

EKOLOŠKI ODNOSI BRIOFITSKE VEGETACIJE NA SLAPOVIMA PLITVIČKIH JEZERA

ZLATKO PAVLETIĆ

(Iz Botaničkog instituta Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu)

I. UVOD

Nastavljajući svoja istraživanja ekologije brioporfita (Pavletić 1954, 1955, 1956) na sadrenim slapovima naših krških rijeka, obradio sam ekološke odnose i na, da tako kažem, klasičnim staništima ove vegetacije, na slapovima Plitvičkih jezera u Hrvatskoj. Na tim slapovima prvi u našoj zemlji (nakon već gotovo zaboravljenih istraživanja Reicharda god. 1860. u Sloveniji) istražuje porofite Pevalek (1926). Upravo su Pevalekovim istraživanjima na Plitvičkim jezerima udareni temelji za upoznavanje ove zanimljive ekološke skupine biljaka u nas, kojih ekologija ni u općim razmjerima nije dovoljno poznata. U tom pogledu baš novija istraživanja u našoj zemlji, bogatoj takvim staništima u mnogobrojnim krškim rijekama, pridonose boljem poznavanju životnih uvjeta porofitnih biljaka, a s tim u vezi i još nedovoljno poznatom procesu taloženja sedre, odnosu udjela biljaka u tom procesu. Istraživanja na slapovima rijeke Krke u Dalmaciji dala su prve opširnije rezultate. Svojim radovima s tih slapova (1956, 1957) dao sam prve iscrpnije podatke za poznavanje ekologije porofitnih briofita, dok je S. Golubić (1957) u svojoj radnji o algama s tih slapova dao mnoge podatke za ekologiju porofitnih alga. To su međutim samo početna istraživanja, koja ne mogu dati cjelovitu sliku životnih uvjeta porofita, dok se slična istraživanja ne provedu i na slapovima drugih krških rijeka. Zbog toga sam ljeti god. 1956. posjetio Plitvička jezera s namjerom, da ekološki obradim tamošnje mahovinske porofite. U ovoj sam radnji upotrebio i podatke, koje sam dobio prilikom svoje kratkotrajne posjete tim slapovima ljeti god. 1954.

Budući da dosadašnji podaci (Pevalek 1926, 1955, Horvat 1930) o briofitima na slapovima Plitvičkih jezera ne daju potpuni prikaz mahovinske flore i vegetacije, bilo je potrebno, da osim ekoloških faktora

detaljnije ispitam i sastav tamošnje briofitske flore i vegetacije. Glavnu sam pažnju ipak posvetio ekološkim faktorima, pa sam na svim glavnim slapovima između pojedinih jezera mjerio prije svega fizičko-kemijska svojstva vode, kao temperaturu, brzinu, alkalitet, tvrdoću, slobodni CO₂, kisik i pH, zatim osvjetljenje staništa i količinu vlage na staništima uz slapove, gdje je također razvijena bujna briofitska vegetacija. Razumljivo da ovako dobiveni podaci ne vrijede općenito, već samo za vrijeme, kada su vršena istraživanja, t. j. za mjesec srpanj.

Ova su istraživanja ostvarena materijalnom pomoći, koju mi je odobrio Rektorat Sveučilišta u Zagrebu, pa i na ovome mjestu zahvaljujem i odajem priznanje ovoj ustanovi, koja daje znatna sredstva za unapređenje naučne djelatnosti na Sveučilištu. Isto tako zahvalan sam kolegi dr. I. Matonićkinu, asistentu Zoološkog zavoda u Zagrebu, i mojoj ženi Tereziji, koji su mi znatno pomogli pri radu na terenu.

II. FLORA I VEGETACIJA BRIOFITA NA SLAPOVIMA PLITVIČKIH JEZERA

Briofitska je flora i vegetacija na slapovima Plitvičkih jezera vrlo jednolična i karakterizirana time, što mali broj vrsta stvara vrlo bujnu vegetaciju. To možemo dovesti u vezu jedino s ekološkim uvjetima, koji vladaju na tim slapovima. Ekološki faktori, kako ćemo vidjeti, također su jednoliki gotovo na svim slapovima i samo neki od njih pokazuju nešto veće oscilacije, ali i one nisu tako velike, da bismo mogli govoriti o nekim znatnijim promjenama ekoloških faktora na slapovima. Zbog svega toga na gotovo svim slapovima nalazimo obično uvijek iste vrste, koje zbog veće ili manje prilagođenosti na neke varijabilne faktore (svjetlost na pr.), pokazuju veću ili manju pokrovnost. Ovu činjenicu nije teško shvatiti, ako se uzme u obzir, da čitav kompleks Plitvičkih jezera, odnosno sadrenih slapova, koji ih uvjetuju, ne zauzimaju velik prostor. Udaljenost između pojedinih slapova je relativno mala, a geomorfološke, hidrološke i vegetacijske (misli se na višu vegetaciju) prilike na čitavom su području iste. Ako usporedimo te prilike s onima, koje vladaju na nekim drugim rijekama, gdje su slapovi vrlo udaljeni jedni od drugih, kao što je to slučaj na rijeci Krki, tada vidimo, da na tim drugim rijekama one znatno variraju, a to se onda mora odraziti i na flori i vegetaciji. Stoga je na rijeci Krki nađena vrlo bogata flora mahovinskih porofita, a bujniju vegetaciju nalazimo tamo gdje postoje posebni uvjeti za to. Na slapovima Plitvičkih jezera postoje vrlo povoljni uvjeti za izlučivanje sedre, tako da su se tamo mogli razvijati samo oni porofiti, koji su najbolje prilagođeni na zadržavanje velikih količina CaCO₃, koji se tamo izdvaja. To, kao i činjenica da na tim slapovima i inače postoje povoljni uvjeti za masovni razvoj mahovinske vegetacije (malo svjetlosti, puno vlage), bilo je razlogom, da su se tu naselile samo neke vrste, ali zato u vrlo velikim količinama, jer je konkurencija između vrsta mala.

Analizirajući briofitsku floru na slapovima Plitvičkih jezera vidimo, da su zastupljene u prvome redu takve vrste, koje su najbolje prilagođene na jako taloženje sedre, kao što su *Cratoneurum commutatum*, *Bryum ventricosum* i *Didymodon tophaceus*. Te tri vrste susrećemo na svim slapovima i one čine glavninu vegetacije. Njih nalazimo gotovo na svim površinskim staništima i u brzicama, pa ih u tom pogledu možemo označiti i kao najčešće reikofite. Naročito povoljne uvjete nalaze na staništima prozračivanja vode, gdje se voda rasprskava. Na tim se staništima, koja su većinom zasjenjena, razvijaju u vrlo velikim masama. Takva su staništa na rubovima slapova, gdje pokrivaju gornje rubove ili površine sadrenih brada. Za *Cratoneurum commutatum* značajno je, da stvara čitave zastore i na taj način sudjeluje kod rasta sedrenih tvorevina u vertikalnom pravcu, te može zalaziti i na zasjenjene unutrašnje stijenke sadrenih brada, ali ne previše duboko, dokle mu dopuštaju svjetlosne prilike. Iako je ta vrsta uglavnom biljka sjene, može se razvijati samo do nekog minimuma osvjetljenja (prema istraživanjima na slapovima Krke do 6,6% dif. svijetla, a prema ovdašnjim istraživanjima do 0,01% dir. svijetla). Ostale dvije vrste *Bryum ventricosum* i *Didymodon tophaceus* nalazimo samo na površinskim staništima, u zoni rasprskavanja vode i u brzicama. Prva zahtijeva nešto više zasjenjena staništa, a druga je u tom pogledu eurifotična, pa je možemo naći bolje razvijenu na svjetlijim staništima, gdje i *Bryum* i *Cratoneurum* slabije uspijevaju.

Na sličnim staništima nailazimo dosta brojno zastupljenu i vrstu *Eucladium verticillatum*, ali je ne nalazimo na svim slapovima, kao što nalazimo ranije spomenute vrste. Ona naročito često nastanjuje vodotokove kao reikofit i površine sedrenih pragova neposredno uz rubove slapova, gdje ponekad čini glavninu briofitske vegetacije. Na staništima, gdje voda jače prozračuje, slabije je zastupljena, vjerojatno zbog toga što je to više mikrostenofotična vrsta, koja naseljuje pretežno staništa s manje svijetla. Zbog toga je nalazimo u spiljama i poluspiljama kao člana granične vegetacije prema tami (asoc. *Eucladieto-Adiantetum* Br.-Bl.). Inače stijene poluspilja, koje su više izložene svijetlu, što je dosta čest slučaj na slapovima Plitvičkih jezera, masovno naseljuje *Hymenostilium curvirostre*.

Osim ovih ima još nekoliko vrsta pravih mahova, koje nalazimo samo pojedinačno. Takvi su *Platyhypnidium rusciforme*, *Fissidens taxifolius*, *Brachythecium rivulare*, *Philonotis calcarea* i *Hygramblystegium irriguum*. Sve ove vrste ne sudjeluju masovnije u briofitskoj vegetaciji sedrenih slapova, već se javljaju samo sporadično u manjim količinama na pojedinim slapovima. I njih možemo označiti kao porofite, ali za izgradnju sedrenih naslaga na ovim slapovima nisu od nekog većeg značenja. Osim njih ima još nekoliko vrsta, koje se javljaju kao noterofiti na vlažnim staništima u neposrednoj blizini slapova. Takve su *Mnium undulatum*, *M. punctatum*, *M. cuspidatum*, *Fissidens adiantoides*.

Naročito je zanimljiva vrsta *Funaria hygrometrica*. Poznato je za ovu kozmopolitsku vrstu, da raste na svim mogućim supstratima, ali

dosada nije bilo poznato, da se može javljati i kao porofit. Nju sam našao uz vodotok, koji je bio vrlo izložen svjetlu, s busenovima, koji su bili posve ispunjeni sedrom. Inače je u neposrednoj blizini ovog vodotoka na sedrenoj suhoj stijeni stvarala poznate guste i suvise busenove s bezbroj sporogona. Tako je slučajno zašla u zonu rasprskavanja vode i na taj način postala prikupljač izlučenog kalcijeva karbonata. To je dokaz više, da nema isključivih porofitnih biljaka, nego da to može biti svaka biljka s pogodno građenim vegetativnim tijelom, koja može da se prilagodi na ove posebne ekološke uvjete taloženja kalcijeva karbonata, odnosno sedre.

I neke vrste hepatika mogu se na ovim slapovima javljati u većim količinama. To je u prvom redu *Pellia fabbroniana*, koja u velikim količinama naseljuje staništa u vodotocima, gdje postoji slabije prozračivanje vode, ili pak uz vodotokove na staništima s puno vlage i malo svjetla. Naizjedno je gotovo na svim slapovima zajedno s još dvjema vrstama hepatika *Aneura pinguis* i *Haplozia riparia* var. *rivularis*, koje međutim znatno zaostaju po masovnosti.

Hepatike su naročito masovno zastupljene kao noterofiti na staništima uz slapove. *Marchantia polumorpha* i *Fegatella conica* pokrivaju velike površine vlažnih sedrenih stijena u neposrednoj blizini zone rasprskavanja vode. One zajedno s već spomenutim pravim mahovinama čine glavninu porofitne vegetacije na slapovima.

Ukupno je nađeno 23 vrsta briofita (18 muska i 5 hepatika), od kojih su 17 vrsta (3 hepatike) porofiti, a 6 vrsta (2 hepatike) aporofiti.

Točniji pregled svih nađenih vrsta i njihovih nalazišta vidjet ćemo iz popisa svih nađenih vrsta i njihovih nalazišta. Vrste označene sa o su porofiti, a sa x aporofiti.

MUSCI

FISSIDENTACEAE

1. *Fissidens taxifolius* (L.) Hedw. o — Površina barijere iznad Velikog slapa; odvirak iz Prošća za Okrugljak.
2. *Fissidens adiantoides* (L.) Hedw. x — Na vlažnim mjestima oko slapa na Labudovcu; između Batinovca i Galovca.

POTTIACEAE

3. *Hymenostilium curvirostre* (Ehrh.) Lindb. o — Sastavci, poluspilja ispod desnog slapa; desni slap Labudovca iz jake bujice; u poluspiljama slapova iz Burgeta u Kozjak; na svjetlijim mjestima između Kozjaka i Milanova jezera.
4. *Eucladium verticillatum* (L.) Br. eur. o — Mlin kod Gradine, površina barijere iznad slapa; u vodotocima slapova iz Burgeta u Kozjak; odvirak iz Prošća za Okrugljak; zasjenjeni vodotoci iz Kozjaka prema Milanovu jezeru; desni slap na Labudovcu; Galovački buk na površini sedrenog praga; u vodotocima slapova

iz Burgeta u Kozjak; odvirak od Kozjaka prema Milanovu jezeru; između Gavanova jezera i Kaluđerovca; vodotok iznad Sastavaka na lijevoj obali ispod mosta.

5. *Didymodon tophaceus* Jur. o — Mlin kod Gradine, površina barijerice na rubu Cratoneuruma; potok Plitvice, iznad slapa srednji vodotok na stepenicama; Galovački buk na okomitoj stijeni, gdje voda prska, curka i pada; površina barijere iznad Velikog slapa; desni slap Labudovca iz jake bujice; odvirak iz Prošća za Okrugljak; slap ispod istog vodotoka; slapovi iz Burgeta u Kozjak na gromadama ispod slapova; zasjenjeni vodotoci od Kozjaka prema Milanovu jezeru; u vodotocima i u zoni prskanja između Milanova i Gavanova jezera; između Gavanova jezera i Kaluđerovca; vodotok iznad Sastavaka na lijevoj obali ispod mosta; potočić na desnoj obali Sastavaka.

FUNARIACEAE

6. *Funaria hygrometrica* (L.) Sibith. o — Između Burgeta i Kozjaka podno slapa na osvijetljenim mjestima.

BRYACEAE

7. *Mniobryum calcareum* Wstf. o — Odvirak iz Prošća za Okrugljak.
8. *Bryum ventricosum* Dicks. o — Mlin kod Gradine, na površini barijerica, na rubu Cratoneuruma i iznad slapa; oko brzica iznad slapa Labudovca; Galovački buk na okomitoj stijeni, gdje voda prska i pada; površina barijere iznad Velikog slapa; brzica ispod Galovca, površina barijere; odvirak iz Prošća za Okrugljak u zoni jačeg prozračivanja; slap ispod vodotoka; između Velikog jezera i Vira; Galovački buk na površini sedrenog praga i na rubu pada; slapovi iz Burgeta u Kozjak, u zoni prskanja i na rubovima brada između Milanova i Gavanova jezera i na samim Bradama; između Gavanova jezera i Kaluđerovca; vodotok iznad Sastavaka na lijevoj obali ispod mosta.

MNIACEAE

9. *Mnium punctatum* Hedw. x — Na vlažnim mjestima slapova na Labudovcu.
10. *Mnium undulatum* Weis. x — Na vlažnim mjestima oko slapova na Labudovcu; između Batinovca i Galovca.
11. *Mnium cuspidatum* Leyss. x — Između Batinovca i Galovca na vlažnim mjestima.

EARTRAMIACEAE

12. *Philonotis calcarea* Schpr. o — Vodotok iznad Sastavaka na lijevoj obali ispod mosta.

FONTINALACEAE

13. *Fontinalis antipyretica* L. o — U Crnoj rijeci.

AMBLYSTEGIACEAE

14. *Cratoneurum commutatum* (Hedw.) Roth o — Mlin kod Gradine, na površini barijerica; Galovački buk ispod brada; brzica ispod Galovca; površina barijere u najvećim brzicama i na rubu brada; desni slap Labudovca u zoni jakog prskanja; odvirak iz Prošća za Okrugljak; slap ispod istog vodotoka; između Velikog jezera i Vira; masovno između Malog jezera i Vira; između Batinovca i Galovca; Galovački buk na bradama i mjestimično na površini sedrenog praga; slap iz Burgeta u Kozjak; uz obalu u zasjenjenim vodotocima između Kozjaka i Milanova jezera; u zoni prskanja i na rubovima brada između Milanova i Gavanova jezera; između Gavanova i Kaluđerovca; Plitvički slap; vodotok iznad Sastavaka na lijevoj obali ispod mosta; potocić na desnoj obali Sastavaka; brade na Sastavcima.
15. *Cratoneurum filicinum* (L.) Roth o — Sastavci, poluspilja ispod desnog slapa (f. *gracilescens*); u poluspiljama slapova iz Burgeta u Kozjak; odvirak od Kozjaka prema Milanovu jezeru.
16. *Hygramblystegium irriguum* (Wils.) Loeske o — Potok Plitvice iznad slapa, srednji vodotok na stepenicama.
17. *Platyhypnidium rusciforme* Fleischr. o — Potok Plitvice iznad slapa, srednji odvirak na stepenicama; na rubu pada iznad samog slapa Plitvice, pokrovi u vodi; u vodotocima ispod Plitvičkog slapa.

BRACHYTHECIACEAE

18. *Brachythecium rivulare* (Bruch) Br. eur. o — Između Velikog jezera i Vira zajedno s *Cratoneurum commutatum*.

HEPATICAE

MARCHANTIACEAE

19. *Fegatella conica* Corda x — Na vlažnim mjestima oko slapova na Labudovcu; između Batinovca i Galovca; uz potocić na desnoj obali Sastavaka.
20. *Marchantia polymorpha* L. x — Na vlažnim mjestima oko slapova na Labudovcu; između Batinovca i Galovca.

ANEUREAE

21. *Aneura pinguis* Dum. o — Odvirak iz Prošća za Okrugljak; Galovački buk; u poluspiljama slapova iz Burgeta u Kozjak.

HAPLOLAENEAE

22. *Pellia fabbroniana* Raddi o — Odvirak iz Prošća za Okrugljak; slap ispod istog vodotoka; u vodotocima slapova iz Burgeta u Kozjak; zasjenjeni vodotoci između Kozjaka i Milanova jezera; između Milanova i Gavanova jezera u vodotocima sa slabijim prozračivanjem; u vodotocima i brzicama između Gavanova jezera i Kaluđerovca; potocić na desnoj obali Sastavaka.

23. *Haplozia riparia* (Tayl.) Dum. var. *rivularis* Bernet o —Odvirak iz Prošća za Okrugljak; zasjenjeni vodotoci od Kozjaka prema Milanovu jezeru; u vodotocima sa slabijim prozračivanjem između Milanova i Gavanova jezera; u vodotocima i brzicama između Gavanova jezera i Kaluđerovca.

Rekli smo, da je zbog jednolikih ekoloških uvjeta na ovim slapovima i briofitska vegetacija vrlo jednolika. To se najbolje ogleda u činjenici, što ovdje susrećemo gotovo svuda iste vegetacijske tipove. Zapravo na ovim slapovima imamo istu vegetaciju, jedino što na različitim staništima istih slapova susrećemo različitu vegetaciju. U tom pogledu možemo razlikovati uglavnom 3—4 tipa staništa, prema kojima se mijenja i vegetacija. Jedna su staništa u sporijim vodotocima sa slabijim prozračivanjem vode, druga u brzim vodotocima i u zoni rasprskavanja, gdje susrećemo uglavnom istu vegetaciju, i treća, odnosno četvrta, u slabije ili jače osvijetljenim spiljama i poluspiljama. Za sva ova staništa karakteristično je, da su slabo osvijetljena i da su jako natopljena vapnenačkom vodom, koja izlučuje znatne količine CaCO_3 . Zbog toga se ovdje mogla naseliti samo porofitna vegetacija, koja se može uzdržati pod ovim posebnim ekološkim uvjetima. Površinska staništa na ovim slapovima zasjenjuje šumsko drveće (*Acer*, *Ostrya*, *Fagus*, *Abies*, *Picea* i t. d.), a razvila su se u vrlo velikim količinama, pa se ovdje mogla naseliti samo porofitna vegetacija zasjenjenih staništa. Faktor svjetlosti ima značajnu ulogu kod ove vegetacije, što se naročito dobro zapaža baš na ovim slapovima. Iako su površinska staništa na svim slapovima gotovo svuda jednako slabo osvijetljena i s jednakom vegetacijom, donji slapovi ipak su nešto bolje osvijetljeni od gornjih slapova, pa se to odražava i u vegetaciji, jer se na donjim slapovima bolje razvijaju eurifotične vrste (*Didymodon tophaceus*), dok se na gornjim masovnije razvijaju mikrostenofotične vrste (*Bryum ventricosum*).

Kakva je briofitska vegetacija na pojedinim staništima možemo odrediti, ako usporedimo kombinirane procjene florističkog sastava istih staništa na različitim slapovima .

1. Vegetacija na zasjenjenim staništima u brzicama s jakim prozračivanjem i u zoni rasprskavanja

1. Odvirak iz Prošća za Okrugljak.
2. Između Velikog jezera i Vira.
3. Između Malog jezera i Vira.
4. Između Batinovca i Galovca.
5. Galovački buk.
6. Slapovi iz Burgeta u Kozjak.
7. Odvirak iz Kozjaka prema Milanovu jezeru.
8. Između Milanova i Gavanova jezera.
9. Između Gavanova i Kaluđerovca.
10. Plitvički slap.
11. Sastavci.

Vrste	— Gornja jezera —					— Donja jezera —					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Cratoneurum commutatum</i>	3.4	4.5	5.5	1.3	3.4	3.4	4.5	3.4	3.4	+	1.2
<i>Bryum ventricosum</i>	1.3	2.4	1.2	+	3.4	3.4		2.3	2.3		1.2
<i>Didymodon tophaceus</i>	1.2	+	+		1.3	1.2	4.5	4.5	4.5		3.4
<i>Pellia fabbroniana</i>	+					2.3					
<i>Eucladium verticillatum</i>	1.3				2.3	1.2	2.3	2.3	2.3		2.3
<i>Mniobryum calcareum</i>	+										
<i>Brachythecium rivulare</i>		+									
<i>Philonotis calcarea</i>											+
<i>Oocardium stratum</i>						+	?		+	?	
<i>Agrostis verticillata</i>	+		+	+	+	+		+		+	+
<i>Eupatorium cannabinum</i>			+	+		+	+		+		2.3
<i>Petasites sp.</i>			+	+			+				2.3

Iz tabele se vidi, da glavninu vegetacije na ovim staništima čine *Cratoneurum commutatum*, *Bryum ventricosum*, *Didymodon tophaceus* i *Eucladium verticillatum*. *Cratoneurum commutatum* svuda dominira, osim na nekim staništima na donjim slapovima, koja su nešto jače osvijetljena, pa je ovdje našao bolje uvjete za svoj razvoj eurifitičan *Didymodon tophaceus*, a od više mikrostenofoničnih vrsta *Cratoneurum commutatum* i *Bryum ventricosum*. Na gornjim jezerima slabije je zastupljen *Didymodon tophaceus*, a bolje *Bryum ventricosum*, uz *Cratoneurum*, koji je ovdje neosporno dominantan. *Eucladium verticillatum* je također važan član ove vegetacije, ali ga ne nalazimo na svim staništima, iako mjestimično, naročito na donjim jezerima, zauzima znatne površine. Ostale mahovine kao *Brachythecium rivulare*, *Mniobryum calcareum*, *Philonotis calcarea*¹, *Pellia fabbroniana*, možemo označiti samo kao pratilice, jer ih nalazimo samo mjestimično i u vrlo malenim količinama.

Nadalje treba istaknuti, da ovu vegetaciju gotovo stalno prate i neke više biljke, kao što to jasno vidimo iz tabele. A to su naročito trava *Agrostis verticillata*, koju je još Pevalek zabilježio za ova staništa², pa *Eupatorium cannabinum* i *Petasites sp.*, koji gotovo stalno i ponekad u nešto većim količinama prate ova staništa.

Alge na ovim jako zasjenjenim staništima ne nalaze povoljne uvjete za svoj razvoj. Stoga ih nalazimo samo na jače osvijetljenim mjestima. Sa spomenutom vegetacijom u najvećim brzcama nailazio sam na brdavičaste prevlake, koje su karakteristične za reikofilnu porofitnu desmidijaceju *Oocardium stratum*. Ova alga može prekrivati dna vodotokova, ali češće se javlja kao epifit na porofitnim mahovinama. Na

¹ Moja ranija tvrdnja (1955, Rev. bryol.), da je ova vrsta na slapovima Plitvica masovno zastupljena, ne stoji. Do ovog sam podatka naime došao nakon letimičnog posjeta Plitvičkim jezerima, pa sam zbog vanjske sličnosti habitusa zamijenio ovu vrstu s vrstom *Bryum ventricosum*, koja je, kako su ova istraživanja utvrdila, ovdje zbilja masovno zastupljena.

² Samo kao rod *Agrostis*, dok je vrstu najprije odredio prof. S. Horvatić iz materijala, koji sam sabrao na slapovima Krke, a koji je istovetan s ovim na Plitvicama.

Plitvicama nailazio sam na prevlake, koje se mogu pripisati ovoj algi jedino na vrsti *Cratoneurum commutatum*.

Ovakvu briofitsku vegetaciju s gotovo istim florističkim sastavom nalazio sam i na rijeci Krki, tako da bismo već mogli govoriti o zajednici, koja se javlja pod određenim ekološkim uvjetima. Kako mi nije zadatak, da u ovoj radnji utvrdim zajednice briofitske vegetacije na sedrenim slapovima, već to želim učiniti u opširnijoj radnji, gdje bih obuhvatio veći broj staništa s različitih rijeka u našoj zemlji, ovdje samo napominjem, da je ovaj tip briofitske vegetacije karakterističan za slična staništa i na ostalim našim krškim rijekama.

2. Vegetacija na staništima u vodotocima sa slabijim strujanjem i prozračivanjem vode

1. Odvirak iz Prošća za Okrugljak.
2. Galovački buk.
3. Slapovi iz Burgeta u Kozjak.
4. Između Kozjaka i Milanova jezera.
5. Između Milanova i Gavanova jezera.
6. Između Gavanova i Kaluđerovca.
7. Sastavci.

Vrste	— Gornja jezera —			— Donja jezera —			
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Pellia fabbroniana</i>	3.2	4.5	2.3	3.4	3.4	3.4	1.2
<i>Aneura pinguis</i>	1.2	1.2		+	+	+	
<i>Haplozia riparia</i>	2.2	+		2.3	2.3	1.2	
<i>Eucladium verticillatum</i>	2.3	2.3	1.2			1.2	
<i>Didymodon tophaceus</i>		1.2	1.2	1.1	1.2	2.3	1.2
<i>Mniobryum calcareum</i>	1.1						
<i>Fissidens taxifolius</i>	1.1						
<i>Cratoneurum commutatum</i>		+	+				
<i>Bryum ventricosum</i>						1.2	
<i>Rivularia haematites</i>	1.3						

Na ovim staništima nalazimo vegetaciju, koju susrećemo na gotovo čitavom srednjo-evropskom području u ovakvim vodama. Floristički sastav ove vegetacije poklapa se s onom, koju je Herzog (1944) opisao kao svezu *Riccardia (Aneura) pinguis-Haplozia riparia* za vode u okolici Salzburga. Ranije je nešto slično zabilježio i K. Walther (1942) u vodama dolina Karavanki, a ja sam je susretao u mnogim našim vodama, kao u Krki, Mrežnici, Plivi, Uni. Kako vidimo, za ovu vegetaciju na Plitvicama je značajniji predstavnik *Pellia fabbroniana* od *Aneure*, a uz nju su još značajni i musci *Eucladium verticillatum* i *Didymodon tophaceus*. I na ostalim našim krškim vodama *Pellia* dominira, tako da bi za naše prilike bilo opravdanije nazvati tu zajednicu prema ovoj vrsti, kao što sam već to bio napomenuo u svojoj radnji o vege-

taciji briofita na slapovima Krke. Ostale vrste možemo označiti kao pratilice, osim možda cijanoficeje *Rivularia haematites*, koju sam često nalazio zajedno s ostalim vrstama ove vegetacije u drugim našim krškim vodama.

3. Vegetacija na staništima u podbracima, spiljama i jako zasjenjenim poluspiljama

1. Slapovi na Labudovcu.
2. Galovački buk.
3. Između Gavanova jezera i Kaluđerovca.
4. Sastavci.

Vrste	— Gornja jezera —		— Donja jezera —	
	1	2	3	4
<i>Cratoneurum commutatum</i>	1.2	1.2	1.3	1.2
<i>Eucladium verticillatum</i>	+	+	1.2	1.1

Zanimljivo je, da na ovim staništima nalazimo mali broj vrsta, što nije slučaj na sličnim staništima u drugim našim rijekama. Doduše tu je i teškoća, što preko tih slapova protječu stalno velike količine vode, tako da su staništa ispod samih brada gotovo nepristupačna. Ipak je iz tih nekoliko istraženih staništa očito, da je ovdje vegetacija prilično jednolika. *Cratoneurum* naseljuje uglavnom staništa u neposrednoj blizini rubova brada, dok staništa prema tami naseljuje *Eucladium*.

Mnogo su lakše pristupačna staništa na nešto jače osvijetljenim poluspiljama, pa se na njima mogla bolje proučiti vegetacija.

4. Vegetacija na staništima u osvijetljenim poluspiljama i sedrenim stijenama

1. Slapovi iz Burgeta u Kozjak.
2. Između Kozjaka i Milanova jezera.
3. Plitvički slap.
4. Sastavci

Vrste	— Gornji slapovi —		— Donji slapovi —	
	1	2	3	4
<i>Hymenostilium curvirostre</i>	4.5	4.5	1.3	3.4
<i>Cratoneurum filicinum</i>	1.2	1.1		2.3
<i>Aneura pinguis</i>	1.1			
<i>Asplenium fissum</i>	+			

Najvažniji član ove vegetacije je *Hymenostilium curvirostre*, koji pokriva čitave plohe svojim kontinuiranim jastučastim busenovima. Ovu vrstu, kako vidimo, gotovo stalno prati *Cratoneurum filicinum*, ali ni izdaleka u tako velikim količinama. Zanimljivo je, da je ovdje zastupljena i jedna paprat, *Asplenium fissum*. Kad bismo usporedili ova sta-

ništa sa sličnim staništima na drugim rijekama, našli bismo samo djelomičnu sličnost s vegetacijom ovih drugih rijeka. Na istim takvim staništima, na pr. na rijeci Krki, nalazimo također *Hymenostilium curvirostre* kao dominantan član. Uz njega je međutim tamo dosta dobro zastupljen *Eucladium angustifolium*, koji ovdje nisam mogao naći, te paprat *Adiantum capillus veneris*, koja kao i *Eucladium angustifolium* ima karakter mediteranske vrste. Zanimljivo će biti ispitati i slična staništa u drugim kontinentalnim rijekama, pa utvrditi, kakva vegetacija naseljuje ova staništa pod uvjetima kontinentalne klime.

5. Vegetacija na vlažnim staništima pored slapova

Možemo spomenuti, da na ovim staništima susrećemo uglavnom istu vegetaciju, koju nalazimo i svuda drugdje na sličnim staništima s vapnenačkom podlogom i slabijim osvjetljenjem u mediteranskom i kontinentalnom području. To je vegetacija zastupljena pretežno od vrsta *Marchantia polymorpha* i *Fegatella conica*, koje pokrivaju velike površine vlažnih sedrenih zasjenjenih stijena na slapovima Plitvičkih jezera, a i na mnogim drugim rijekama. Jedino za ovu vegetaciju na Plitvicama možemo još reći, da u njihov sastav zalaze i neki musci srednjo-evropskog rasprostranjenja, što na pr. ne nalazimo na sličnim staništima u mediteranskom području, kao što su *Mnium undulatum*, *M. cuspidatum* i *Fissidens* vrste.

Djelomičan uvid u ovu vegetaciju možemo dobiti iz ove tabele:

1. Labudovac.
2. Između Batinovca i Galovca.
3. Sastavci

Vrste	— Gornji slapovi —		Donji slapovi —
	1	2	3
<i>Marchantia polymorpha</i>	3.4	4.5	1.2
<i>Fegatella conica</i>	2.3	1.3	4.5
<i>Pellia fabbroniana</i>			1.2
<i>Mnium undulatum</i>		2.3	
<i>M. punctatum</i>	1.2		
<i>M. cuspidatum</i>		1.2	
<i>Fissidens adiantoides</i>		2.3	
<i>Eucladium verticillatum</i>			+
<i>Didymodon tophaceus</i>			+

6. Vegetacija staništa na koja voda pada izravno

Iako na ovim staništima nisam nalazio mahovina, kao što je to bio slučaj na drugim nekim našim rijekama (Krka, Una), spominjem i ta staništa, jer su nastanjena biljkama, premda su izložena ponekad vrlo velikom i jakom udaranju vode. Kakva je jačina udaranja vode, najbolje pokazuje Plitvički slap, gdje se voda sunovraća s visine od preko

70 m na sedrene stijene, koje su pokrivene suvislim crvenkastim prevlakama neke cijanoficeje, najvjerojatnije vrste *Hydrocoleum homeotrichum*, koju smo nalazili na sličnim staništima i pod sličnim uvjetima na slapovima rijeke Krke. Takve sam prevlake nalazio i ispod nekih drugih slapova na Plitvičkim jezerima (Kozjak).

7. Vegetacija na osvijetljenim staništima u zoni rasprskavanja vode

Ovakvih staništa gotovo da i nema na Plitvičkim jezerima. Samo Plitvički slap pokazuje na nekim mjestima ovakva staništa. Iznad i ispod slapa može se naići na vegetaciju, koja odgovara ovakvim staništima. Iznad slapa nešto je bolje razvijena, i glavni joj je predstavnik *Platyhypnidium rusciforme*, koji ovdje stvara nešto veće i suvisle buse-nove. Ispod slapa busenovi ove mahovine razvijeni su u vrlo kržljivim primjercima, tako da ne možemo govoriti o pravoj vegetaciji. Inače ovaj tip vegetacije (zajedno s *Cinclidotus aquaticus*) vrlo je dobro razvijen na mnogim našim drugim rijekama (Krka, Una, Mrežnica, Dobra, Pliva i dr.), koje imaju malo zasjenjenih staništa.

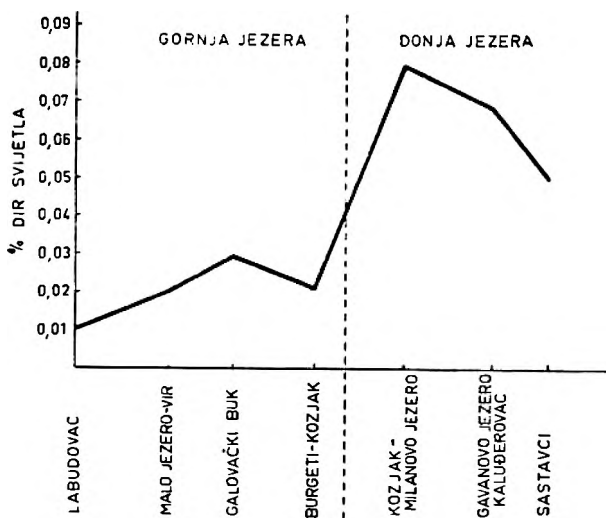
III. ANALIZA EKOLOŠKIH FAKTORA NA SLAPOVIMA PLITVIČKIH JEZERA

Ekološki faktori, koji uvjetuju briofitsku vegetaciju na slapovima Plitvičkih jezera, jesu: količina svjetlosti, koju uživaju mahovine na ovim staništima, zatim fizička svojstva vode, kao što su temperatura i brzina vode, kemijska svojstva vode, koja uvjetuju taloženje sedre, a to su stupanj alkaliteta, odnosno tvrdoće vode, i količina slobodnog CO_2 u vodi, zatim količina kisika i količina vlage na staništima izvan domašaja vode. Za svaki od tih faktora vršio sam mjerenja na svim slapovima, a neke mi je podatke (kisik) ustupio dr. I. Matonićkin, koji je u isto vrijeme vršio paralelna zoološka istraživanja, te mu se i na ovome mjestu najljepše zahvaljujem.

1. Svjetlost

Svjetlost sam i ovdje mjerio kao i ranije na slapovima rijeke Krke pomoću fotoćelije marke »General electric« i na osnovi toga izračunavao relativni »lihtgenus« u postocima preračunatim na direktno svijetlo za zasjenjena površinska staništa na pojedinim slapovima. Mjerenja su pokazala (sl. 1.), da je količina svjetlosti, koja stoji na raspolaganju briofitskoj vegetaciji na ovim staništima, relativno vrlo mala. Ona se kreće, kako vidimo, od 0,01 do 0,09% direktnog svijetla. Zato su se ovdje i mogle razviti uglavnom samo mikrostenofotične vrste. Međutim, postoji razlika u osvijetljenju staništa na gornjim i donjim jezerima. Kako se vidi iz priloženog grafikona, staništa gornjih jezera slabije su osvijetljena od staništa donjih jezera. To se, kako sam već napomenuo,

očituje i u vegetaciji. Dok u gornjim jezerima glavninu briofitske vegetacije čine mikrostenofotične vrste, na zasjenjenim staništima donjih jezera nalaze bolje uvjete za svoj razvoj eurifotične vrste, kao što je *Didymodon tophaceus*. Te razlike nisu međutim tako velike, da bi se to jače odrazilo u sastavu vegetacije. Sastav vegetacije je svejedno na ovim površinskim staništima uglavnom isti.



Sl. 1. »Lihtgenus« na slapovima Plitvičkih jezera u mjesecu srpnju

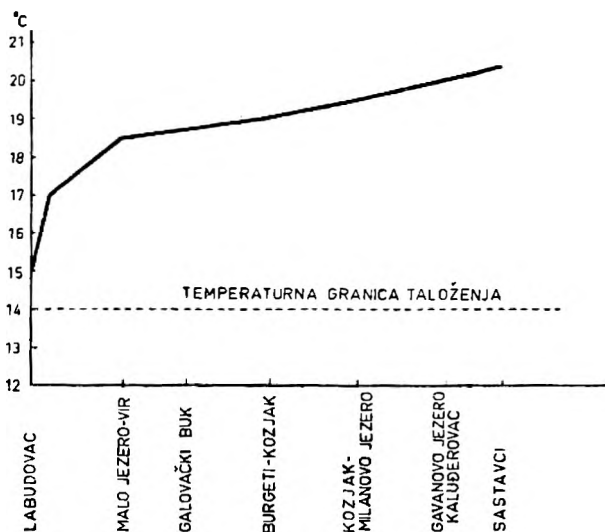
Posve osvjetljenih staništa na ovim slapovima ima malo. Tu onda nalazimo nešto više razvijenu vegetaciju alga (cijanoficeje i zignemaceje), te samo neke mahovine (*Platyhypnidium rusciforme*), i to ponekad u zakržljanim busenovima, kako je to već bilo rečeno.

2. Fizička svojstva vode

a/ Temperatura

Temperatura vode na ovim slapovima vrlo je važan faktor, jer ona regulira intenzitet izlučivanja kalcijeva karbonata, odnosno sedre. Poznato je naime, a to sam pokazao i svojim istraživanjima na rijeci Krki (1956), da je znatno intenzivnije taloženje sedre kod viših temperatura, tako da se na ovim staništima mogla nastaniti samo takva vegetacija, koja je najbolje prilagođena na ovakvo pojačano taloženje. Općenito postoji donja granica temperature, iznad koje je uopće moguće taloženje

kod određenog kemijskog sastava vode. Ta je granica, kako je već poznato, kod 14° C za vode s alkalitetom od 1,3. Pogledamo li srednje dnevne temperature vode, izmjerene u mjesecu lipnju na ovim slapovima (sl. 2.), vidjet ćemo, da na svim slapovima postoje povoljni uvjeti za taloženje sedre. Iako je na slapovima gornjih jezera temperatura nešto



Sl. 2. Temperature vode na slapovima Plitvičkih jezera u mjesecu srpnju

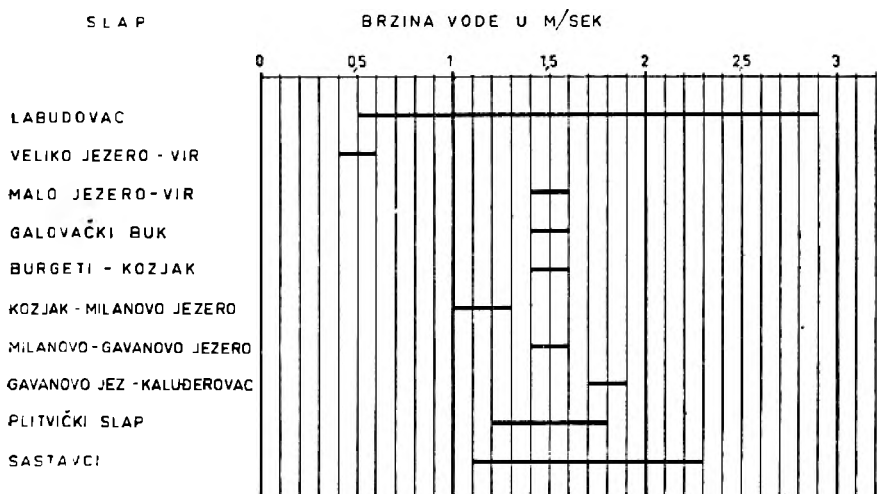
niža, ona je svuda iznad temperature granice taloženja, jer je alkalitet vode, kako ćemo još vidjeti, znatno iznad 1,3. To je uvjetovalo, da su se ovdje masovno mogli razviti samo najtipičniji porofiti, koji zadržavaju velike količine sedre i na taj način sudjeluju kod rasta sedrenih barijera.

b/ Brzina vode

Razvoj površinske briofitske vegetacije zavisi većinom i od brzine vode, koja svojom brzinom izazivlje prozračivanja, a time i jače taloženje sedre. Sva površinska briofitska vegetacija zalazi i u brzice, pa gotovo svi njezini članovi pripadaju ekološkom tipu reikofita.

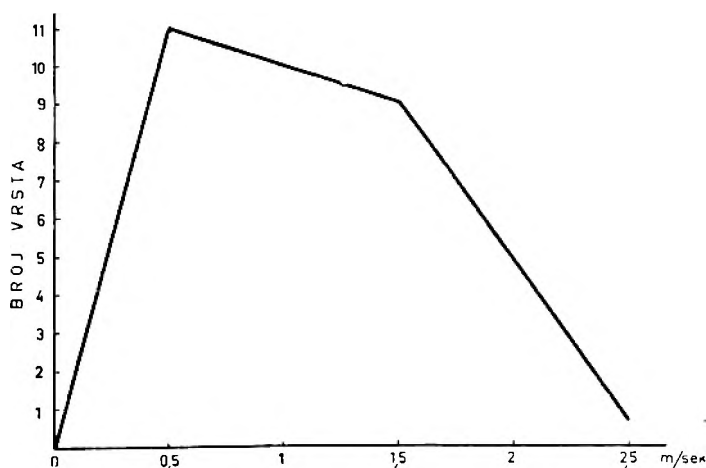
Brzine vode izmjerene na pojedinim slapovima (sl. 3.) u mjesecu lipnju pokazuju, da ona varira od približno 0,5 do c. 3m/sek. Mjestimično (na jednome mjestu na Labudovcu) izmjerena je i brzina od preko 4m/sek, ali u tim brzicama gotovo da nije bilo vegetacije, tako da za ova naša razmatranja ne dolaze u obzir. Međutim, gotovo na svim slapovima vidimo stalnu brzinu vode, koja se kreće od 1—2 m/sek, ili, bolje rekavši, najčešća brzina vode na slapovima Plitvičkih jezera u mjesecu srpnju kreće se oko 1,5 m/sek.

Usporedivši ove podatke s onima, koje sam izmjerio na slapovima drugih rijeka, možemo utvrditi, da je optimalna brzina, na koju su prilagođeni porofiti, baš oko tih brzina, koje su izmjerene na Plitvicama, t. j. između 1—2 m/sek (Pavlečić 1956).



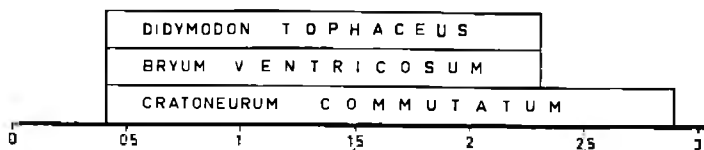
Sl. 3. Brzina vode na slapovima Plitvičkih jezera u mjesecu srpnju

Sličnost možemo utvrditi, ako usporedimo i učestalost vrsta, jer i na Plitvičkim jezerima, kao što sam to utvrdio i na rijeci Krki, najveći broj porofita raste kod brzina, koje se kreću između 0,5 do 1,5 m/sek, dok prema krajnjim vrijednostima taj broj znatno pada (sl. 4.). Tako



Sl. 4. Učestalost vrsta prema brzini vode na slapovima Plitvičkih jezera

je i s reikovalencijama najvažnijih porofita, koje sačinjavaju glavninu porofitne vegetacije (sl. 5.). I tu vidimo, da je zajednička reikovalencija za ove vrste, a možemo time reći i za glavninu porofitne vegetacije na ovim slapovima, kod brzina od približno 0.5 m/sek do oko 2,5 m/sek. Iz toga bi se već mogao nazirati zaključak, da do stvaranja većih sedrenih



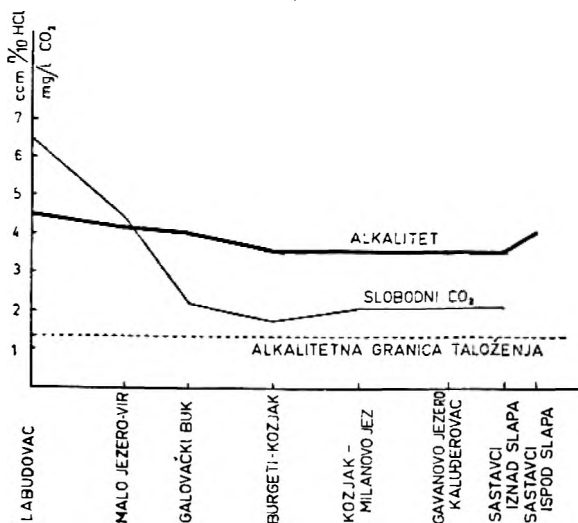
Sl. 5. Reikovalencije najvažnijih reikofita

naslaga u nekoj rijeci može doći najprije tamo, gdje se brzina vode kreće između 0,5 do 2,5 m/sek. U vodama ispod i iznad tih brzina ne će se moći razviti najvažniji porofiti, koji uz druge povoljne ekološke uvjete zadržavaju izlučeni CaCO_3 iz vode i time stvaraju sedrene naslage.

3. Kemijska svojstva vode

a/ Alkalitet, tvrdoća i količina slobodnog CO_2

Izlučivanje CaCO_3 u vapnenačkim vodama zavisi, kako je poznato, od količine otopljenog bikarbonata i slobodnog CO_2 , koji su u vodi u međusobnoj kemijskoj ravnoteži. Znači, da su ti faktori od velikog značenja za porofite. Otopljeni bikarbonat označujemo alkalitetom ili tvrdoćom, što je ustvari isto. Alkalitet (sl. 6. i tabela na str. 85.) u vodi na



Sl. 6. Promjena alkaliteta i slobodnog CO_2 na slapovima Plitvičkih jezera u mjesecu srpnju

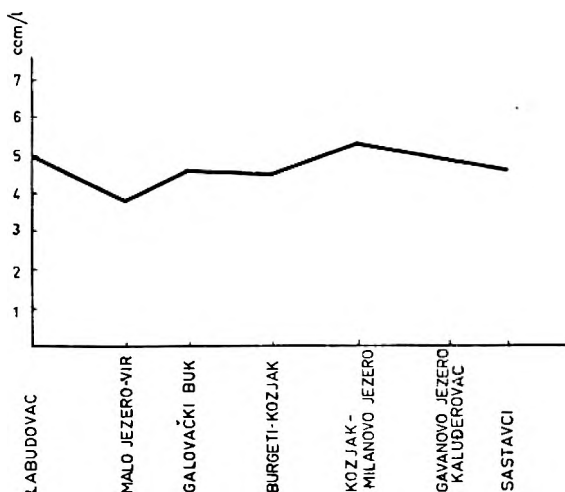
slapovima Plitvičkih jezera relativno je dosta visok, što znači, da te vode imaju velik potencijal, da kod povoljnih temperatura izlučuju znatne količine CaCO_3 . On se kreće između 3,6 do 4,4. Kako vidimo, alkalitet je gotovo svuda isti. To je i razumljivo, ako se uzme u obzir, da se izlučivanje sedre vrši na relativno malom prostoru, tako da to nema većeg utjecaja na promjenu alkaliteta. Svejedno se zapaža, da alkalitet pada od gornjih jezera prema donjima, kao što su već ranije zapazili i neki drugi istraživači, a što susrećemo i na ostalim rijekama, gdje se taloži sedra. Izlučujući sedru, voda na svome putu postepeno gubi bikarbonat, a time se smanjuje i alkalitet. Ispod Sastavaka zapaža se međutim skok u vrijednosti alkaliteta. Voda dobiva na tim mjestima odjednom veći alkalitet, zbog toga što se ona ovdje miješa s vodom iz potoka Plitvice, koji ima vrlo visok alkalitet (5,2).

Kako vidimo, alkalitet je na svim slapovima iznad alkalitetne granice taloženja (1,3), a vidjeli smo također, da je i temperatura svuda povoljna, pa su prema tome na ovim slapovima ispunjeni fizičko-kemijski uvjeti za taloženje sedre, koja se pod tim uvjetima može taložiti i bez prisustva biljaka.

Količina slobodnog CO_2 , koja je u kemijskoj ravnoteži s količinom otopljenog bikarbonata, u ovim je vodama također malena, ali mjerenja su pokazala, da ona pada s količinom otopljenog bikarbonata, odnosno s alkalitetom.

b/ Kisik

Količina kisika, koja je, kao i za sve ostale organizme, vrlo značajna i za život porofita, velika je u vodama na slapovima Plitvičkih jezera. Međutim, ovim organizmima vjerojatno nije potreban kisik iz vode,



Sl. 7. Količina kisika na slapovima Plitvičkih jezera u mjesecu srpnju

jer žive uvijek samo na staništima prozračivanja vode, bili oni u brzicama ili u zoni rasprskavanja. Količina kisika u vodama kreće se između 4—5 ccm/l, što znači, da ih možemo označiti kao vode bogate na kisiku. Značajno je, da je količina kisika svuda uglavnom ista i da se ne mogu uočiti neke pravilnosti u promjeni tih količina na pojedinim slapovima (sl. 7.). Pritom vjerojatno nešto utječe i samo prozračivanje, odnosno rasprskavanje vode, na slapovima, ali sigurno u manjoj mjeri, jer su ove vode, kako su pokazala nedavna hidrološka istraživanja jedne ekipe Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, zasićena kisikom¹.

4. Vla g a

Zbog jakog rasprskavanja vode postoje u neposrednoj blizini slapova, velike površine vrlo vlažnih staništa, koja su također naseljena porofitima. Među takva ne ubrajam staništa izvan domaka prskanja i koja nisu nastanjena porofitima, već noterofitima. Atmosfera na takvim staništima sadržava velik postotak vlage. Količinu vlage mjerili smo pomoću higrometra, koji nam je ustupila hidrometeorološka služba N.R. Hrvatske. Ta su mjerenja pokazala, da se količina vlage na ovim staništima kreće najviše između 60—70% apsolutne vlage, a postoji i manji broj staništa s nešto većom odnosno manjom količinom vlage. Ima staništa u neposrednoj blizini slapova, gdje se voda rasprskava u bezbroj sitnih kapljica, koje poput kiše padaju na sedrene gromade. Tu je izmjereno do preko 75% apsolutne vlage. Bilo je međutim i takvih staništa s otprilike 50% vlage. Za sve je međutim karakterističan velik postotak apsolutne vlage, što uz slabije osvjetljenje pogoduje, da se ovdje razvila u velikim masama briofitska porofitna vegetacija.

IV. DISKUSIJA

Promatrajući ekološke odnose na slapovima Plitvičkih jezera, nameće nam se pretpostavka, da oni omogućuju razvoj vrlo specijalizirane vegetacije. Raznolikost ekoloških faktora, koji doduše pojedinačno ne variraju mnogo, ali sami po sebi predstavljaju brojne ograničavajuće faktore, pružaju mogućnost za razvoj samo manjeg broja organizama, koji se pod uvjetima slabe konkurencije mogu razvijati u vrlo velikim masama. Stoga jednoličnost briofitske vegetacije, koju nalazimo na slapovima Plitvičkih jezera, ne smijemo gledati samo kao odraz jednoličnosti ekoloških faktora, iako je i to razlog, već više kao odraz posebnih ekoloških uvjeta, na koje se može prilagoditi samo mali broj vrsta, ili drugim riječima, kao odraz slabe konkurencije, koja omogućuje bujni razvoj više manje monomorfne vegetacije, specijalizirane na te posebne ekološke uvjete.

¹ Prema usmenom saopćenju prof. ing. Petrika.

Ti posebni ekološki uvjeti, koji predstavljaju znatne ograničavajuće faktore, su u prvom redu voda s vrlo visokim kapacitetom taloženja CaCO_3 , što pokazuju relativno visoki alkalitet i temperatura vode, koji uz jako rasprskavanje vode izazivlju izlučivanje velikih količina CaCO_3 i bez prisustva organizama. Pod takvim uvjetima mogu se razvijati samo briofiti sposobni da rastu brže nego što se sedra taloži. To mogu biti samo najtipičniji porofiti, kao što su *Cratoneurum commutatum*, *Bryum ventricosum*, *Didymodon tophaceus*, kojemu samo ime pokazuje njegova ekološka svojstva, i *Eucladium verticillatum*, koji zapravo i čine glavninu vegetacije na površinskim staništima slapova. Tu međutim ne nalazimo neke druge porofite, koji su također sposobni, da se razvijaju pod uvjetima intenzivnog izlučivanja CaCO_3 u vodi, kao što su *Cinclidotus aquaticus* i *Platyhypnidium rusciforme*, koji na nekim drugim rijekama stvaraju masovnu vegetaciju na površinskim staništima sedrenih slapova, na pr. na Krki, Uni, Plivi, Mrežnici, Dobri i dr. To je zbog toga, što se ovdje javlja još jedan ograničavajući faktor, a to je svjetlost. Staništa na slapovima Plitvičkih jezera vrlo su zasjenjena, tako da su se ovdje mogli naseliti samo mikrostenofitični ili pak eurifitični porofiti, dok makrostenofitični, t. j. porofiti svijetla, ovdje se ne mogu razvijati, ili ih nalazimo samo pojedinačno na rijetkim osvjetljenim staništima, i to najčešće u vrlo zakržljanim primjercima. Zato ovdje nije razvijena *Cinclidotus aquaticus* — *Platyhypnidium rusciforme* vegetacija, koja se razvija na vrlo osvjetljenim staništima, već se vrlo bujno razvila *Cratoneurum cimmutatam* vegetacija, koja može uspijevati samo pod uvjetima slabog osvjetljenja.

Postoji još jedan faktor, na koji se mogu prilagoditi samo vrlo specijalizirane vrste. To je brzina vode. Voda, koja prelazi preko slapova, ima stanovitu brzinu, bez koje ne bi moglo doći do rasprskavanja, odnosno prozračivanja vode, a to povećava površinu vode u kontaktu s atmosferom, bez čega nema intenzivnijeg izlaženja CO_2 iz vode, a time i intenzivnijeg taloženja karbonata. Biljke, koje naseljavaju takva staništa, pripadaju ekološkom tipu reikofita i moraju odoljevati stanovitoj brzini vode. Ta brzina nije doduše, kao što smo vidjeli, tako velika (0,5—3 m/sek), ali je ona ipak faktor, koji, čini se, pogoduje razvoju briofitske vegetacije. Na ovo najbolje ukazuje činjenica, da na staništima u mirnoj vodi nije uopće razvijena ova vegetacija, a nisam nikada ni na drugim rijekama našao neku mahovinu. Sve to pretpostavlja, da je ova vegetacija zapravo higrofitskog, a ne hidrofitskog karaktera, što znači, da ona može uspijevati samo pod uvjetima prozračivanja, gdje vegetativno tijelo dolazi više u kontakt s atmosferom nego s vodom. Znači, da je ta vegetacija više kopnenog nego vodenog karaktera. S tim u vezi možemo protumačiti, na koji se način vrši izmjena plinova u biljci, odnosno, što je ovdje važnije, odakle uzimaju ove mahovine CO_2 za procese asimilacije, da li iz vode ili iz atmosfere? Drugim riječima, da li ova vegetacija neposredno sudjeluje kod procesa taloženja sedre? Po svemu izgleda, da ove biljke troše CO_2 iz atmosfere, a ne iz vode, jer

bi u suprotnom slučaju morale stvarati isto takvu bujnu vegetaciju i u mirnim vodama, budući da su tamo svi ostali ekološki faktori jednaki kao i u brzicama, te uopće na staništima prozračivanja vode. Da je tome tako, ukazuje i činjenica, da se ova vegetacija ne ograničava samo na brzice, nego je nalazimo u istom sastavu, čak nešto bujnije razvijenu, u neposrednoj blizini vode, dakle na staništima izvan vode u zoni rasprskavanja. To je, najvjerojatnije, higrofitna vegetacija prilagođena na veliku količinu vlage. Veliki postotak vlage, koju smo izmjerili na staništima izvan vode (pretežno 60—70% apsolutne vlage), također nam govori, da je ovo higrofilna vegetacija, koja može uspijevati u atmosferi s velikom količinom vlage.

Čim je prozračivanje vode slabije, nestaje ove tipične površinske vegetacije i namjesto nje javlja se druga, koja također nalazi vrlo povoljne uvjete za svoj razvoj, tako da je više manje na svim slapovima vrlo dobro i bogato zastupljena. Na takvim staništima, preko kojih također protječe voda, ali koja ne izazivlje veće prozračivanje, razvija se vegetacija, koju bismo mogli označiti, da je hidrofitskog karaktera. Toje *Pellia fabbroniana* vegetacija ili, kako ju je nazvao Hercog, *Haplozia riparia* — *Riccardia (Aneura) pinguis* vegetacija. Ali, čini se, da ni ona nije sasvim hidrofitska, jer je možemo nalaziti i na vrlo zasjenjenim mjestima, natopljenim vodom. Uopće, čini se, da je sva ova vegetacija više kopnenog karaktera i da se sekundarno razvila i u vodama. Mogli bismo čak odrediti, kada je ta vegetacija počela nastanjivati i vodena staništa. Sedrene naime naslage vjerojatno nisu starije od diluvija, i nema fosilne sedre, koja bi se mogla pripisati nekom drugom periodu. Osim toga vrlo je važno istaći, da se ove biljke razmnožavaju pretežno vegetativnim putem i pod takvim uvjetima ne stvaraju fruktifikacije. U novije se doba (Gesner 1956) utvrdilo, da kao prave vodene biljke možemo smatrati samo one, koje u vodama i fruktificiraju, dok su sve ostale doseljenici s kopna. Slično mišljenje daje i Persson (1956) za mahovine, a da je tome tako, uvjerio sam se i u toku svojih istraživanja na drugim rijekama, a na naročito instruktivan primjer naišao sam baš na Plitvičkim jezerima. U vodama ostalih rijeka našao sam samo, da vrsta *Cinclidotus aquaticus* fruktificira. Stoga jedino možda ovu vrstu od svih reikofilnih porofita možemo smatrati autohtonim reikofitom, dok su svi ostali bili bez fruktifikacija, pa ih moramo smatrati doseljenicima s kopnenih staništa. Ni na Plitvičkim jezerima ne fruktificiraju svi reikofiti. Na jednom pak staništu naišao sam na kompaktne busenove vrsta *Marchantia polymorpha* i *Fegatella conica*, koji su bili djelomično na vrlo vlažnim i zasjenjenim staništima, a djelomično na sušim, gotovo suhim, staništima i na svijetlu. Dijelovi busenova, koji su bili na vlažnim staništima, bili su bez rasplodnih organa, a oni na svijetlim staništima bili su prepuni nosioca arhegonija i anteridija. Ovaj primjer svakako pokazuje, da vlaga ne pogoduje razvoju rasplodnih organa kod ovih briofita i da se biljka može potpuno razviti na nešto sušnijim staništima, što može biti znak, da su ovi briofiti tek sekundarno

moгли naseliti nešto vlažna mjesta, pa čak zaći i u vode. Ovo međutim ne možemo proširiti na sve mahovinske porofite, već samo na reikofite, jer ima porofitnih vrsta, koje rastu na prokapnim staništima i sasvim normalno fruktificiraju, kao što su *Hymenostilium curvirostre* i *Eucladium verticillatum*. Kada te iste vrste nalazimo u brzicama, tada su i one bez fruktifikacija.

Ima kemijskih faktora, koji, čini se, ne predstavljaju neki veći ograničavajući faktor, pa prema tome nisu tako značajni za ovu vegetaciju. Na pr. količina kisika u vodi vjerojatno nema utjecaja na razvoj ove vegetacije. To je i razumljivo, ako uzmemo u obzir, da je to više kopnena vegetacija, koja će zavisiti prvenstveno od kisika u atmosferi.

Sve ovo, što smo naprijed rekli, odnosi se na površinsku briofitsku vegetaciju, koja se razvija u vodotocima ili u njihovoj neposrednoj blizini u zoni prskanja i zapljuskivanja. Ali i ostala briofitska vegetacija na ovim slapovima, koju nalazimo na drugim staništima, kao u spiljama i poluspiljama ili u podbracima, uglavnom zavisi od istih faktora kao i ona površinska. Jedini faktor, koji za ovu vegetaciju nije od većeg značenja, jest brzina vode. Inače su i ona natopljena vrlo tvrdom vodom, koja se pojavljuje ili kao prokapna, naplavljena ili raspršena voda, a također su više ili manje zasjenjena, što je tako značajno za površinska staništa. Ta je vegetacija možda samo nešto više kopnenog karaktera, tako da ponekad nalazimo njihove članove i s rasplodnim organima.

Rezimirajući na kraju, možemo istaknuti, da se na slapovima Plitvičkih jezera razvila takva briofitska vegetacija, koja je prilagođena na vrlo intenzivno taloženje sedre i slabo osvjetljenje. Zbog tako ekstremnih uvjeta mogla se razviti vrlo specijalizirana vegetacija, koja se zbog slabe konkurencije mogla razviti u vrlo velikim količinama.

V. ZAKLJUČAK

U zaključku radnje iznijet ću glavne rezultate ovih istraživanja.

Floristička istraživanja su pokazala, da je na slapovima Plitvičkih jezera u odnosu na slična staništa nekih drugih naših voda, zastupljen relativno mali broj briofita. Ukupno je nađeno 23 vrste (18 muska i 5 hepatika), od kojih su 17 vrsta (3 hepatike) porofiti, a 6 vrsta aporofiti. Treba također napomenuti, da samo mali broj (oko 10 vrsta) čine glavninu vegetacije, dok su ostale s pojedinačnih nalazišta.

Vegetacija briofita na ovim slapovima uglavnom je jednolična na svim slapovima, što se dovodi u vezu s posebnim ekološkim uvjetima, koji ovdje vladaju i omogućavaju razvoj samo specijalizirane vegetacije, sastavljene iz malog broja vrsta, te jednolikim faktorima na svim slapovima. Na površinskim staništima s jačim prozračivanjem vode razvila se *Cratoneurum commutatum* vegetacija, koju sačinjavaju osim spomenute svuda dominantne vrste još i masovno zastupljene vrste *Bryum ventricosum*, *Didymodon tophaceus* i *Eucladium verticillatum* s još nekoliko pratilica. Sastav ove vegetacije donekle je uvjetovan i svjetlosnim

prilikama. Kako su na donjim slapovima staništa za nijansu jače osvijetljena, nešto jače se razvija eurifotična vrsta *Didymodon tophaceus*, dok se na gornjim slapovima bolje razvijaju mikrostenofotične vrste (*Bryum ventricosum*, *Cratoneurum commutatum*). U vodotocima sa slabijim proizračivanjem razvila se prilično masovno *Pellia fabbroniana* vegetacija. Spilje i poluspilje sa slabijim osvjetljenjem nastanjuje *Cratoneurum commutatum* i *Eucladium verticillatum*, dok na jače osvijetljenim dominira *Hymenostilium curvirostre* sa svojim pratilicama. Netrofitsku vegetaciju sačinjavaju uglavnom marhancijaceje, te od muska *Mnium* i *Fissidens* vrste. Sasvim osvijetljenih staništa na slapovima Plitvičkih jezera ima malo, i ta naseljava uglavnom vegetacija alga, a od mahovina na pr. makrostenofotične vrste, kao što je *Platyhypnidium rusciforme*, ali i tada ne masovno i često u zakržljanim busenovima.

Analizirani su i glavni ekološki faktori (tabela na str. 85.). Od fizičkih svjetlost, temperatura i brzina vode, a od kemijskih alkalitet, tvrdoća, količina slobodnog CO₂ i kisika u vodi, i količina vlage na staništima u neposrednoj blizini slapova.

Određen je relativni »lihtgenus« za staništa na svim slapovima u postocima i utvrđeno, da na tim staništima biljke mogu uživati male količine svjetla od 0,01 do 0,09% direktnog svjetla. Na donjim jezerima količina svjetla nešto je veća nego na gornjim jezerima. Dok se na slapovima gornjih jezera kreće od 0,01 do 0,03 direktnog svjetla, na donjim slapovima količina svjetlosti iznosi od 0,04 do 0,09% direktnog svjetla.

Temperatura vode je relativno visoka i ona se u mjesecu srpnju kreće od 15° do preko 20° C. Na gornjim jezerima nešto je niža i postepeno se povisuje prema donjim jezerima. Svuda je međutim iznad temperaturne granice taloženja.

Brzina vode na ovim staništima kreće se od 0,5 do 3 m/sek. Međutim, najčešća brzina, koju susrećemo na ovim slapovima, iznosi 1—2 m/sek, ili oko 1,5 m/sek, što se poklapa i sa zapažanjima u drugim našim vodama.

Alkalitet, odnosno tvrdoća, ovdje su visoki, što ukazuje na znatan taložni potencijal ovih voda. Alkalitet se kreće između 3,6 do 4,4. Od gornjih prema donjim slapovima postepeno pada. Jedino ispod Sastavaka nešto je veći zbog vode, koja dolazi iz Plitvičkog slapa i koja ima vrlo visok alkalitet (oko 5). Prema tome alkalitet je na ovim slapovima iznad alkalitetne granice taloženja.

Kao i alkalitet, i količina slobodnog CO₂ pada od gornjih prema donjim slapovima. Ova je količina neznatna i kreće se od 6,6 do 2,2 mg/l.

Količina kisika nije svuda jednaka, ali ne pokazuje pravilnost smanjivanja ili povećavanja u nizvodnom smjeru. Ona iznosi od 3,7 do 5,23 ccm/l, što znači, da su ove vode bogate kisikom. Međutim, čini se, da količina kisika u vodi za ove biljke nije od nekog većeg značenja, jer su ovo više kopnene biljke, pa više ovise o kisiku u atmosferi, odnosno o kisiku u prozračenoj vodi.

EKOLOŠKI FAKTORI NA POJEDINIM SLAPOVIMA PLITVIČKIH JEZERA
U MJESECU SRPNJU 1956.

Slap	Temperatura u °C	Alkalitet u ccm HCl	Tvrdoća u nj. st.	Slobodni CO ₂ u mg/l	Kisik u ccm/l	Brzina vode u sek/m	Svijetlo u % dir. svijetla	Apsolutna vlaga u %	pH
Labudovac	14,9	4,4	12,5	6,5	5,23	0,4—2,9	0,01%	75—100%	c. 7,2
Veliko jezero-Vir						0,5	0,03%	70%	c. 7,2
Malo jezero-Vir	18,5	4,1	11,6	4,4	3,7	1,5	0,01%	68%	c. 7,2
Galovački buk	18,5	4	11,3	2,2	4,46	1,5	0,03%	61%	c. 7,2
Burgeti-Kozjak	18,9	3,6	10,2	1,7	4,25	1,5	0,02 ^h %	79%	c. 7,2
Kozjak-Milanovo	19,2—19,7	3,6	10,2	2,2	5,02	1,3	0,06—0,09	72%	c. 7,2
Milanovo-Gavanovo						1,5			
Gavanovo-Kaluderovac	20,1					1,8	0,07%		c. 7,2
Plitvički slap	13,6	5,2	14	6,2		1,2—1,8			c. 7,2
Sastavci (iznad)	20,4	3,6	10,5	2,2	4,35	1,1—2,3	0,05%	54%	c. 7,2
Sastavci (ispod)		4	11,2	tragovi	4,7	0,5—1,1			

Vlaga je mjerena na obali u zoni prskanja i na vlažnim mjestima. Količina vlage na tim staništima kretala se najčešće između 60—80%. Bilo je pojedinačnih staništa, gdje je izmjereno 75—100% i oko 50% vlage.

U diskusiji je istaknuto, da ekološki uvjeti na slapovima rijeke Krke čine kompleks ekoloških faktora, koji zapravo predstavljaju brojne ograničavajuće faktore. Oni omogućuju samo ograničenom broju biljaka, da naseljavaju ova staništa. Stoga se ovdje naselila specijalizirana vegetacija, koja je prilagođena na vrlo intenzivno taloženje sedre i slabo osvjetljenje. Zbog slabe konkurencije ove su se vrste mogle razviti u vrlo velikim masama. Nadalje je istaknuto, da je ova vegetacija više higrofitskog, a ne hidrofitskog karaktera, te da je moramo uzeti više kao vegetaciju kopna, nego kao vodenu vegetaciju.

ZUSAMMENFASSUNG

ÖKOLOGISCHE VERHÄLTNISSE DER MOOSVEGETATION AN WASSERFÄLLEN DER PLITVICE-SEEN

Der Verfasser hat die ökologischen Verhältnisse der Moosvegetation an Kalktuffwasserfällen der Plitvice-Seen in Kroatien erforscht. Neben den ökologischen Faktoren hat er auch die Bryophytenflora und -vegetation untersucht. Diese Erforschungen wurden in den Jahren 1954. und 1956. gemacht.

Die floristischen Erforschungen haben gezeigt, dass an Wasserfällen der Plitvice-Seen eine verhältnismässig kleine Anzahl der Moosarten vertreten ist. Insgesamt wurden 23 Arten (18 Laub- und 5 Lebermoose) gefunden, von denen 17 Arten (3 Lebermoose) Kalktuffbildner sind.

Die Moosvegetation an allen Wasserfällen ist durchweg gleichmässig, was der Verfasser in Zusammenhang mit den besonderen ökologischen Bedingungen, die hier herrschen, bringt und die allein der spezialisierten Vegetation die Entwicklung ermöglichen. Die Vegetation ist an allen Wasserfällen aus einer kleineren Anzahl von Arten zusammengesetzt, die auf gleichmässige äussere Bedingungen angepasst sind. An oberflächlichen Standorten mit stärkerer Durchlüftung des Wassers ist die *Cratoneurum commutatum*-Vegetation entwickelt, die neben der erwähnten überall vorherrschenden Art auch noch häufig vertretene Arten von *Bryum ventricosum*, *Didymodon tophaceus* und *Eucladium verticillatum* nebst einigen Begleitern umfasst. Die Zusammensetzung dieser Vegetation wurde auch einigermaßen von den Lichtumständen bedingt. Nachdem die unteren Wasserfälle der Plitvice-Seen ein wenig besser belichtet sind, hat sich dort die euryphotische Art *Didymodon tophaceus* etwas stärker entwickelt, während an oberen Wasserfällen die mikrostenophotischen Arten (*Bryum ventricosum*, *Cratoneurum commutatum*) mehr in Erscheinung treten. In Wasserläufen mit schwächerer Durchlüftung ist die *Aneura pinguis*-Vegetation üppig entwickelt. Höhlen und Halbhöhlen mit schwächerer Belichtung waren von *Cratoneurum*

commutatum und *Eucladium verticillatum* besiedelt, wogegen an stärker belichteten Stellen *Hymenostilium curvirostre* mit Begleitern dominierte. Die noterophytische Vegetation besteht hauptsächlich aus *Marchantiales*. Laubmoosen *Mnium* sowie *Fissidens*-Arten. Ganz belichtete Standorte an Wasserfällen der Plitvice-Seen kommen selten vor. Diese Standorte sind vornehmlich von Algenvegetation besiedelt sowie von makrostenophotischen Moosarten, wie dies z. B. *Platyhypnidium rusciforme* ist; die letzteren sind nicht so üppig entwickelt und erscheinen häufig in verkümmerten Rasen.

Auch die wichtigsten ökologischen Faktoren wurden analysiert (siehe Tab. auf S. 85), und zwar von physikalischen Faktoren die Belichtung, die Temperatur und die Geschwindigkeit des Wassers, von chemischen Faktoren die Alkalität, die Karbonathärte, das freie CO_2 , der Sauerstoffgehalt, und sodann in unmittelbarer Nähe der Wasserfälle die Feuchtigkeit selbst. Für Standorte an allen Wasserfällen wurde der relative Lichtgenuss bestimmt, wobei der Verfasser zur Feststellung kam, dass an diesen Standorten die Pflanzen wenig Licht geniessen können, ungefähr 0.01 bis 0,09% der Lichtintensität an offenen Stellen. An den Moosstandorten der unteren Wasserfälle ist der Lichtgenuss etwas grösser als an den Standorten der oberen Seen: er beträgt für die ersteren 0,04 bis 0,09, für die letzteren dagegen 0,01 bis 0,03%.

Die Temperatur des Wassers ist relativ hoch und variiert im Monate Juli von 15° bis über 20° C. An den oberen Seen ist sie etwas niedriger, während sie an den unteren Seen allmählich steigt.

Die Geschwindigkeit des Wassers variiert von 0,5 bis 3 m/Sek. Die häufigste Geschwindigkeit aber, die wir an diesen Wasserfällen festgestellt haben, beträgt 1 bis 2 m/Sek. und dies stimmt auch mit den Beobachtungen an anderen Karstgewässern überein.

Was die Alkalität bzw. die Karbonathärte angeht, diese sind hier hoch, was auf ein grosses CaCO_3 -Ablagerungspotential dieser Gewässer hinweist. Die Alkalität variiert zwischen 3,6 bis 4,4. Von den oberen gegen die unteren Wasserfälle nimmt sie allmählich ab. Nur unterhalb der »Sastavci« ist diese etwas grösser infolge des Wassers aus dem Wasserfall »Plitvički slap«, das eine sehr grosse Alkalität aufweist. Demzufolge ist die Alkalität an diesen Wasserfällen besonders gross, so dass bei den angeführten Temperaturen die CaCO_3 -Ablagerung überall möglich ist.

Gleichwie die Alkalität, nimmt auch die Menge des freien CO_2 von den oberen gegen die unteren Wasserfälle ab. Diese Menge ist äusserst gering und variiert zwischen 6,6 und 2,2 mg/l.

Die Sauerstoffmenge ist nicht überall dieselbe und zeigt auch nicht die Regelmässigkeit der Verminderung oder Vergrösserung in stromabwärtslaufender Richtung. Sie beträgt 3,7 bis 5,23 ccm/l. was bedeutet, dass diese Gewässer an Sauerstoff reich sind. Man kann aber als wahrscheinlich annehmen, dass die Sauerstoffmenge im Wasser für diese Pflanzen nicht so sehr wichtig ist, in Anbetracht des Umstandes, dass

diese mehr Landpflanzen sind und daher mehr von Sauerstoff in der Atmosphäre bzw. von Sauerstoff in gut durchlüftendem Wasser abhängen.

Die relative Feuchtigkeit am Ufer in der Bespritzungszone sowie an feuchten Orten ist auch gemessen worden. Die Feuchtigkeitsmenge an diesen Standorten variierte am häufigsten zwischen 60—80%. An einzelnen Standorten betrug sie 75—100%, anderorts wieder konnte bloss 50% Feuchtigkeit gemessen werden.

In der Diskussion wird hervorgehoben, dass die ökologischen Bedingungen an Wasserfällen der Plitvice-Seen in der Tat ein Komplex der ökologischen Faktoren darstellen, von denen viele beschränkende Faktoren sind. Sie ermöglichen nur einer beschränkten Anzahl von Pflanzenarten sich an diesen Standorten anzusiedeln. Eben deshalb ist hier eine spezialisierte Vegetation entwickelt, die sich an eine sehr intensive Kalktuffablagerung und schwache Belichtung angepasst hat. Wegen der schwachen Konkurrenz können sich diese Arten in sehr grossen Mengen entwickeln. Des weiteren wird hervorgehoben, dass diese Vegetation mehr einen hygrophytischen als hydrophytischen Charakter besitzt, weshalb die Annahme nahesteht, dass diese mehr eine Landvegetation als eine Wasservegetation zu betrachten ist.

LITERATURA — SCHRIFTTUM

- Gessner, F.: Hydrobotanik. Berlin 1955.
- Golubić, S.: Vegetacija alga na slapovima rijeke Krke u Dalmaciji. Rad Jugosl. Akad. knj. 312, Zagreb 1957.
- Herzog, Th., und K. Höfler: Kalkmoosgesellschaften um Golling. Hedwigia 81, 127. 1942.
- Horvat, I.: Grada za briogeografiju Hrvatske, Acta bot., Zagreb 1932.
- Pavletić, Z.: Die kalktuffbildenden Bryophyten in den Gewässern Südkroatiens und Bosniens. Revue Bryologique et Lichénologique 24, 93. 1955.
- Pavletić, Z.: Die Kalktuffbildung durch Bryophyten in den Gewässern Südkroatiens. Bulletin scientifique, Yougoslavie, 2, 52. 1955.
- Pavletić, Z.: Ekologija briofita na slapovima rijeke Krke s posebnim osvrtom na taloženje sedre. Disertacija, Zagreb. 1956.
- Pavletić, Z.: Prilozi poznavanju ekologije briofita na slapovima rijeke Krke u Dalmaciji. Rad JAZU (Zagreb) 312, 95. 1957.
- Pevalek, I.: Oblici fitogenih inkrustacija i sedre na Plitvičkim jezerima i njihovo geološko znamenovanje. Spomenica Gorjanović-Krambergera, Zagreb 1925.
- Pevalek, I.: Zaštita prirode u našoj zemlji s posebnim obzirom na Plitvička jezera. Glasnik biol. sekc. Hrv. prir. društva, T. 7, Zagreb 1955.
- Reichardt, H.: Die Flora des Bades Neuhaus nächst Cilli. Vehr. Zoll. Bot. Ges., Wien 1860.
- Walther, K.: Die Moosflora der *Cratoneuron commutatum*-Gesellschaft in den Karawanken. Hedwigia 81, 127. 1942.