonsko poreklo jezera), umirivanjem vulkana pri čemu se njihovi krateri pretvaraju u jezera ili u udubljenjima mase ohlađene lave koja isto tako može i da zatrpia rečni tok te da time stvori jezerski bazen (jezera vulkanskog porekla), zatim odsecanjem rečnih meandra i rukavaca i njihovim pretvaranjem u stajaće vode, itd. U ovom poslednjem slučaju najteže je razlikovati jezero od bare (tzv. dolinska ili rečna jezera).

Kada se jezerska kotlina ispuni vodom njeno dalje formiranje proihsodi radom vode koja udara u obale, potkopavajući ili drobeći stene (ili neki drugi materijal) i odnoseći ih dalje od obale, gde ih taloži. Kao rezultat ovog procesa obrazuje se **obalska i dubinska zona**. U prvoj od njih preovlađuju procesi razaranja stenovite podloge (radom talasa), a u drugoj procesi taloženja produkata ovog raspadanja. Naravno, u rečnim (dolinskim) jezerima procesi raspadanja obala manje su izraženi, pa je tu s obzirom na karakter živog sveta (vegetacija makrofita) izražen i proces taloženja organskog materijala.

**Obalski region** obuhvata tri dela:

1. **Obala u užem smislu**, deo kopna koji okružuje jezero. Ona je predstavljena obalskom padinom različitog nagiba i širine (ove su razlike od bitnog značaja za stepen ispoljenosti vegetacijske zone makrofita i mogućnosti njihove organske produkcije). Njena se osnova nalazi na gomjoj granici mlatnog delovanja talasa.

2. **Priobalna zona**. Jedan njen deo ostaje uvek izvan vode, i nalazi se jedino pod dejstvom talasa (suvi deo priobalne zone). Drugi je periodično plavljen za vreme visokih voda (plavni deo priobalne zone), a treći je stalno pod vodom (podvodni deo priobalne zone).

3. **Obalski plićak** je u vidu **podvodne terase**, koji se na svome kraju spušta u jezero sa više ili manje okomitim nagibom. On ima dvostruko poreklo: s jedne strane obrazuje se abrazijom (izlokavanje) geološke podloge, a s druge akumulacijom rastresitog materijala.

Priobalna zona i obalski plićak čine **obalski region**, ili jezerski **litoral**, dok je **dubinska zona** označena kao **profundal**. Između njih je prelazna zona **sublitorala**. Treba posebno podvući da je **litoral upravo zona najvećeg (i jedinog) razvića makrofita i makrofitske vegetacije**; u barama vrlo često čitavu masu vode, tj. čitavom širinom barskog biotopa, zauzima zona litorala i makrofitske vegetacije.

Donja granica litorala je određena dubinom dejstva talasa, odnosno granicom prodiranja sunčevih zrakova. S obzirom da ona ustvari ograničava rasprostiranje zelenih biljaka u dubinu, izražena je i krajnjim prostiranjem makrofitske vegetacije.

Vodena masa jezera takođe odgovara ovim regionima, tako da se deli na **litoral**, koji se nalazi iznad obalskog regiona, i **pelagial** ili zonu slobodne vode, iznad profundala. Vezani za dno jezera, bilo da se radi o litoralalu ili profundalu, žive organizmi označeni su kao **bental** (sesilni ili vagilni), dok su u slobodnoj vodi **organizmi pelagijala**, i to **nekton** (kreću se slobodno u vodi), **plankton** (lebde u vodi) i **pleuston** (pliva na površini vode)

**Litoralni region** se odlikuje čitavim nizom specifičnih osobina, mada pojedini njegovi delovi mogu da pokazuju i znatne razlike. Isto tako, litoral je različit i u različitim jezerima, u vezi sa njihovom specifičnošću. Tako, na primer, kod mnogih eutrofnih jezera zona litorala ide do dubine od svega nekoliko metara, dok u bistrim alpijskim jezerima ona može da se spušta i sve do dubine od 20–30 m. Tamo gde je obala ravna a obalska terasa prostrana, litoralni region ima veliku širinu, i pored inače male dubine njegovog maksimalnog prostiranja.

Jedan od najbitnijih karaktera litorala, u odnosu na profundal, jeste njegova **velika prosvetljenost**, što upravo i omogućuje **bujan razvoj zelenih biljaka makrofita**. Inače, svi životni uslovi litorala su vrlo različiti u horizontalnom i vertikalnom pravcu, varirajući isto tako i u toku godine; sa time je upravo i vezano **zoniranje litorala na različite biotope (i vegetacijske pojaseve)**, naseljene posebnim biocenozama. Smenjivanje vegetacijskih pojaseva u litoralalu po dubini, o čemu je već bilo reči, upravo je uslovljeno ovom činjenicom.

U litoralalu vlada režim jakih talasa, što ima određenog uticaja na životne uslove i biocenoze. Ali, postoje i mesta u kojima talasanje nema većeg značaja. To su mirni, **lentični** biotopi litorala, nasuprot **lotičnim**, nemirnim delovima obalske zone.

**Lotično područje** litorala ima stenovitu, šljunkovitu ili peskovitu podlogu, što je uslovljeno dejstvom talasa. U pogledu živoga sveta ovo je najsiromašniji jezerski biotop, te gajenje makrofita u njima moglo bi da dođe u obzir jedino u uslovima specifičnih intervencija.

**Lentično područje** se odlikuje mirnom vodom, te je veoma obraslo vegetacijom makrofita. Na prostranim i blago nagnutim obalama sa lentičnim uslovima vegetacija je raspoređena u koncentričnim pojasevima. U visokoplaninskim jezerima sa strmom i stenovitom obalom ova pojava je neuporedivo slabije izražena.

**Bare.** — Bare su takvi stajaći vodeni biotopi u kojima nije izražena dubinska zona (tj. profundal), tako da čitava njihova površina odnosno vodena masa može da bude naseljena vegetacijom litorala. **Bare su jezera bez dna (profundala)**! Drugim rečima, u njima nije moguće razlikovati litoralnu i profundalnu zonu, što je uslovljeno pre svega malom dubinom. Po pravilu bare su postojane, i samo izuzetno presušuju, delimično ili potpuno.

Između bara i jezera nije moguće postaviti oštru granicu, s obzirom da postoje mnogobrojni prelazi. Neka jezera imaju i odlike barskih biotopa, dok mnogobrojne bare pokazuju i jezerske crte, sa više ili manje naglašenim dubinskim područjem.

Ali, uopšte uzev, bare pokazuju sve karakteristične osobine jezerskog litorala, što se pre svega odnosi na veliku prosvetljenost sve do dna, tako da je **omogućen bujan razvoj makrofitske vegetacije**. Temperaturna kolebanja su vrlo velika, kako u toku dana i noći, tako i u toku godine. Bare mogu leti da se veoma mnogo zagreju, dok im se za vreme zime voda brzo i jako rashlađuje. Količina kiseonika je obično dosta velika. S obzirom na većinom male razmere barskog biotopa, snaga talasa nije tako velika kao u jezerskom litoralalu. Zato je i lotična zajednica slabije izražena, nasuprot lentičnoj koja dominira.

Lokve su male, plitke i površinski sasvim ograničene bare („barice”), koje se pre svega odlikuju **astatičnošću**: one su nepostojane, pa u leto po pravilu presušuju. U njima su od vodenih biljaka nastanjeni većinom samo planktonski organizmi.

### Ekološke, vegetacijske i florističke prilike u uslovima naše zemlje

S obzirom na praktičnu potrebu iskorišćavanja biomase vodenih makrofita u našoj zemlji, ukazaćemo na opšti karakter ekoloških uslova u vodenim bazenima Srbije (i Jugoslavije u celini), na opšti karakter rasporeda vegetacije makrofita i na floristički fond vodenih biljaka, koji nam, u principu, stoji na raspolaganju.

Pre svega, nešto o opštim ekološkim uslovima pojedinih zona i **zoniranju vegetacije makrofita**, koji se, kao opšti tip, može prihvatiti za sve naše stajaće vode (jezera i bare), sa većim ili manjim variranjem od slučaja do slučaja.

Ako se pođe od sredine jezera (odnosno bare), ili bolje reći od unutrašnje granice litorala prema obali, videćemo da se **vegetacija litorala** sastoji od čitavog niza pojaseva koji se koncentrično smenjuju od dubljih ka plićim delovima litorala (sl. 9 i 10).

#### A. Region mikrofita.

##### I. Zona podvodnih livada (submerzne biljke).

1. **Pojas mikrofita**. — To je najdublji pojas i njega obrazuju isključivo sporofitne biljke kao što su zelene i modrozeleno alge, zatim dijatomeje. U ovom pojasu nalaze se takođe i krupnije biljke, kao što su na primer alge *Cladophora*, *Vaucheria* i dr. Sve ove biljke nalaze se duboko u vodi i u njoj su potpuno potopljene.

#### B. Region makrofita.

2. **Pojas makrofita** (međutim, kao pojas makrofita mogu se shvatiti zajedno svi pojasevi biljaka pod 2, 3, 4, 5; pod 6. su biljke prelazne ka vlažnolivadskim). U nešto plićoj vodi ovaj pojas dolazi odmah iza prethodnog pojasa. Pojas makrofita (u užem smislu) obrazuju sporofite, naročito alge iz familije *Characeae* (*Chara*, *Nitzschia*), a takođe i niz cvetnica (viših biljaka): *Potamogeton obtusifolius*, *P. mucronatus*, *Ceratophyllum demersum*. U stvari, ovo je pojas u kome specifičan karakter daju **makrofitske alge**.

3. **Pojas širokolisnih Potamogeton-a**. Još na manjoj dubini (3–5 m) nalazi se pojas širokolisnih *Potamogeton-a* (vrste roda talasinje), npr. *P. perfoliatus*, *P. lucens*, i dr., kao i još neke druge biljke (*Myriophyllum spicatum*, *M. verticillatum*). Sve ove vrste potpuno su potopljene u vodi kao i biljke iz prva dva pojasa, ali su za vreme cvetanja cvetne stabljike izdignute iznad površine vode.

Ova tri gore navedena pojasa označuju se često i zajedničkim imenom kao pojas podvodnih livada ili pojas submerznih (potopljenih) biljaka.

##### II. Zona flotantnih biljaka (plivajućih makrofita)

4. **Pojas lokvanja** (ili pojas flotantnih biljaka, tj. biljaka čije lišće pliva na površini vode). Na još manjoj dubini (do 4 m) nalazi se pojas flotantnih biljaka. Tu su beli lokvanj

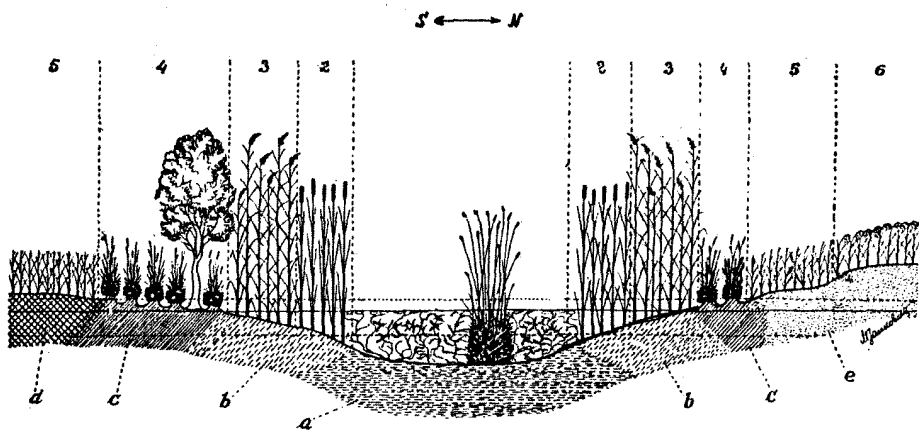
(*Castalia alba* = *Nymphaea alba*), žuti lokvanj (*Nuphar luteum*), *Potamogeton natans*, vrste vodenog oraha (*Trapa* sp. sp.), itd.

### III. Zona emerznih (uzdignutih) biljaka.

5. Pojas trske (pojas *Scirpus-Phragmites*). — U ovom pojasu, koji se pruža u dubinu i do 2–3 m, nalazi se sita (*Scirpus lacustris*), trska (*Phragmites communis*), rogoz (*Typha angustifolia* i *T. latypholia*), i dr. Obično se sita i trska razvijaju u kompaktnim grupama i jasno su diferencirane na dva samostalna pojasa: dublje ide pojas site, a na plićim mestima je trska. Rogoz se obično nalazi posle trske, znači u još nešto plićoj vodi.

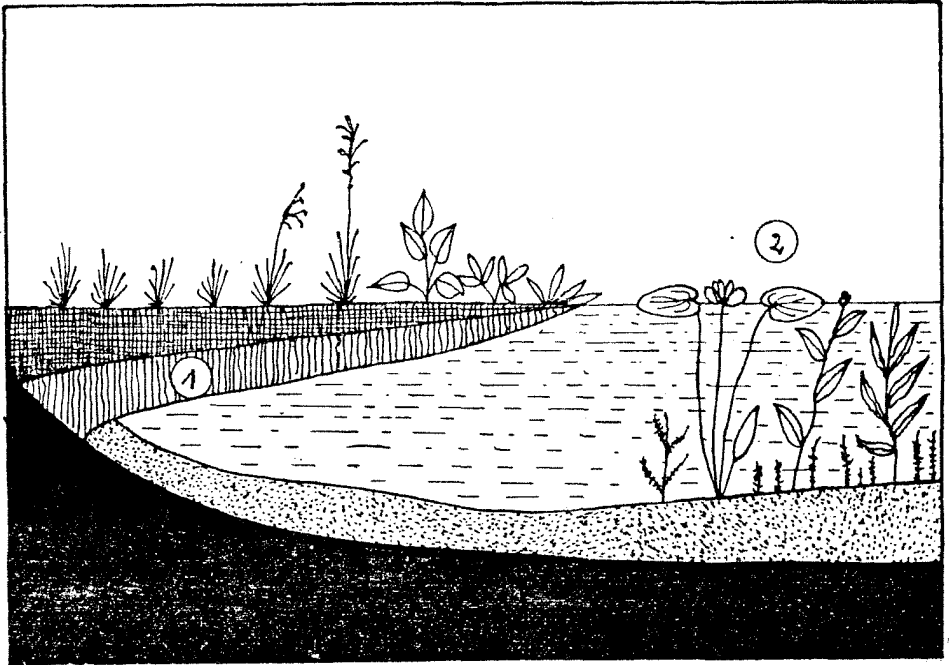
6. Pojas plitkovodnih biljaka. — Razvijen je uz obalu, u plićoj vodi. Čini prelaz ka suvoj zemlji. Tu su vrste oštrica (*Carex gracilis*, *C. rostrata*, *C. vulpina*, i dr.), zatim *Butomus umbellatus*, *Alisma plantago-aquatica*, *Sagittaria sagittifolia*, *Heleocharis palustris*, *Hyppuris vulgaris*, *Iris pseudacorus*, *Lythrum salicaria*, *Oenanthe aquatica*, *Cicuta virosa*, *Ranunculus lingua*, i dr.

Ova dva poslednja pojasa (5 i 6) mogu se označiti zajednički kao pojas emerznih (uzdignutih) biljaka, kako je to već i učinjeno, jer su one samo jednim, donjim delom, potopljene u vodi a gornjim se uzdižu iznad vode (sl. 12.)



Sl. 12. — Šematski profilni prikaz jednog „pseudoezera” koje je potpuno obraslo makrofitskom vegetacijom i na putu je umiranja; vegetacijske zone su dobro izražene: 1. makrofitske vodene biljke sa drezgom, lokvanjem, talasinjem, itd. (m – sita), 2. rogoz, 3. trska, 4. oštrice (n – vrba), 6. suvlje livade, a. fini mulj, b. treset trske i rogozi, c. treset oštrica, d. masna glina bogata humusnim materijama, e. pesak; tačkaste linije označuju maksimalni i minimalni nivo vode, a njen prosečni nivo označuje srednja puna linija (po M.M. Jankoviću).

Schematic representation of the profile of a „pseudo-lake” completely overgrown by macrophytic vegetation, hence in the process of vanishing; vegetation zones are well expressed: 1. aquatic macrophytes with water parsnip, water lily, pond-weed, etc. (m – rushes), 2. bulrush, 3. reeds, 4. sedges (n – willow), 6. drier meadows, a. fine mud, b. bulrush and reed peat, c. sedge peat, d. humus-rich greasy clay, e. sand; the dotted lines mark the maximum and minimum water level, the average one being marked by the continuous middle line (after M. M. Janković).



Sl. 13. –Primer nadrašćivanja biljaka i organskog materijala od obale, gde se u vodi i na površini formira lebdeća masa koja polako zatrpava jezero; jedan specifičan slučaj u zarastanju vodenog bazena, koji ni mi ne smemo zanemariti: 1. lebdeća masa barskog treseta, 2. flotantne i submerzne makrofite u vodi.

Example of overgrowing with plants and organic matter from the shore onwards, with floating and suspended mass which radually silt the lake; a specific case of water basin overgrowing which is not to be neglected: 1. suspended mass of the marsh peat, 2. floating and submerged macrophytes in water.

Ova jezerska i barska vegetacija litorala postepeno se smenjuje sa nadzemnom (na obalama) i povezana je sa njom prelazima. Prelazi postoje takođe i između opisanih pojaseva, iako su oni često između sebe i oštro izdvojeni (npr. pojas trske i pojas site), a upravo tamo gde su u dodiru vrste sa sličnim ekološkim potrebama. Posle ovih pojaseva, u delovima gde je voda vrlo plitka, sa kojih se i povlači, ili vrlo vlažnim, nalazi se vegetacija močvara, ritova, poplavnih i vlažnih livada, koja ima takođe **značaj za problem proizvodnje i korišćenja biomase**, u ovom slučaju već ne više vodenih biljaka (hidrofitna) već biljaka higrofitna (helofita), koje mogu bar neke od njih, pokazati za naš problem i određen značaj.

I o tim biljkama i njihovim zajednicama (higrofitama, odnosno helofitama) reći ćemo nekoliko reči. Pre svega, pod močvarama podrazumevamo takve delove Zemljine površine čiji su gornji slojevi podloge stalno vlažni usled prisustva stajaće ili sporotekuće vode. Na njima se razvija specifična higrofilna, **močvarna vegetacija**, prilagođena životu u uslovima veoma vlažne i anaerobne podloge. Za močvare je veoma karakteristično stvaranje **treseta**, kao rezultat specifičnih promena biljnih ostataka koji se na vlažnoj površini močvare, u uslovima anaerobije, ne humificiraju već, u manjem ili većem stepenu, **ugljenišu**.

Za nas su posebno interesantne niske ili eutrofne močvare, kojih ima mnogo u nizijama duž naših velikih reka, i u kojima se stvara sirovi humus i grubi treset; ukoliko se u ovakvim predelima nalazi trska (*Phragmites communis*), tada će ona biti i glavni producent biomase, kao i gruboga treseta. Ali, takođe, i mnoge druge močvarne biljke, neke vrste roda *Carex*, zatim *Bolboschoenus maritimus*, *Calamagrostis*, itd.

Ritovi, kao prostori koji su pod vodom samo povremeno, naseljeni su takođe mnogim higrofilnim biljkama, naročito onim koji ne podnose uslove jače anaerobije već traže određen stepen provetranja zemljišta.

U toku našeg daljeg istraživačkog rada na rešavanju fundamentalnih pitanja stvaranja što veće biomase od strane makrofita i različitih močvarnih biljaka (higrofiti, helofiti), i njene primene u industriji i poljoprivredi, moraćemo da pravilno ocenimo pravu vrednost velikih površina močvarnog i ritskog karaktera u našoj zemlji, a posebno pitanje isplativosti, tj. ekonomske opravdanosti uključivanja ovih prostora u proces proizvodnje biomase na račun poljoprivrednih biljaka; ili će se, naprotiv, pokazati da je mnogo bolje i ekonomski opravdanije meliorisati ove prostore i gajiti na njima neku od već proverenih poljoprivrednih kultura.

### Obim i karakter florističkog fonda makrofita kod nas.

U našoj zemlji, kao i u SR Srbiji posebno, floristički fond makrofitskih biljaka (uključujući i helofite) veoma je veliki, odlikuje se mnogobrojnim vrstama, raznovrsnim u velikoj meri u odnosu na ekologiju, karakter i obim organske produkcije i stvaranja biomase, te velikom njenom raznovrsnošću u odnosu na kvalitet koji ona ima (pre svega u odnosu na različite biohemijske materije koje sadrži). Stoga je naš rad, nesumnjivo, veoma perspektivan.

U flori SR Srbije nalazi se preko 200 vrsta makrofita i drugih močvarnih i ritskih biljaka (emerznih biljaka, helofita, higrofiti), među njima i znatan broj vrlo perspektivnih.

Navešćemo, kao dokaz i prilog prethodnom tvrđenju, spisak najvažnijih vrsta (najvažnijih prema našem nahodanju), kao rezervoar odakle ćemo uzimati šta nam bude trebalo (radi produkcije biomase), i to, zbog preglednosti, prvo one biljke koje naseljavaju samo jezero ili baru, a zatim one koje se nalaze u obodnom pojasu močvarnog, ritskog ili vlažnolivadskog karaktera. Ova podela nije uvek apsolutna, jer, kao što je već rečeno, postoji priličan broj biljaka koje mogu uspešno živeti kako u samoj vodi tako i van nje, u ritovima, močvarama i vlažnim, odnosno plavnim livadama. U takvim slučajevima kao merilo uvrstavanja u jednu ili drugu grupu služila je veća orijentacija date vrste ka odgovarajućim ekološkim uslovima.

#### I. Grupa – jezerske i barske biljke. (uključujući i emerzne).

*Ranunculus tripartitus* DC. (vodeni ljutić, kao i ostale vrste vodenih ranunkulusa).

*Ranunculus aquatilis* L.

*Ranunculus petiveri* Koch.

*Ranunculus circinatus* Sibth.

*Ranunculus fluitans* Lam. (provodnica, vodeni ljutić).

*Caltha palustris* L.

*Nymphaea alba* L. (*Castalia alba*) (beli lokvanj).

*Nuphar luteum* Sm. (žuti lokvanj).

*Nasturtium officinale* L.

*Nasturtium amphybium* R.Br.

*Myriophyllum verticillatum* L.

- Myriophyllum spicatum* L.  
*Hippuris vulgaris* L. (barak, mačji rep).  
*Cillitriche verna* Rutz.  
*Ceratophyllum demersum* L.  
*Berula angustifolia* Koch.  
*Oenanthe phellandrium* Lam.  
*Oenanthe fistulosa* L.  
*Oenanthe silaifolia* M.B.  
*Lymnanthemum nymphoides* Link.  
*Limosella aquatica* L.  
*Utricularia vulgaris* L. (mešica).  
*Trapa longicarpa* M. Jank. (orašak, vodeni orah).  
*Trapa brevicarpa* M. Jank. (orašak, vodeni orah).  
*Trapa annosa* M. Jank. (orašak, vodeni orah).  
*Trapa europaea* Fler. (orašak, vodeni orah).  
*Stratiotes aloides* L. (testerica).  
*Hydrocharis morsus ranae* L.  
*Alisma plantago-aquatica* L. (vodena bokvica).  
*Sagittaria sagittifolia* L. (keka).  
*Butomus umbellatus* L.  
*Potamogeton gramineus* L. (za sve *Potamogeton*-e: resinje, talasanje, drezga).  
*Potamogeton heterophyllus* Schreb.  
*Potamogeton fluitans* Roth.  
*Potamogeton natans* L.  
*Potamogeton oblongus* Viv.  
*Potamogeton crispus* L.  
*Potamogeton lucens* L.  
*Potamogeton acutifolius* Link.  
*Potamogeton pussilus* L.  
*Zanichellia palustris* L.  
*Najas minor* All.  
*Najas major* L.  
*Lemna trisulca* L. (sočivica).  
*Lemna polyrrhiza* L. (sočivica).  
*Lemna minor* L. (sočivica).  
*Lemna gibba* L. (sočivica).  
*Typha angustifolia* L. (uskolisna rogoz).  
*Typha latifolia* L. (širokolisna rogoz).  
*Sparganium natans* L.  
*Sparganium simplex* Huds.  
*Sparganium ramosum* Huds.  
*Acorus calamus* L. (Idjirot).  
*Iris pseudacorus* L. (barska perunika).  
*Juncus glaucus* Ehrh. (sita).  
*Juncus conglomeratus* L. (sita).  
*Juncus compressus* L. (sita).  
*Juncus bufonius* L. (sita).  
*Juncus obtusifloris* Ehrh. (sita).  
*Juncus lamprocarpus* Ehrh. (sita).



*Cyperus flavescens* L.  
*Cyperus monti* L.  
*Cyperus longus* L.  
*Cyperus glaber* L.  
*Cyperus glomeratus* Hots.  
*Heleocharis acicularis* R.Br.  
*Heleocharis palustris* R.Br.  
*Heleocharis uniglumis* Link.  
*Scirpus maritimus* L. (*Bolboschoenus maritimus*). (sita, ševar).  
*Scirpus pauciflorus* Lgth.  
*Scirpus micelionus* L.  
*Scirpus holoschoenus* L.  
*Scirpus supinus* L.  
*Scirpus lacustris* L. (sita, ševar).  
*Scirpus tabernaemontanus* Gmel.  
*Phalaris arundinacea* L.  
*Crypsis alopecuroides* Schr.  
*Leersia orizoides* Sw  
*Calamagrostis litorea* DC.  
*Phragmites communis* Trin. (trska).  
*Glyceria aquatica* Prest.  
*Glyceria fluitans* R.Br.  
*Glyceria spectabilis* M.R.  
*Marsilea quadrifolia* L.  
*Salvinia natans* L.

## II. Grupa – biljke močvara, ritova i plavnih (vlažnih) livada.

*Nasturtium silvestre* R.Br.  
*Nasturtium austriacum* Crautz.  
*Trifolium repens* L. (puzeća detelina).  
*Glycyrrhiza echinata* L. (konjedja).  
*Rubus caesius* L. (kupina).  
*Potentilla anserina* L. (steža).  
*Potentilla supina* L.  
*Potentilla reptans* L.  
*Epilobium hirsutum* L.  
*Epilobium palustre* L.  
*Lythrum hyssopifolium* L.  
*Lythrum salicaria* L.  
*Lythrum virgatum* L.  
*Peplis portula* L.  
*Sium latifolium* L.  
*Oenanthe fistulosa* L.  
*Oenanthe media* Gris.  
*Pastinaca sativa* L.  
*Bidens tripartita* L. (kozji rogovi).  
*Bidens cernua* L.  
*Senecio paludosus* L.

*Senecio erraticus* Bert.  
*Sonchus arvensis* L.  
*Convolvulus sepium* L.  
*Myosotis palustris* With. (žabinac).  
*Solanum dulcamara* L. (poskvica, razvodnik).  
*Mentha aquatica* L. (vodena nana).  
*Mentha arvensis* L. (močvarna nana).  
*Lycopus europaeus* L.  
*Lycopus exaltatus* L.  
*Stachys palustris* L.  
*Scutellaria galeericulata* L.  
*Scutellaria hastifolia* L.  
*Lysimachia nummularia* L. (metilj, pretivak).  
*Lysimachia vulgaris* L.  
*Lysimachia punctata* L.  
*Chenopodium polyspermum* L.  
*Chenopodium glaucum* L.  
*Chenopodium urbicum* L.  
*Rumex conglomeratus* Wierzb.  
*Polygonum graminifolium* Wierzb.  
*Polygonum amphibium* L.  
*Polygonum lapathifolium* L.  
*Polygonum persicaria* L. (lisac).  
*Polygonum hydropiper* L. (paprac).  
*Polygonum mite* Huds.  
*Euphorbia palustris* L. (močvarna mlečika).  
*Euphorbia gerardiana* Jacq.  
*Euphorbia esula* L.  
*Euphorbia lucida* W.K.  
*Carex remota* L. (Oštrica kao i svi ostali kareksi).  
*Carex vulpina* L.  
*Carex acuta* L.  
*Carex hirta* L.  
*Carex paludosa* Good.  
*Carex riparia* Curt.  
*Alopecurus geniculatus* L.  
*Alopecurus fulvus* Sm.  
*Aira caespitosa* L.  
*Poa trivialis* L.  
*Poa pratensis* L.  
*Poa palustris* L.  
*Horedum maritimum* With.  
*Equisetum palustre* L., itd., itd.

Naravno, neće sve ove navedene i nenavedene vodene i močvarne biljke imati istu vrednost u pogledu iskorišćavanja njihove biomase. Ipak, neke već sada možemo izdvojiti kao vrlo perspektivne. Tako su, pre svega, sledeće:

*Phragmites communis* (trska),  
*Scirpus lacustris* (sita, ševar),

*Nymphaea alba* (beli lokvanj),  
*Nuphar luteum* (žuti lokvanj),  
*Trapa* sp. sp. (vodeni orah),  
*Lemna* sp. sp. (sočivica),  
*Acorus calamus* (idjirot),  
*Typha angustifolia* (uskolisna rogoz),  
*Typha latifolia* (širokolisna rogoz).

Sa njima treba početi, a u toku daljeg rada pokazaće se, možda, i vrednost drugih vrsta.

Neke od vrsta u navedenim spiskovima imaju za nas i nešto drukčiji interes, pa ih moramo proučiti, mada, možda njihova biomasa ne zaslužuje pažnju. To su, naime, otrovne biljke koje će u svojoj masi moći, možda, da ugroze i kvalitet biomase drugih biljaka, namenjene stočnoj ishrani. Ovde pre svega mislimo na vodene ljutiće (*Ranunculus* sp. sp., podrod *Batrachium*).

U svakom slučaju proučavanje vrsta iz ovoga zaista bogatog fonda naše vodene i močvarne flore, ima dobru perspektivu i raznovrsne objekte, pa u tom pogledu treba i nastojati.

#### NAŠE PERSPEKTIVNO NAJVAŽNIJE VODENE MAKROFITE ZA PRODUKCIJU BIOMASE

Bez obzira na inače vrlo veliki broj vodenih i močvarnih biljaka u našoj (jugoslovenskoj) flori, za efektivnu produkciju biomase doći će u obzir, ipak, samo njihov ograničen broj. Kakav će biti definitivni njihov izbor pokazaće eventualna buduća istraživanja. Ipak, već danas možemo ukazati na neke po svoj prilici vrlo perspektivne biljne vrste, koje u našim postojećim prirodnim uslovima vodene i močvarne vegetacije pokazuju visok stepen biološke produkcije.

Pre svega, treba razlikovati odgovarajuće produkciono perspektivne vrste prema zonama vodenih biljaka, kako je napred već istaknuto: (1) **zona submerznih (potopljenih) biljaka**, u najdubljem delu vodenih biotopa, (2) **zona flotantnih (plivajućih) biljaka**, u plićem delu, i (3) **zona emerznih (uspravljenih, helofitnih) biljaka**, u najplićoj vodi, odnosno močvarnom obodnom delu vodenih biljaka. Svaka od ovih zona ima svoje karakteristične makrofite, a među njima, opet, postoje određene, samo neke biljne vrste dovoljno perspektivne za veliku produkciju biomase. Isto tako, svaka od ovih zona ima i svoje specifične ekološke uslove, koji odgovaraju i za određen nivo (kvantitet) i karakter (kvalitet) organske produkcije.

Naravno, u odgovarajućim (specifičnim) uslovima biotopa i spoljašnje sredine svaka vrsta makrofita bila bi sposobna (ukoliko se odstrani konkurencija) da produkuje daleko veću biomasu nego što je to sada slučaj u prirodnim postojećim uslovima (ova pretpostavka, vrlo verovatna, bila bi proverena tokom naučnoistraživačkog rada i u eksperimentu). Ovo može da bude od značaja ukoliko se zbog nekih specifičnih potreba (npr. farmaceutskih), odlučimo za neku vrstu koja inače u prirodnim uslovima nije ni brojna ni visoko produktivna.

U prvoj, submerznoj zoni moramo pomicati pre svega na vrste iz dva roda makrofita – *Ceratophyllum* i *Myriophyllum*, i to na *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum* i *Myriophyllum verticulatum*. Istina, i neke vrste roda *Potamogeton* (rod talasinja) došle bi u obzir, pre svega *Potamogeton crispus*. Ipak, u prirodnim uslovima, prema onome što se sada zna, najgušće i najbrojnije populacije u slobodnoj vodi

submerzne zone stvaraju upravo napred navedene tri vrste, pa njima treba posvetiti i posebnu pažnju. Osim toga, one su (a naročito *Ceratophyllum demersum*), sposobne da stvaraju populacije i u zasenčenim uslovima u flotantnoj zoni (istina, više ili manje proređene), ispod plivajućih listova lokvanja i vodenog oraha (*Nymphaea alba*, *Nuphar luteum*, *Trapa* sp.sp.). Time povećavaju efekat organske produkcije u flotantnoj zoni litorala.

U flotantnoj zoni najperspektivnije su, vrlo verovatno, žuti lokvanj (*Nuphar luteum*), u plićoj vodi, beli lokvanj (*Nymphaea alba*, odnosno *Castalia alba*), u nešto dubljoj vodi, i najzad vodeni orah (*Trapa* sp.sp.), u najdubljijoj vodi. Plodovi žutog i belog lokvanja predstavljaju masivne i krupne tvorevine, tako da mogu predstavljati poseban interes, ne samo energetski. Inače, od vegetativnih delova, pored listova i njihovih peteljki, beli i žuti lokvanj imaju i debele razgranate rizome, višegodišnje delove biljke, koji mogu, moguće, predstavljati i glavni deo biomase ovih biljaka.

Što se tiče vodenog oraha (*Trapa*), odnosno oraška, raška, predstavlja on možda i najperspektivniju vodenu makrofitu ne samo u okviru flotantnog pojasa već i među svim makrofitičkim vrstama našeg podneblja. Naime, ova flotantna jednogodišnja biljka (koja je kod nas zastupljena sa četiri vrste: *Trapa annosa*, *T. longicarpa*, *T. brevicarpa* i *T. europaea*), donosi mnogobrojne, krupne i veoma hranljive plodove. Analiza njihovog hemijskog sastava (koju smo velikim delom vršili i mi), pokazuje da oni sadrže visok procenat skroba, šećera (naročito kada su mladi), belančevina i drugih materija, te da po tome ova biljka spada u isti red sa najkvalitetnijim poljoprivrednim kulturama (kao što su, npr., kukuruz i pšenica).

Orašak (*Trapa*) okarakterisana je i kao „zaboravljena kulturna biljka”, koja je za ljudsku ishranu imala veliki značaj u preistorijsko sojeničko doba, dakle u naseljima vezanim za rečne tokove i močvarne predele. Ima nekim indicijama da je *Trapa* tada oko sojeničkih naselja i gajena, i da je imala isti onaj značaj za ishranu ljudi koji danas imaju npr. pšenica ili pirinač. I danas ona predstavlja prehranbenu biljku u nekim delovima sveta (npr. u Indiji), pa se u njima čak i gaji, a do nedavno bila je u tom pogledu značajna i kod nas, pre svega za stanovništvo pored Skadarskog jezera. Uzgred budi rečeno, plodovi skadarske trape (*Trapa longicarpa* ssp. *scutariensis*) odlikuju se izuzetnom veličinom (spadaju među najkrupnije plodove oraška u svetu), te se ova trapa sa Skadarskog jezera možda može i introdukovati u naše severne krajeve (npr. u Pomoravlju i Vojvodini).

U slučaju eventualne produžene žetve plodova oraška (znači branje plodova sukcesivno, u skladu sa njihovim postupnim sazrevanjem duž stabljike u toku odvijanja vegetacijskog perioda), nadamo se da bi učinak produkovanja biomase ovih dragocenih plodova bio, možda, zaista izuzetan.

Dakle, vodeni orah (*Trapa* sp.sp.), vredi verovatno kao jedna od najperspektivnijih biljaka za produkovanje biomase u našim vodenim basenima i u akvakulturi.

U zoni emerznih biljaka posebno treba istaći trsku (*Phragmites communis*), koja je i ranije bila u velikoj upotrebi. Danas će ona, u vezi sa iskorišćavanjem biomase, doživeti, verovatno, svoju renesansu aplikacije u privredi. Međutim, s obzirom na visok sadržaj celuloze koji ona sadrži (a što može biti nepovoljno u konverziji energije do alkohola i metana), treba osobito pomišljati i na rogoz (*Typha latifolia* i *T. angustifolia*), s obzirom da ima mekana tkiva (u odnosu na trsku), te da će za naše potrebe biti, možda, upotrebljivija. Od znatnog je interesa i rogoz (*Scirpus lacustris*).

Sve u svemu, sledeće vodene i močvarne vrste makrofita možemo, za sada, izdvojiti kao najperspektivnije u produkovanju biomase. Sa njima treba najviše i raditi u gajenju (u prirodnim uslovima), naučnom istraživanju i eksperimentisanju.

*Ceratophyllum demersum*  
*Myriophyllum spicatum*  
*Myriophyllum verticillatum*  
*Nuphar luteum*  
*Nymphaea alba*  
*Trapa* sp.sp.  
*Phragmites communis*  
*Typha latifolia*

*Typha angustifolia*  
*Scirpus lacustris*  
*Lemna* sp.sp.

Naravno, pored ovih treba uzeti u obzir i neke druge vodene i močvarne biljke, jer se može pokazati da se i među njima nalaze korisne i perspektivne vrste (npr. vrste rodova *Potamogeton*, idjirot, *Acorus calamus*, testerica – *Stratiotes aloides*, ševar – *Bolboschoenus maritimus*, itd.).

#### GENETIČKI ASPEKTI STVARANJA BIOMASE OD STRANE MAKROFITA. SELEKCIJA I (EVENTUALNO) INTRODUKCIJA. GENETIČKI INŽENJERING KAO MOGUĆA PERSPEKTIVA.

Prodotovanje biomase (brzina, kvantitet i kvalitet, itd.), zavisi, s jedne strane, od karaktera spoljašnjih uslova (temperatura, svetlost, količina CO<sub>2</sub>, itd.), ali takođe, s druge strane, i od genetičke osnove svake vrste koja produkuje. Ta osnova može biti u toj meri različita, da pod istovetnim uslovima spoljašnje sredine dovodi često do sasvim različite organske produkcije. Tako je i kod vodenih makrofita.

Naravno, ovu genetičku razliku u pogledu mogućnosti stvaranja biomase (potencijal genoma, odnosno karakter reakcione norme), mi ćemo u makrofitskim zajednicama i u njihovim, eventualno, akvakulturama, koristiti, selektivno, već na nivou vrste. Jer već sama ta činjenica da ćemo se opredeljavati samo za neke, specifično odabrane vrste makrofita (odbacujući druge), upravo za one koje pod istovetnim uslovima imaju i najveću i najbolju produkciju, govori da se mi u stvari opredeljujemo za onaj genetički kodeks odgovoran za takvu organsku produkciju koja nam garantuje i najveću i najbolju biomasu na jedinici površine i u jedinici vremena.

Na nivou vrste to opredeljivanje nije, relativno, naročito komplikovano te ćemo se već u startu dosta lako odlučiti za ovu ili onu vrstu. Naravno, to ne znači da teškoća nema, te ćemo se i eksperimentalno i posmatranjima u prirodi morati da dosta angažujemo kako bi naš izbor „pravih“ makrofita bio što bolji i tačniji.

Međutim, kada je reč o jednoj istoj vrsti (koju smo u prethodnom postupku već odabrali kao potencijalno vrednu), teškoće u selekciji postaju vrlo izrazite i komplikovane.

Naime, već je odavno utvrđeno da jedna ista vrsta ima vrlo složenu populacijsku strukturu, da njene pojedinačne populacije nisu među sobom istovetne, u mnogim svojim odlikama, npr. ekološkim osobinama u odnosu prema staništu; i u **produkcijom pogledu** takođe nisu istovetne, pa su neke populacije manje produktivne, a neke više, neke pak **produkcijom predstavljaju izvanredno efikasne biološke sisteme**. Populacijska produkcija nije istovetna već i zbog samih promenljivih uslova spoljašnje sredine na različitim

staništima, u povoljnijim uslovima je veća a u nepovoljnijim manja, što omogućuje karakter reakcione norme, više ili manje široke, u okviru jedne iste vrste.

Međutim, ovde se insistira na razlikama u reakcionim normama u okviru jedne iste vrste i jedne iste populacije (u onim delovima genotipa koji su odgovorni za kvalitet i kvantitet organske produkcije), na tome da one mogu biti veoma različite i da zbir svih populacijskih normi jedne vrste predstavlja ustvari zbirnu reakcionu normu te vrste koja u konkretnim uslovima produkovanja, na određenom mestu i sa određenim ambijentalnim uslovima, nije realna osnova od koje se može poći. Nas, upravo, interesuju pojedinačne reakcione norme u vezi sa organskom produkcijom, jer nam upravo one omogućuju realnu proizvodnju biomase, i perspektivu izbora onih populacija (i onih jedinki) koje će nam pod istovetnim uslovima dati najveću biomasu.

S druge strane, postoje veoma velike razlike i u okviru jedne populacije, tako da jedne jedinke pokazuju jedna svojstva, a druge jedinke uvek sasvim druga. To se odnosi i na produktivne sposobnosti (tj. vrlo produktivne jedinke, sa velikom biomasom, i malo produktivne jedinke, sa malom biomasom – drugim rečima, sasvim uopšteno, krupne i sitne jedinke iste vrste iste populacije, u istovetnim uslovima spoljašnje sredine). Na ovo je skrenuo pažnju još T u r e s o n (T u r e s s o n, 1926.), koji je ukazao i eksperimentalno potvrdio da je populacijska struktura vrlo složena i da su neka individualna variranja u okviru jedne vrste i jedne populacije stabilno nasledno učvršćena. Tureson je u vezi sa ovim rezultatima uveo u nauku pojam **ekotipova**, pod kojima je podrazumevao stabilno nasledno fiksirane ekološke tipove biljaka (odnosno njihove osobine, različitog karaktera) u okviru populacija jedne vrste, a koji su se obrazovali kako u vezi sa krupnim zonalnim klimatskim razlikama, tako i u vezi sa ekološkim razlikama lokalnog karaktera, koje se znači ispoljavaju od mesta do mesta. T u r e s o n je posmatrao populaciju vrste *Succisa pratensis* na priobalnim livadama Baltičkog Mora; ova populacija odlikovala se time što su je sačinjavali patuljasti oblici date vrste. Između ovih patuljastih biljaka, u ovim prirodnim uslovima, nije se mogla zapaziti nikakva razlika. Tureson ih je zato kultivisao u drukčijim uslovima, pa se pokazalo da su neke od njih u uslovima eksperimenta i dalje zadržale svoj patuljasti rast (iz čega se zaključuje da je on nasledno vrlo stabilno fiksiran), dok su druge naprotiv bujno izrasle, vraćajući se normalnom, livadskom tipu vrste *Succisa pratensis*. U ovom slučaju jasno je da se radi o dva ekotipa iste vrste. T u r e s o n je isto tako dokazao postojanje različitih ekotipova i kod nekih drugih biljnih vrsta, kao na primer kod *Lythrum salicaria*.

Mi bi, dakle, u našem slučaju morali iz populacija neke makrofitske vrste selekcionisati one za nas najpogodnije, i to na taj način što bi odstranili one jedinke kod kojih je mali rast (dakle slaba produktivnost) toliko stabilno nasledno fiksiran da će se javljati bez obzira na spoljašnje (optimalne) uslove, a uzimali one jedinke, za masovno gajenje, koje imaju mogućnost da u dobrim uslovima postignu veliki porast. I obrnuto, odvajaćemo one jedinke kod kojih je veliki rast moguć i u nepovoljnijim uslovima spoljašnje sredine. Drugim rečima, mi bi u okviru našeg problema, tj. izbora najproduktivnijih populacija i najproduktivnijih jedinki neke makrofitske vrste, sprovodili selekciju koja bi bila usmerena upravo na one grupe (populacije) i na one jedinke koje mogu dati najveću biomasu u određenim (optimalnim ili pesimalnim) uslovima.

Kako je već rečeno, u nekim slučajevima velika biomasa zavisice od optimalnih spoljašnjih uslova ali u drugim uslovima vodenih biotopa to ne moraju (niti mogu) biti optimalni uslovi, pa ćemo tragati za onim jedinkama koje će i u takvim, lošijim uslovima, davati najveću moguću biomasu. Samo se po sebi razume da to, u okviru iste vrste, ne moraju biti iste populacije i iste jedinke. Za optimalne uslove staništa sa najvećom produkcijom moći mogu biti jedni ekotipovi najpogodniji, a za lošije uslove neki drugi.

Naravno, svi ovi, prisutni ali ni malo laki genetički (seleksijski) i ekološki problemi, predstavljaju jedan od najvažnijih zadataka za rešavanje u izboru najpogodnijeg materijala za produkciju aktivnost makrofita i stvaranje biomase.

Kao primer neizbežnog i potrebnog rada na pronalazanju produkcione najboljih populacija i jedinki može poslužiti trska (*Phragmites communis*). Naime, već je posmatrano na terenu kod nas i uočeno da se u vegetaciji (populacijama) trske (fitocenološki – *Phragmitetum*-i) ističu jedinke džinovskog rasta (do 3–4 m prosečno, ali i više od toga), sa velikom masom krupnih listova. One su u neposrednom društvu sa sitnijim jedinkama trske, tako da su pre izraz stabilne genetičke šifre za produkciju, nego neposrednog uticaja specifičnih (trofičkih) uslova sredine. Samo se po sebi razume da će se selekcija, ako je reč samo o količini biomase, opredeliti za te krupne jedinke (ekotipove), odnosno za populacije sastavljene od tih jedinki.

Međutim, selekcija na biomasu mora biti višesmerana. Pored kvantitativnog pokazatelja biomase može se ići i na različite njene kvalitete (npr. odnos celuloze prema odgovarajućim drugim materijama, sadržaj nekih specifičnih materija, itd.), na osobine važne za izdržljivost u specifičnim nepovoljnim uslovima staništa (npr. slabiji trofički sastav dna vodenih biotopa), na osobine značajne u setvi, itd.

Kada je reč o izuzetno perspektivnoj makrofiti vodenom orahu (*Trapa* sp.sp.), treba ukazati da će se selekcija možda prvenstveno orijentisati na broj plodova na stabljici i njihovu veličinu. Moguće da će specifična skadarska podvrsta oraška (*Trapa longicarpa* ssp. *scuteriensis*) biti u tom pogledu od posebnog interesa, jer ima najkrupnije plodove ne samo u Jugoslaviji već i u čitavoj Evropi. Međutim s obzirom na svoj južni (mediteransko–sumbmediteranski) karakter pokazaće ona i određenu osetljivost na niže prolećne, zimske i jesenje uslove, što bi bio hendikep za njenu introdukciju u severnije krajeve Pomoravlja, Posavine i Podunavlja. U svakom slučaju, selekcija u okviru vrsta i populacija roda *Trapa* biće svakako jedan od najinteresantnijih zadataka u traganju za makrofitama koje su za produkciju biomase najznačajnije u našem podneblju.

U vezi sa introdukcijom (i, verovatno, aklimatizacijom) određenih makrofita u naše krajeve (iz tropskih i subtropskih krajeva Afrike i Azije, na primer), treba reći da je ona jedva potrebna. Naime, naš floristički fond makrofita tako je bogat, sa vrstama visoko produktivnim, da se potreba za nekim uvezenim vrstama verovatno neće pokazati.

Što se tiče genetičkog inženjstva, treba pokušati i sa njime. Ipak, ova istraživanja moraju biti strogo usmerena i za sada su više teorijskog karaktera nego praktičnog. Ponovimo još jednom: **genofond i floristički sastav makrofita u okviru SR Srbije toliko je bogat i raznovrstan, da se potreba za genetičkim istraživanjima ogleda pre svega u selekciji najproduktivnijih vrsta, populacija i jedinki, u njihovom ukrštanju i traganju za najboljim svojstvima za visoku produkciju biomase, a daleko manje u introdukciji stranih (egzotičnih) vrsta. Genetičkom inženjstvu u vezi sa povećanjem produkcije biomase treba dati specifično mesto i specijalnu namenu.**

#### O NEKIM DODATNIM MERAMA ZA POVEĆANJE PRODUKTIVNOSTI MAKROFITA

Već smo videli da je organska produkcija makrofita u našim ravničarskim plitkim jezerima (rečna jezera) i barama, kao i u plitkoj vodi ritova i močvarnih livada, ne samo raznovrsna već i vrlo visoka. To je rezultat pre svega bioloških (a naročito ekoloških i fizioloških) sposobnosti vodenih biljaka naše flore i vegetacije, a zatim i produkcionih mogućnosti našeg podneblja: one su vrlo velike i rezultat su pre svega klime, što smo napred već analizovali upotrebom P a t e r s o n o v o g C V P – produkcionog indeksa.

Naravno, karakter podloge (dna), fizičke (termičke) i hemijske osobine vode, kao i morfometrija jezera i bara, takođe su od velikog značaja. I u tom pogledu naše su mogućnosti vrlo velike, jer je većina postojećih vodenih bazena u našoj zemlji u ravničarskim krajevima **eutrofnog karaktera** (dakle, visokoproduktivnog).

S druge strane, može se postići visok stepen eutrofnosti i u vodama na siromašnijoj podlozi (npr. glinovitoj ili peskovitoj), ako se jezera ili bare đubre određenim đubrivima. Time bi se produktivnost vodenih bazena povećala i tamo gde podloga inače ne pruža velike mogućnosti. Naravno, đubrenjem se povećava i produkciona sposobnost vode (a ne samo podloge). Ovo bi bio slučaj **namerne eutrofizacije vodenih bazena, u cilju povećanja produkcija biomase makrofita.**

S druge strane, termički uslovi vodenih bazena u našoj zemlji su izvanredno dobri, što je u vezi sa južnim položajem Jugoslavije i subsredozemnim karakterom podneblja (submediteranska varijanta umerene klime, gledajući geografski, i panonsko-subpanonska varijanta kontinentalne klime – što sve znači vrlo topla i duga leta). Prema tome, **uslovi vegetacionog perioda u našoj zemlji za maksimalnu organsku produkciju onih vrsta koje su visokoproduktivne i istovremeno termofilne vrlo su dobri, čak odlični.**

Ipak, može se, makar i teorijski, postaviti pitanje da li postoje mogućnosti, a i potrebe, da se nešto učini što bi produžilo vreme organske produkcije makrofita u vodenim bazenima i tako povećala njihova efikasnost u pogledu stvaranja biomase. Drugim rečima, mogu li se postići dve žetve (ili čak i više), ranijim (u proleće) počimjanjem vegetacije i njenim kasnijim (u jesen) završavanjem.

Teorijske i praktične mogućnosti za to postoje. Međutim, treba voditi računa i o mogućnosti negativnih implikacija ovih intervencija, koje će, možda, dovesti čak i do sasvim suprotnih efekata.

Pre nego što se progovori o tim mogućnostima treba istaći važnu činjenicu da je u jezerima i barama (i uopšte u svim vodenim bazenima) vegetacijski period znatno kraći nego u neposrednoj njihovoj okolini, odnosno okolnoj prirodi: u vodenim bazenima je dan kraći a noć duža, leto je kraće a zima duža (u ovom poslednjem slučaju misli se pre svega na opadanje svetlosnog intenziteta, a manje na temperaturne uslove koji mogu biti i u jesen dosta povoljni s obzirom na veliku termičku akumulacionu sposobnost vode – no, u manjim i plićim vodenim bazenima, pre svega u barama i rečnim jezerima, i voda postaje dosta hladna tako da se letnji period skraćuje ne samo u svetlosnom već i u termičkom pogledu; sve to, naravno, utiče i na smanjenje produkcionih sposobnosti samih vodenih bazena; ovaj fenomen je utoliko izraženiji ukoliko se ide dalje prema severu, tako da su vode u severnoj Evropi daleko manje produktivne nego jezera i bare u južnoj Evropi – što se odnosi pre svega na produkciju makrofita). Sve ovo proističe iz već poznatih optičkih odnosa vodenog bazena i sunčevog zračenja, pri čemu se jedan deo toga zračenja odbija od površine vodenog ogledala, i to utoliko više ukoliko su sunčevi zraci kosiji u odnosu na površinu vode.

U rano proleće mogla bi se koristiti industrijska topla voda koja bi se upuštala u (susedne) vodene bazene, čime bi se, gledajući čisto termički, potstakao raniji razvoj makrofita. U jesen, takođe, alohtona (industrijska) voda produžila bi vegetacijski period, odlazući njegov kraj za kasnu jesen.

Naravno, jedna dodatna korist od ove delatnosti takođe nije za zanemarivanje. Naime, upuštanjem toplih industrijskih voda u namenske vodene bazene izbeglo bi se termičko zagađivanje prirodnih vodotokova i ostalih vodenih bazena.

Međutim, vrlo je verovatno da se upuštanjem toplih industrijskih voda u rano proleće i kasnu jesen ne bi postigao željeni efekat povećanja organske produkcije makrofita, jer temperatura vode nije jedini ograničavajući faktor: **potrebno je da i svetlost**



u vodi bude odgovarajućeg intenziteta, kvaliteta i trajanja. To se odnosi i na flotantne makrofite, pošto i one imaju, više ili manje, podvodne zelene organe koji fotosintetišu i doprinose opštem efektu stvaranja biomase. Za submerzne biljke ovaj faktor svetlosti u vodi ima, naravno, odlučujući značaj. A u rano proleće još i u kasnu jesen u vodenim bazenima upravo je svetlost oslabljena, te su ovi ekosistemi u proleće još u tami mada je napolju već postalo vrlo svetlo; odnosno, u kasnu jesen oni postepeno tonu u mrak, mada je dan u okolini i dalje vrlo svetao.

**Zato je potrebno, pored upuštanja tople vode, obezbediti dodatno osvetljenje, ranoprolećnje i kasnojesejne, što se može postići primenom odgovarajućih reflektora.**

Treba istaći da je i veštačka svetlost dosta dobra za fotosintezu, te da u tom pogledu ne bi trebalo da bude posebnih teškoća. Međutim, postavlja se pitanje poremećaja fotoperiodskih reakcija kod makrofita, do čega bi moglo doći ukoliko su one (sve ili samo pojedine vrste – za nas posebno interesantne zbog svoje visoke produktivnosti) osetljive na promenu dužine dana i noći, odnosno na dužinu vegetacijskog perioda i svetlosnih odnosa u toku njega.

Naravno, sva ova sporna pitanja u vezi sa korišćenjem tople industrijske vode i dodatnog osvetljavanja moraju biti proučena (eksperimentalno i posmatranjima u prirodi), što podrazumeva i odgovarajuća ekološka, biološka i ekološko-fiziološka istraživanja makrofita i njihove vegetacije.

#### PODIZANJE VEŠTAČKIH VODENIH BAZENA ZA GAJENJE MAKROFITA. MOGUĆNOSTI I PERSPEKTIVE

Već postojeći prirodni vodeni bazeni u našim nizijskim ravničarskim prirečjima pokazuju veliku organsku produkciju biomase, koju ostvaruju autohtone makrofite, odnosno njihove fitocenoze, organizovane u sasvim određene i zakonomerno nastale vegetacijske celine, tj. ekosisteme. Međutim, njihov broj i prostiranje nisu dovoljni da bi proizveli zadovoljavajuće veliku količinu biomase koja bi opravdala utilizaciju u širim republičkim okvirima. S druge strane, preterano iskorišćavanje biomase iz već postojećih biljnih asocijacija vodenih makrofita bilo bi u suprotnosti sa načelima i potrebama zaštite naše žive prirode, s obzirom da je već istaknut zaključak da je vodena vegetacija veoma ugrožena, te da pripada onoj grupi vegetacijskih tipova koju treba strogo zaštititi (Skoplje, 1982., Međuakademjski jugoslovenski naučni skup posvećen zaštiti flore i vegetacije Jugoslavije).

S druge strane, različitim vidovima melioracije i isušivanja nizijskih močvarnih, plavnih i vlažnih terena duž naših velikih reka, pretežno u poljoprivredne svrhe, broj prirodnih vodenih bazena i njihovo prostranstvo još više su smanjeni u odnosu na primarno stanje (jedan od najboljih primera, prostor Pančevačkog rita kraj Beograda).

Iz svih tih razloga i postavlja se pitanje povećanja površina sa vegetacijom vodenih makrofita, što znači stvaranje novih, veštačkih vodenih bazena (već postojeća veštačka jezera, hidroakumulacije podignute radi vodoprivrednih i elektroprivrednih potreba, ne odgovaraju, kako zbog svoje specifične namene tako i zbog svojih izuzetno astatičnih osobina – o čemu je već rečeno).

U jednom slučaju mogu se vodom napuniti već postojeće prirodne depresije, duž velikih ravničarskih reka, čime bi se dobili veliki prostori, sa više ili manje plitkom vodom, u kojim bi se mogla razviti vodena vegetacija litorala, visokoproduktivna, posebno vegetacija flotantnog i emerznog tipa. Prema potrebi, na koju bi ukazali rezultati prethodnih naučnih istraživanja, u ovim vodama forsirale bi se određene vrste makrofita (npr. vodeni orah, lokvanj, trska, rogoz).

Treba reći da bi ovi prostori pod vodom (naravno morfometrijski jasno definisani i hidrotehnički organizovani na odgovarajući način), mogli da posluže i kao poplavni amortizeri, tj. takvi hidrotehnički sistemi koji bi primali u sebe visoke prolećne i jesenje poplavne vode, i time sprečavali poplave onih naseljskih i poljoprivrednih prostora duž reke, koji su inače najviše i najčešće ugrožavani. Naravno, samo se po sebi razume da stvaranje ovakvih veštačkih vodenih bazena predpostavlja i reviziju položaja i strukture nasipske mreže, kao i izradu novih nasipa.

Druga mogućnost je iskorišćavanje onih depresija koje nastaju kao nuzprodukat neke druge, osnovne delatnosti. Tu se naročito misli na površinske rudničke kopove. Tako na primer, u domenu Kolubarskih ugljenih površinskih rudnika stvaraju se prostrane depresije (rupe, jaruge, krateri) duboke i do 100 m (!). U krajnjem slučaju, zbog deficita materijala (izvađenog uglja) dobijaju se depresije duboke i do 60 m (jer su najmoćniji ugljeni slojevi debeli i do 40 m). Sa ponovnim vraćanjem dela materijala izgubljenog iskopavanjem uglja (što praktično znači vraćanjem šljake i pepela), ovaj krajnji deficit bi mogao da se smanji, što znači da bi se smanjila i maksimalno moguća dubina depresije. Ipak, depresije bi i pored toga ostale dovoljno duboke da bi predstavljale ozbiljan problem rekonstrukcije prvobitnog terena. Pogodnim načinom vraćanja ishodnog materijala u stvorene depresije mogao bi se formirati niz dosta plitkih vodenih bazena, literalnog karaktera, sa odgovarajućom makrofitskom vegetacijom, dakle pogodne i produktivne plantaže vodenih biljaka. Tek poneka od tih depresija morala bi se formirati kao plitka jezera (sa litoralom i profundalom), koja bi se koristila pre svega u rekreacione svrhe, jer veća dubina vode ne bi bila pogodna za veću organsku produktivnost.

S obzirom na prirodnu lokaciju ovih (rudničkih) depresija u blizini termoelektrana i drugih industrijskih postrojenja, upravo bi se u njima moglo primenjivati upuštanje tople vode (i, eventualno, dopunsko osvetljavanje).

O svim ovim problemima moraće da se raspravlja, kako na teorijskom tako i na praktičnom nivou, u onom trenutku kada odlučimo da stvaramo i takve, veštačke vodene bazene.

#### KRATKI ZAKLJUČCI.

1. Biomasa je danas još uvek jedinstveni izvor reverzibilne energije, koji se koristi u širokim razmerama i ekonomski je opravdan. Biomasa kopnenih makrofita (pre svega viših vodenih biljaka, ali i nekih retkih algi, paprata i mahovina), do sada nedovoljno korišćena, može da posluži kao značajan dopunski izvor energije, hrane i drugih sirovina.

2. Iz izvesnih razloga, u osnovnom tekstu više—manje komentarisanih, makrofite kopnenih voda slabo su proučene iz aspekta sirovinskog korišćenja njihove biomase, pa se u tom pogledu raspolaže sasvim ograničenim podacima. Tek poneka vrsta makrofita nešto je bliže proučena, te i na osnovu tih oskudnih podataka možemo suditi o znatnoj perspektivnosti korišćenja biomase vodenih biljaka u energetske svrhe. Obična trska (*Phragmites communis*,) predstavlja jednu od tih retkih vrsta vodenih biljaka koja je svestranije proučena, i čija je biomasa čak i korišćena u većoj ili manjoj meri.

3. U Jugoslaviji, i u SR Srbiji, koja inače obiluje mnogobrojnim vrstama makrofitskih biljaka i znatnim brojem vodenih ekosistema, makrofite, sa aspekta korišćenja njihove biomase, takođe su sasvim nedovoljno proučene.

4. Stoga rad na proučavanju biomase makrofita u Jugoslaviji i u SR Srbiji treba smatrati pionirskim, te na osnovu takvog jednog realnog zaključka i projektovati sva fundamentalna i aplikativna istraživanja budućnosti.

5. U pogledu florističkog fonda makrofita, SR Srbija može da računa, načelno, sa preko 200 vrsta makrofita (u širem smislu), i biljaka u ritским i močvarnim staništima (sve do močvarnih livada, uključujući i njih). Ovakvo izvanredno veliko florističko bogatstvo makrofita naše zemlje pruža za naše svrhe odličnu polaznu osnovu.

6. Međutim, vrlo je verovatno da će samo izvestan broj vrsta makrofita iz ovako velikog florističkog fonda moći da bude efikasnije korišćen, i to one koje će se isticati svojom izuzetnom organskom produktivnošću, pa i buduće plantaže i akvakulture treba da budu i zasnovane pretežno na ograničenom broju vrsta.

7. Od najperspektivnijih vodenih biljaka makrofita, u pogledu kvantitativno i kvalitativno prihvatljivog produkovanja organske mase, možemo za sada ukazati pre svega na sledeće: trska (*Phragmites communis*), širokolisna rogoz (*Typha latifolia*), uskolisna rogoz (*Typha angustifolia*), barska ili jezerska sita (*Scirpus lacustris*), beli lokvanj (*Nymphaea alba*), žuti lokvanj (*Nuphar luteum*), vrste vodenog oraha (*Trapa* sp.sp.), neke vrste roda talasinja (*Potamogeton* sp.sp.), idjirot (*Acorus calamus*), sočivice (*Lemna* sp.sp., *Wolffia arrhiza*), i još neke druge.

8. U pogledu mogućnosti našeg podneblja možemo reći da SR Srbija ima izvanredne pogodnosti i pruža vrlo dobru perspektivu efikasnom produkovanju velikih količina biomase makrofita, istovremeno i odličnog kvalitativnog sastava. P a t e r s o n o v CVP — produkcionni indeksi, koje smo izračunavali i obradili za Jugoslaviju i SR Srbiju, pokazuju velike produkcione moći našeg podneblja, daleko bolje nego što ih to ima Srednja Evropa. Klimadijagrami po V a l t e r u i I v a n o v u, koje smo takođe obradili, isto tako pokazuju velike mogućnosti naše klime za iskorišćavanje i gajenje makrofita, pri čemu odsustvo pravog sušnog perioda daje nadu za veliku trajnost i produkcionu aktivnost naših vodenih bazena (bara i rečnih jezera pre svega) tokom godine.

9. Što se tiče površina koje bi došle u obzir za eksploataciju i gajenje vodenih biljaka, treba reći da tu postoje izvesna ograničenja. Istina, mi imamo velike plavne i vlažne površine (sa barama, rečnim jezerima, ritovima, močvarama, itd.), u dolinama naših velikih reka (Podunavlje, Potisje, Posavina, Pomoravlje, Pomurje, itd.), ali su te površine danas u većoj meri meliorisane, nasipima odvojene od živog toka reke, tako da se dovoljna veličina danas stvarno postojećih vodenih bazena možda postavlja kao ograničavajući faktor, i možda osnovni problem u našem nastojanju da proizvodimo veliku količinu biomase makrofita i da je adekvatno iskorišćujemo.

10. Zato se postavlja jedno, u osnovi strategijsko, pitanje: da li ćemo i dalje ići ka meliorizaciji i smanjivanju plavnih površina u rečnim dolinama — radi poljoprivrednih površina sa žitaricama i drugim kulturnim biljkama, ili ćemo, naprotiv, ove plavne površine tretirati kao površine predodređene za proizvodnju biomase vodenih makrofita. Ovo je pitanje koje bi trebalo, možda, raščistiti i pre svih drugih.

11. Spomenimo, sasvim ukratko, da bi vraćanje plavnih površina prirodnoj autohtonoj vegetaciji močvarnih i vodenih ekosistema bilo opravdano i iz mnogih drugih razloga, pre svega zbog potrebe ozdravljenja naših reka i njihove hidrodinamičke regulacije (radi se, ustvari, o specifičnoj fitosanciji).

12. Gotovo svi vodeni bazeni u SR Srbiji su barskog tipa (rečna jezera i bare), što znači da nemaju profudalnu zonu dna i pelagijalnu zonu slobodne vode, već da je čitava morfometrija jezera odnosno bara okarakterisana dominacijom litoralne zone (dubinska zona ili uopšte nije razvijena, ili je tek slabo izražena). To je vrlo važna činjenica, kapitalnog značaja, jer se upravo zbog nje i opredeljujemo za makrofite (a ne za mikrofite!), tj. za više vodene biljke. Jedino one, u našim uslovima, daju realnu perspektivu za produkovanje dovoljnih količina biomase i ekonomičnosti njihove eksploatacije.

13. Za makrofite možemo reći da su višestruko interesantne i perspektivne, pre svega u (1) industrijsko-tehničkom, i (2) poljoprivredno-prehrambenom. Njihova biomasa može biti visoko iskoristljiva, uz obezbeđenje nekih preduslova ekološkog i geografskog karaktera, kao i preduslova koji imaju tehnički karakter. U sklopu svega onoga što se radilo na utilizaciji biomase vodenih i močvarnih biljaka (hrana i sirovina) do sada je najmanje urađeno u korišćenju biomase makrofita za konverziju energije, tako da je to pravac koji se i kod nas mora razvijati.

Od uloge, značaja i koristi koje makrofite imaju i mogu još više imati, navedimo sledeće; 1. Uloga i značaj makrofita u stvaranju i strukturiranju vegetacije (biljnog pokrivača) Sveta, u formiranju ekosistema i predela zemlje i opštem funkcionisanju biosfere. Ovome saznavanju najviše doprinose fitocenološka i idioekološka (sa populacionim) istraživanjima makrofita i njihovih zajednica, 2. Organska produkcija makrofita i njihovih zajednica u slatkovodnim bazenima kopna. Biomasa makrofita i njen značaj za rešavanje energetskih problema. Različito iskorišćavanje (i perspektive) biomase kao svestrane sirovinke baze; 3. Fitofiltraciona uloga makrofita u čišćenju zagađenih voda; 4. Adsorpcija i akumulacija različitih materija od strane makrofita; 5. Mineralizacija i oksidaciona funkcija makrofita; 6. Detoksikacija organskih i mineralnih zagađivača; 7. Baktericidna svojstva makrofita; 8. Protivutermički uticaj makrofita u termički zagađenim vodama; 9. Protiverozivni značaj makrofita; 10. Fitosanacija reka i drugih vodenih bazena (bara, jezera, akumulacija, itd.), upotrebom i korišćenjem makrofita; 11. sekundarno biološko zagađivanje vodenih bazena i korišćenje makrofita.

14. Ekološki i fitocenološki (biocenološki) pristup u proučavanju i iskorišćavanju makrofita je neophodan, jer se jedino dubokim poznavanjem ekologije svake makrofitske vrste i poznavanjem strukture, funkcionisanja i dinamike njihovih zajednica (fitocenoza) može obezbediti i najbolji prinos biomase, odnosno optimalizacija funkcionisanja vodenih biljnih zajednica u njihovoj organoproduktivnoj aktivnosti.

15. Genetički pristup i genetička istraživanja takođe su neophodna. Pre svega, u prvom redu dolazi u obzir selekcija najboljih ekotipova u populacijama pojedinih vrsta. Introdukcionisanje stranih vrsta makrofita ima manji značaj, s obzirom na bogatstvo i vrednost naših autohtonih vrsta biljaka. Ipak, neke strane vrste došle bi u obzir, kao što je npr. *Arundo donax*. Što se tiče genetičkog inženjeringa, ono će doći u obzir u sledećoj fazi istraživanja, kada se prethodnim istraživanjima stvori solidna osnova ekoloških, fizioloških i klasičnih genetičkih znanja.

16. Određenim interventnim merama (dopunskim) može se povećati produkcija biomase makrofita: veštačkom eutrofizacijom (đubrenjem), upuštanjem tople vode, i dodatnim osvetljavanjem vodenih bazena. Inače, ovo bi bile ozbiljne i osetljive intervencije, tako da bi se njima moralo pristupiti sa punom pažnjom, i to uz prethodno određena fundamentalna istraživanja.

17. Veštački stvorene površine pod vodom, za gajenje i eksploataciju makrofita dolaze takođe u obzir, pri čemu posebno treba obratiti pažnju na hidrosanaciju površinskih kopova nekih naših rudnika (npr. Kolubarski ugljeni rudnici sa površinskih kopovima kao načinom eksploatacije).

18. Kao opšti zaključak može se reći da karakter našeg podneblja i svi relativni ekološki faktori u SR Srbiji, kao i bogat i raznovrstan floristički fond i genofond mnogobrojnih makrofitskih vrsta u našoj republici, visokoproduktivnih i kvalitetnih pruža odlične perspektive za gajenje vodenih biljaka i eksploataciju njihove biomase.

19. Da bi se odlični potencijali iskoristili, potrebno je da eventualnoj eksploataciji prethode određena (svestrana i produbljena) istraživanja makrofita i uslova pod kojim žive, koja bi imala kako fundamentalan tako i aplikativan karakter.

## LITERATURA

- Bardach J. E.; Ryther H. J., McLarney O. W. (1978): Aquaculture. - Willey-Int. (1-294).
- Drozdov V. A. (1971): The productivity of zonal terrestrial plant communities and the moisture and heat parameters of an area. - Amer. Geograph Soc., 12 (54-60).
- Gessner F. (1955): Hydrobotanik, I. Energieshaushalt. - VEB Deutsch. V.d. Wissen (1-517), Berlin.
- Gessner F. (1959): Hydrobotanik, II. Stoffhaushalt. - VEB Deutsch. V.d. Wissen (1-701), Berlin.
- Gidrobiologija kanala SSSR i biološkičkije pomehi v ih ekspluataciji. - „Naukova dumka” (1-334), Kijev.
- Hejny S. (1960): Oekologische charakteristik der Wasser - und Sumpfpflanzen in den Slowakischen Tiefebene (Donau- und Theissgebiet). - Slov. Akad. d.W. (1-487), Bratislava.
- Horvatić S. (1930): Soziologische Einheiten der Niederrungswiesen in Kroatien und Slavonien. - Acta bot. 5, Zagreb.
- Janković M. M. (1954): Vegetacija Velikog Blata. - Glasnik Prirodnj. muz. ser. B, knj. 5/6, Beograd.
- Janković M. M. (1958): Ekologija, rasprostranjenje, sistematika i istorija roda *Trapa* L. u Jugoslaviji. - Srpsko biološko društvo (1-143), Posebna izdanja 2, Beograd.
- Janković M. M. (1971): Fitoekologija. - „Naučna knjiga”, Beograd.
- Janković M. M. (1972): Ekološka studija problema zarašćivanja veštačkog jezera na primeru budućeg jezera na Novom Beogradu. - Glasnik Inst. bot. i bot. bašte, T. VII, 1-4 (153-195), Beograd.
- Janković M. M. (1974): Vodena i močvarna vegetacija Obedske bare. - Zbornik radova Rep. zavoda za zašt. prir. SR Srbije, 1, 4 (1-81), Beograd.
- Janković M. M. (1981): Biologija životne sredine. - „Naučna knjiga” (1-174), III izd., Beograd.
- Janković M. M., Kojić M. (1973): Potencijalne mogućnosti organske produkcije biljnog pokrivača Srbije. - „Ekologija”, Vol. 8, No. 2 (239-246), Beograd.
- Kokin A. K. (1982): Ekologija visih vodnih rastenij. - Izd. Mosk. univ. (1-158), Moskva.
- Krotkevič T. P. (1982): Rolj rastenij v ohrane vodojmov. - „Znanije” (1-6), Moskva.
- Lieth H. (1972): Uber die Primarproduktion der Pflanzendecke der Erde. - Angew. Botanik., 46 (1-37).
- Parde J. (1959): Retour sur l'indice CVP de Paterson. - Rev. for. franc., 1 (50-53).
- Paterson S. S. (1956): The Forest Area of the World and its Potential Productivity. - Goteborg: Universite Royal, 216.
- Popov S. I. (1964): Trostnjikovije zarosli kak sirevaja baza celjuljuzno-bumažnoj promišljenosti. - „Ljesnaja promišljenost”, (1-244), Moskva.
- Populjacionno-genetičkičkije aspekti produktivnosti rastenij; red. Maljeckij. - „Nauka”, (1-162), Novosibirsk, 1982.
- Primary Productivity in Aquatic Environments; ed. C.D. Goldman. - Un. Cal. Press, Berkley (1-464), 1966.
- Rodewald - Rudescu (1974): Das Schilfröh (*Phragmites communis* Trinius). - Schweiertsche Verlagsbuchandlung (1-302), Stuttgart.
- Sculthore C. D. (1971): The Biology of Aquatic Vascular Plants. - E. Arnold p., (1-610), London.
- Simakov T. Ju. (1982): Žiznj pruda. - „Kolos”, (1-208), Moskva.
- Slavnić Ž. (1956): Vodena i barska vegetacija Vojvodine. - Zborn. Mat. srpske, prir. nauke, 10, Novi Sad.
- Turesson G. (1925): The plant species in relation to habitat and climate; Contr. to the knowledge of geneocological units. - Hereditas.
- Weck J. (1957): Neuere Versuche zum Problem der Korrelation: Klima und forstliches Productions-potential. - Forstarchiv, 11, (223-227).
- Weck J. (1960): Klimaindex und forstliches Productions-potential. - Forstarchiv, 31, 7 (101-105).

MILORAD M. JANKOVIĆ

**MACROPHYTES OF OUR COUNTRY AND POSSIBILITIES OF THEIR BIOMASS PRODUCTION AND EXPLOITATION**

Institute of Botany and Botanical garden, Faculty of Science, Beograd

The basic results are exposed concerning the problem of the biomass (phytomass) production of macrophytes in our stagnant and slow-running waters and the conditions necessary in providing particular quality and quantity of that production. It was established that the organic production of macrophytes in Serbia and other parts of our country is extremely high offering very favourable perspectives in obtaining additional supply of vegetable food and raw material. However, the areas occupied by water bodies may appear as a limiting factor, since they are continuously shrinking (meliorations) although some new water bodies are formed, too (e.g. depressions remained after coal exploitation or removal of the „gangue” from the surface of the mining grounds). Among our aquatic macrophytes there are several „champion” producers, i.e. the species which are characterized by extremely high primary production of the organic matter, exceeding (sometimes very much) the production of trees or crops. We have established that in our conditions the most promising are reeds (*Phragmites communis*), bulrush (*Typha latifolia* and *T. angustifolia*), white and yellow water-lily (*Castalia alba* and *Nuphar luteum*), water caltrop (*Trapa* sp. sp.), duckweed (*Lemna* sp. sp.), and some other species. Among the imported ones the top champion is *Arundo donax*. The problem concerning additional measures in improving their productivity in aquacultures has also been studied: e.g. CO<sub>2</sub> amount, manuring (controlled eutrofication), protraction of the day or seasonal length in early spring and late autumn using artificial light and heating by warm waste waters from industrial plants. The final conclusion is that formation of such aquaplantations of particular macrophytes in order to obtain additional amounts of the phytomass, together with a reasonable use of phytomass in the existing waste waters containing water vegetation, is promising and provides an improved production of the organic matter in our country to be used for various purposes. Beside the phytomass production there are many other important uses of water plants, especially as a measure in conservation, restoration and improvement of the environment. Phytosanative and filtrating role of the water macrophytes is particularly important in sanation of water courses, marshes and lakes, as well as of the slow-running and other rivers. Raw material obtained from the macrophyte biomass may have multiple use (e.g. in pharmacy).