

MIRJANA JANKOVIĆ i
MILORAD M. JANKOVIĆ

OSNOVNE KARAKTERISTIKE SVETLOSNOG REŽIMA I NJEGOVE DINAMIKE U BATLAVSKOJ AKUMULACIJI

UVOD

Svetlost predstavlja nesumnjivo jedan od najvažnijih ekoloških faktora s obzirom na presudnu ulogu u fotosintezi i formiranju termičkog režima staništa. Taj značaj se posebno ističe u vodenim biocenozama, u kojima postoji mogućnost, uslovljena dubinom i optičkim svojstvima vode, da se formiraju dve sasvim različite zone, fotična i afotična. Dok je prva karakteristična pre svega po zelenim biljkama, u drugoj se nalaze organizmi prilagođeni na odsustvo svetlosti, pa čak i takvi koji poseduju sopstveni izvor svetlosti. Život u vodenim bazenima nemoguće je u potpunosti shvatiti bez dubljeg poznavanja karakteristika njihovog svetlosnog režima, pa je zato ovome u svetu i poklonjena određena pažnja, naročito u poslednje vreme (Aberg B. und Rodhe W. 1942, Berger F. 1961, Birge A. and Juday C. 1929, 1930, 1931, 1932, Mokievskij K. 1961, Petrov B. 1961, Sauberer F. 1938, 1939, 1945, Sauberer F. and Eckel O. 1938, Rutkovskaja V. 1961). Međutim, u našoj zemlji, koja se inače odlikuje mnogobrojnim kopnenim vodama, gotovo da i nije rađeno na proučavanju njihovog svetlosnog režima (Golubić N. 1964 a, 1964 b). To je svakako nedostatak u dosadašnjim limnološkim proučavanjima naših vodenih ekosistema.

U ovom radu prikazani su rezultati proučavanja svetlosnog režima Batlavske akumulacije kod Prištine, veštačkog jezera koje je 1961 godine izgrađeno u gornjem toku reke Batlave (Janković M. 1967).

METODIKA RADA

Prilikom ispitivanja svetlosnih prilika u Batlavskoj akumulaciji korišćen je Langeov svetlomer sa selenskom fotoćelijom u metalnoj čauri nepropustljivoj za vodu. U vertikalnoj seriji mereni su istovremeno intenzitet svetlosti koja prodire prema dnu i difuzne svetlosti koja se odozdo vraća ka površini. Sem toga, beležena je količina sunčeve energije ispod same površine vode, kao i jačina svetlosti u vazduhu, iznad vodenog ogledala.

Između ostalog svetlosni režim je okarakterisan koeficijentom podvodne osvetljenosti K_0 i koeficijentom difuznog odbijanja K_d (P e t r o v 1961).

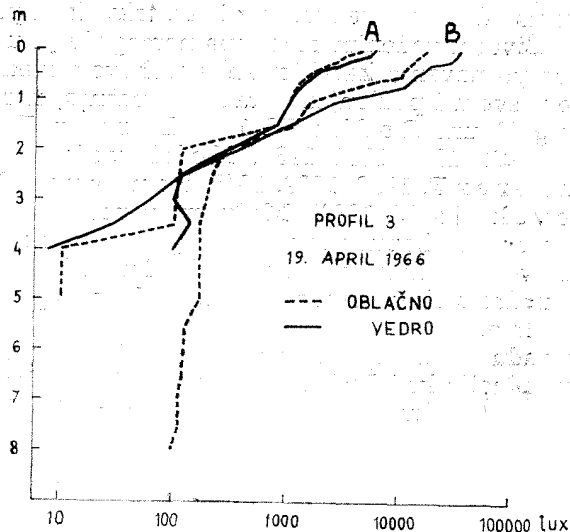
Prvi je određen formulom $K_0 = \frac{E_z}{E_0}$ a drugi formulom $K_d = \frac{R_z}{S}$,

pri čemu je E_z — osvetljenost na dubini z , E_0 — osvetljenost ispod same površine, R_z — difuzno izračivanje koje odozdo ide ka površini vode, a S potok prirodnog zračenja koje ide vertikalno nadole.

ANALIZA REZULTATA

Od mnogobrojnih merenja koja su vršena u toku 5 godina odabrana su samo neka na osnovu kojih će biti prikazana vremenska i prostorna dinamika svetlosnih uslova u Batlavskoj akumulaciji.

Utvrđeno je pre svega da u Batlavsku akumulaciju prodire znatna količina svetlosti. Od ukupne sunčeve radijacije koja padne na vodeno ogledalo u toku vedrih dana, u površinskom sloju se upije maksimalno 68.000 luksa, češće oko 50.000 luksa, što znači da u vodu prodre 85—90% od pripele svetlosti. Međutim, za vreme tmurnih dana, u zavisnosti od stepena oblačnosti, a posebno od vrste oblaka, absorbuje se svega 60—70% sunčeve energije, ili se taj procenat penje čak na 90 pa i 94% ako je nebo prekriveno belim kumulusima.



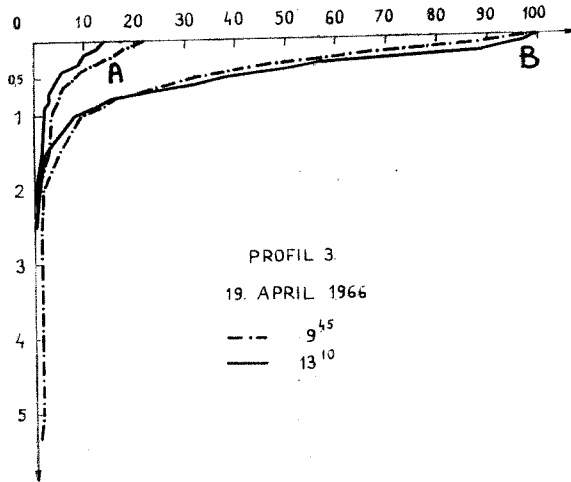
Dijagram 1. Karakteristike svetlosnog intenziteta pri oblačnom i vedrom nebu; A — difuzna svetlost, B — propuštena svetlost.

Graph 1. Characteristics of the light intensity in the conditions of cloudy and bright weather; A — diffuse lighte, B — penetrated light

Tablica 1. Karakteristike svetlosnog režima pri oblačnom i vedrom nebu
 Characteristics of the light intensity in the conditions of cloudy and bright weather
 19. IV. 1966.

Profil 3 Profile 3	Vedro Bright weather		Oblačno Cloudy weathe	
	Propuštena sv. Penetrated light	Difuzna sv. Diffuse light	Propuštena sv. Penetrated light	Difuzna sv. Diffuse light
0 cm	57.000 Lux	8.000 Lux	31.000 Lux	7.000 Lux
10 "	55.000 "	7.500 "	27.000 "	5.500 "
20 "	51.000 "	6.000 "	21.000 "	5.000 "
30 "	33.000 "	5.000 "	17.000 "	4.000 "
40 "	29.000 "	3.500 "	13.000 "	3.000 "
50 "	28.000 "	3.000 "	11.000 "	2.500 "
60 "	18.000 "	2.500 "	8.000 "	2.000 "
70 "	13.000 "	2.000 "	6.500 "	1.700 "
80 "	9.000 "	1.600 "	5.000 "	1.500 "
90 "	7.000 "	1.300 "	4.000 "	1.200 "
100 "	5.000 "	1.100 "	3.000 "	1.100 "
150 "	1.200 "	900 "	1.500 "	900 "
200 "	600 "	500 "	500 "	150 "
250 "	150 "	150 "	400 "	130 "
300 "	100 "	80 "	350 "	110 "
350 "	220 "	50 "	300 "	100 "
400 "	100 "	—	300 "	10 "
450 "	—	—	300 "	11 "
500 "	—	—	300 "	10 "
550 "	—	—	200 "	—
600 "	—	—	180 "	—
650 "	—	—	180 "	—
700 "	—	—	150 "	—
750 "	—	—	150 "	—
800 "	—	—	100 "	—

Dijagram 1 (i tablica 1) pruža bliže podatke o karakteristikama svetlosnog režima Batlavске akumulacije u jednom istom danu, ali pri različitim vremenskim prilikama. Merenja su vršena u 10 h kada je nebo bilo zastrto sivim oblacima i u 13 h pri potpuno vedrom danu. Pokazalo se da se u površinskom sloju sve do 70 cm dubine može samo u roku od 3 časa, između dva merenja, jačina svetlosti da udvostruči ili čak da pređe početnu veličinu. Razlike su ustanovljene i u dubljim slojevima, ali su u vodenoj masi ispod jednog metra relativno male i obično u korist podataka dobijenih pri oblačnom vremenu. To pokazuje da se najintenzivnije promene u svetlosnoj klimi Batlavskog jezera dešavaju u površinskoj vodi do jednog metra dubine. Međutim, kod difuzne svetlosti taj sloj se smanjuje na svega 30 cm, u kome jedino i dolazi do vidnijih promena u reflektovanju svetlosti, ali su one znatno manje od onih koje se javljaju pri prodiranju sunčeve radijacije u vodu.



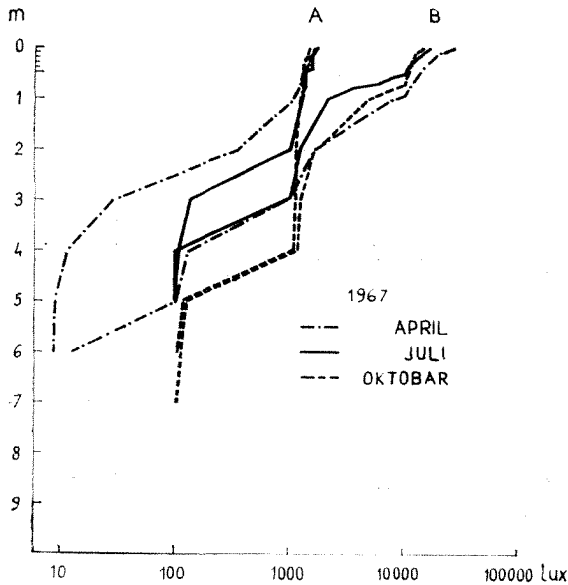
Dijagram 2. Koeficijent podvodne osvetljenosti (B) i difuznog odbijanja (A) pri oblačnom i vedrom nebu.

Graph 2. Quocient of the underwater luminousness (B) and the diffuse reflection (A) in the conditions of cloudy and bright weather.

Daleko su manje razlike konstatovane u koeficijentu podvodne osvetljenosti (Dij. 2). Iako je jačina sunčeve radijacije kroz oblake predstavljala jedva 60% od njene vrednosti pri vedrom nebu, posle prodiranja u vodu razlika se znatno ublažila. Izrazitije razlike su utvrđene samo u tankom površinskom sloju, a ispod 80 cm nisu iznosile ni 1%.

U odnosu na koeficijent difuznog odbijanja razlike između oblačnog i vedrog vremena zabeležene su dosta dublje. Pri tome je važno istaći da se veća količina svetlosti odbija u vodi kada je oblačno, mada je refleksija sa površine jezerskog ogledala manja i čini 70% od difuzne svetlosti pri vedrom nebu.

Dinamika svetlosnog intenziteta koja je praćena u prolećnjoj, letnjoj i jesenjoj sezoni tokom 1967. godine, pokazuje maksimalne vrednosti u aprilu a minimalne u oktobru (Dij. 3, tablica 2). Razlika u osvetljenosti površinskih slojeva između ova dva meseca iznosi oko 23.000 luksa, odnosno u jesen je svetlosni intenzitet skoro dva puta manji nego u proleće. Međutim, vodeni slojevi ispod 30 cm osvetljeni su najslabije u julu i tek se na dubini od 5 m jačina svetlosti gotovo izjednačuje u svim sezonama, pri vrednosti od 100—150 luksa.



Dijagram 3. Sezonska dinamika svetlosne klime u Batlavskoj akumulaciji: A — difuzna svetlost, B — propuštena svetlost.

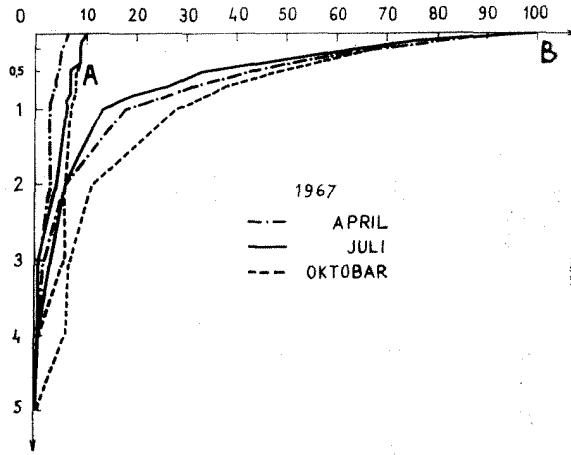
Graph 3. Seasonal dynamics of the light climate in the accumulation Batlava: A — diffuse light, B — penetrated light.

U pogledu difuzne svetlosti situacija je obrnuta. U slojevima do dubine od jednog metra najviše se svetlosti odbije u toku leta a idući prema dnu najveće vrednosti konstatovane su u jesen. I na osnovu količine difuzne svetlosti može se zaključiti da se prolećni mesec odlikuje »najčistijom« vodom na čitavoj dubini jezera.

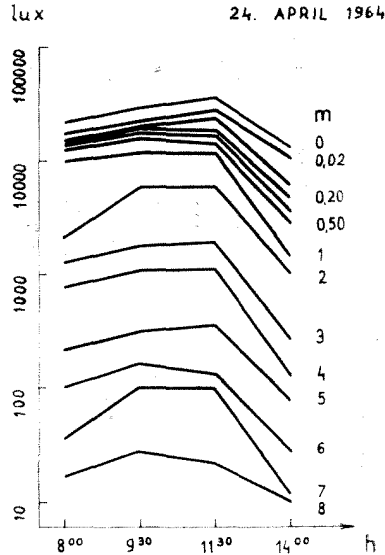
Sudeći po koeficijentu podvodne osvetljenosti gornja vodena masa, do 2 m dubine, dobija najveću količinu svetlosti (Dij. 4). Tu se absorbuje oko 90% sunčeve radijacije koja uđe u jezero, pri čemu se, u zavisnosti od godišnjeg doba, 50—70% sunčeve energije zadržava već u gornjih pola metra slobodne vode. U letnjim mesecima absorpcija je nagla pa ispod jednog metra dospeva mali procenat radijacije, nasuprot jeseni u kojoj se isti svetlosni intenzitet sreće znatno dublje.

Tablica 2. Sezonska dinamika svetlosne klime u Batlavskoj akumulaciji
Seasonal dynamics of the climate in the accumulation Batlava

Iznad vode above water	21. IV. 1967.		13. VII. 1967.		IX. 1967.	
	Propuštena sv. Prenetrated light	Difuzna sv. Diffuse light	Propuštena sv. Prenetrated light	Difuzna sv. Diffuse light	Propuštena sv. Prenetrated light	Difuzna sv. Diffuse light
	55.000 Lux	4.000 Lux	32.000 Lux	5.000 Lux	29.000 Lux	320 Lux
0 cm	48.000 "	3.200 "	30.000 "	3.000 "	25.400 "	260 "
10 "	38.000 "	2.900 "	23.000 "	2.800 "	19.100 "	240 "
20 "	32.000 "	2.500 "	19.000 "	2.800 "	17.200 "	230 "
30 "	28.000 "	2.500 "	16.000 "	2.800 "	15.500 "	220 "
40 "	24.000 "	2.200 "	13.000 "	2.800 "	13.900 "	220 "
50 "	21.000 "	2.100 "	11.000 "	2.200 "	12.400 "	210 "
60 "	18.000 "	2.000 "	9.000 "	2.200 "	11.200 "	200 "
70 "	15.000 "	1.900 "	8.000 "	2.200 "	10.000 "	200 "
80 "	13.000 "	1.700 "	6.000 "	2.200 "	9.100 "	200 "
90 "	11.000 "	1.500 "	5.000 "	2.000 "	8.200 "	190 "
100 "	9.000 "	1.300 "	4.000 "	2.000 "	7.300 "	180 "
2 m	3.000 "	600 "	2.000 "	1.100 "	3.200 "	160 "
3 "	1.000 "	50 "	1.000 "	220 "	1.900 "	150 "
4 "	200 "	16 "	100 "	110 "	1.600 "	130 "
5 "	100 "	6 "	100 "	100 "	150 "	120 "
6 "	20 "	5 "	— "	— "	150 "	130 "
7 "	12 "	— "	— "	— "	120 "	120 "
8 "	7,5 "	— "	— "	— "	— "	— "
9 "	5 "	— "	— "	— "	— "	— "



Dijagram 4. Koeficijent podvodne osvetljenosti (B) i difuznog odbijanja (A) u različitim sezonama.
Graph 4. Quocient of the underwater luminousness (B) and the diffuse reflection (A) in different seasons.



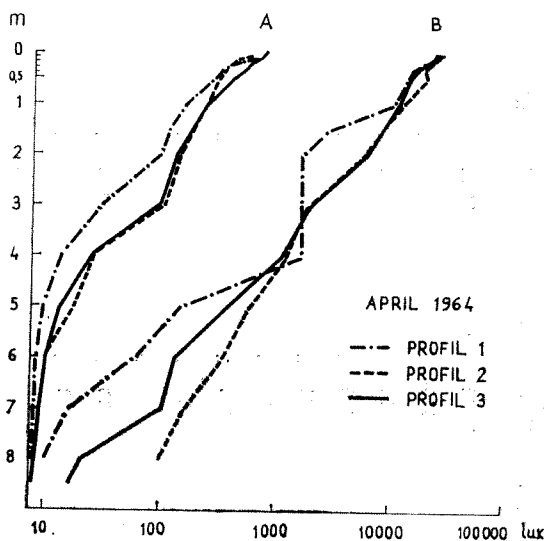
Dijagram 5. Dnevno kolebanje svetlosnog intenziteta na različitim dubinama.
Graph 5. Daily fluctuations of the light intensity at different depths.

Tablica 3. Dnevna kolebanja svetlosnog intenziteta na različitim dubinama
 Daily fluctuations of the light intensity at different depths
 24. IV. 1964.

Profil 3 Profile 3	8 h		9 ³⁰ h		11 ³⁰ h		14 h	
	Propuštena sv. Penetrated light	Difuzna sv. Diffuse light	Propuštena sv. Penetrated light	Difuzna sv. Diffuse light	Propuštena sv. Penetrated light	Difuzna sv. Diffuse light	Propuštena sv. Penetrated light	Difuzna sv. Diffuse light
Ispod površine below the surface	32.000 Lux	740 Lux	42.000 Lux	840 Lux	50.000 Lux	910 Lux	12.000 Lux	310 Lux
0,10 cm	26.000 "	640 "	37.000 "	780 "	43.000 "	870 "	8.000 "	290 "
0,20 "	23.000 "	590 "	36.000 "	720 "	34.000 "	800 "	7.000 "	210 "
0,30 "	22.000 "	540 "	32.000 "	680 "	30.000 "	760 "	6.000 "	170 "
0,50 "	18.000 "	480 "	28.000 "	570 "	24.000 "	660 "	5.000 "	160 "
1 m	10.000 "	300 "	17.000 "	430 "	16.000 "	450 "	2.500 "	110 "
2 m	4.000 "	130 "	8.000 "	190 "	8.000 "	220 "	1.200 "	65 "
3 "	1.900 "	62 "	3.200 "	92 "	3.500 "	100 "	500 "	20 "
4 "	900 "	29 "	1.400 "	42 "	1.500 "	48 "	200 "	14 "
5 "	400 "	11 "	550 "	19 "	600 "	23 "	90 "	6 "
6 "	110 "	5 "	300 "	12 "	210 "	11 "	50 "	4 "
7 "	60 "	3 "	110 "	6 "	100 "	5 "	15 "	2 "
8 "	30 "	2 "	50 "	4 "	40 "	3 "	10 "	1 "
8,5 "	22 "	1 "	30 "	3 "	30 "	2 "	5 "	— "

Međutim, koeficijent difuznog odbijanja je u svim sezonama vrlo sličan. Predstavljen je ortogradnom krivom sa neznatnim odstupanjima jedino u površinskom sloju do 30 cm dubine.

Detaljnija analiza dinamike svetlosnog režima Batlavske akumulacije u toku jednog dana potvrđuje da postoji određena zavisnost između dubinskog rasporeda svetlosne energije i položaja sunca. Iz dijagrama 5 (i tablice 3), koji prikazuje dnevno kolebanje svetlosnog intenziteta u aprilu 1964. godine, u vremenskim intervalima od oko 2^h, jasno se vidi da su maksimalne vrednosti dostignute u podne, saglasno najvišem položaju sunca. Tada se u sloju ispod jezerske površine jačina svetlosti povećala za 18.000 luksa u odnosu na cifru koja je u istom sloju zabeležena u 8^h, mada je sličan porast utvrđen i nešto dublje. Međutim, ispod 20 cm dubine svetlost intenzivno prodire već od 10^h, zbog čega je u tom momentu utvrđena gotovo ista svetlosna klima kao i u podne. Treba istaći da mala količina svetlosti u 14^h nije uslovljena nižim položajem sunca, što je inače bio slučaj u 8^h, već je velika oblačnost u tom momentu dozvolila da samo mali deo sunčeve radijacije dopre do površine jezera.



Dijagram 6. Prostorna distribucija sunčeve radijacije u Batlavskoj akumulaciji; A — difuzna svetlost (odozdo), B — propuštena svetlost.

Graph 6. Spatial distribution of the solar radiation in the accumulation Batlava; A — diffuse light (from below), B — penetrated light.

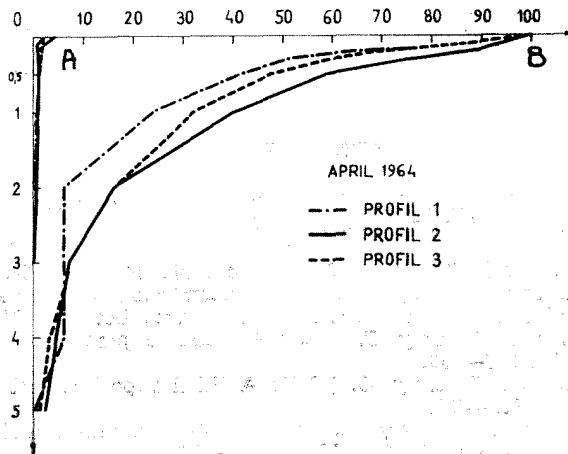
Slično razlikama koje su konstatovane u sezonskoj i dnevnoj distribuciji svetlosnog intenziteta postoji i različita osvetljenost vodenih slojeva dužinom Batlavske akumulacije. Ova analiza izvršena je na osnovu poda-

Tablica 4. Prostorna distribucija sunčeve radijacije u Batlaskoj akumulaciji
 Spatial distribution of the solar radiation in the accumulation Batlava
 April 1964.

Profili 1, 2, 3 Profiles 1964	Profil 1 Profile		Profil 2 Profile		Profil 3 Profile	
	Propuštena sv. Prenetrated light	Difuzna sv. Diffuse light	Propuštena sv. Prenetrated light	Difuzna sv. Diffuse light	Propuštena sv. Prenetrated light	Difuzna sv. Diffuse light
	50.000 Lux	2.000 Lux	47.000 Lux	800 Lux	12.000 Lux	310 Lux
0 cm						
5 "	45.000 "	900 "	— "	— "	— "	— "
10 "	43.000 "	830 "	44.000 "	690 "	8.000 "	290 "
20 "	32.000 "	650 "	42.000 "	630 "	7.000 "	210 "
30 "	26.000 "	570 "	36.000 "	590 "	6.000 "	170 "
50 "	21.000 "	510 "	28.000 "	540 "	5.000 "	160 "
1 m	12.000 "	280 "	19.000 "	450 "	2.500 "	110 "
1,5 "	5.000 "	160 "	— "	— "	— "	— "
2 "	3.000 "	100 "	7.800 "	240 "	1.200 "	65 "
3 "	3.000 "	55 "	3.400 "	120 "	500 "	20 "
4 "	3.000 "	23 "	1.900 "	48 "	200 "	14 "
5 "	250 "	9 "	800 "	33 "	90 "	6 "
6 "	80 "	3 "	600 "	10 "	50 "	4 "
7 "	30 "	1 "	300 "	5 "	15 "	2 "
8 "	0 "	0 "	100 "	1 "	10 "	1 "
8,5 "	— "	— "	— "	— "	5 "	— "

taka koji potiču sa centralnih tačaka tri poprečna profila, na kojima maksimalna dubina iznosi 30, 23 i 17 m idući od brane ka gornjem kraju jezera. Dobijeni rezultati prikazani su na dijagramu 6 (tablica 4). Utvrđeno je da je svetlosni intenzitet manje više isti na čitavom jezeru i da tek na dubini od 20 cm dolazi do diferencijacije. Počev od ovog sloja najveća količina svetlosti zapaža se na profilu 2. Međutim, slične vrednosti su, uz maksimalno odstupanje od 400 luksa, zabeležene i na profilu 3, dok je ispred brane gotovo u čitavoj vodenoj masi svetlosni intenzitet najmanji.

Na skoro identičan način je i difuzna svetlost raspoređena u raznim jezerskim regionima. I ona ima najmanje vrednosti na profilu 1 i pokazuje sličan vertikalni tok na srednjim i malim jezerskim dubinama, sa izuzetkom površinskog sloja do dubine od 1 m, u kome se najveća količina difuzne sunčeve radijacije zapaža na profilu 3.



Dijagram 7. Koeficijent podvodne osvetljenosti (B) i difuznog odbijanja (A) u različitim regionima jezera

Graph 7. Quocient of the underwater luminousness (B) and the diffuse reflection (A) in different regions of the lake.

Drukčije podatke pruža koeficijent podvodne osvetljenosti (Dij. 7). Prelomna tačka nalazi se na 3 m i ispod nje je procenat svetlosti na čitavom jezeru približno isti. Međutim, idući ka površini razlike između analiziranih profila su neznatne. Najveće su u sloju od 10—30 cm dubine. Tu se od svetlosti koja prodre u vodu zadržava na profilu 2 oko 25% više nego na prvom profilu, dok se negde na sredini, ali ipak bliže manjim vrednostima nalazi svetlosni intenzitet u najblićem jezerskom regionu.