

Einige Besonderheiten in der Selbstreinigung des Donauzuflusses Ossam

Boris K. Russev, Iwanka J. Janeva, Rossinka B. Detcheva

Institut für Zoologie, Bulgarische Akademie der Wissenschaften, 1000 Sofia

Bis zur Zeit sind die Mechanismen der Selbstreinigung der Fließgewässer, sowie die Rolle jedes Faktors und Organismus, die an diesem Prozeß beteiligt sind, nicht ausreichend geklärt. In der Weltliteratur sowie in der bulgarischen sind viele Publikationen bekannt, die die Verunreinigungen der Flüsse und die Selbstreinigungsprozesse vornehmlich als Änderungen des Sauerstoffhaushaltes behandeln, während aus hydrobiologischer Sicht der saprobe Zustand der erforschten Flüsse mit Hilfe verschiedener Bioindikationsmethoden bestimmt wird, wobei auf dieser Grundlage die entsprechenden Selbstreinigungszonen festgelegt werden. Ein komplexes Herangehen an die Selbstreinigungsprozesse würde zu einer reelleren Klärung der Mechanismen dieser Prozesse führen, sowie der Rolle der daran beteiligten Organismen.

Zweck der vorliegenden Arbeit ist, eine Korrelation herzustellen zwischen der Sauerstoffsättigung auf dem Flußgrund und auf der Wasseroberfläche, der quantitativen Entwicklung der Ciliata in den Steinbeschlag und Schlammbanken, des Makrozoobenthos' aus der lithorheophilen Zoozönose, sowie des saproben Zustandes des entsprechenden Flusses, zwecks Beobachtung der Selbstreinigung einiger Strecken des Ossam.

Aus den Werten des Gehaltes an gelöstem Sauerstoff im Wasser bzw. der Sauerstoffsättigung auf dem Grund und auf der Oberfläche des Flusses läßt sich indirekt über die Sauerstoffströmung im Fluß schließen, wobei die festgestellten Unterschiede Auskunft über den organischen Belastungsgrad des Flußbodens geben.

Unserer Auffassung nach bietet die Sauerstoffsättigung der Überbodenschicht, sowie des Bodens selbst allein eine richtige Aussage über die Atmungsbedingungen der benthalen Hydrobionten.

Von theoretischem Standpunkt aus bildet die Verunreinigung und Selbstreinigung des Ossam insofern Interesse, daß seine Belastung von den Industrie- und Haushaltabwässern der Städte Trojan und Loveč und nur ausnahmsweise von toxischen Stoffen stammt; daß die Tiefe unter 0,5 m ist; daß die Stromsohle im größten Teil der untersuchten Abschnitte steinig und schotterig ist, aus welchem Grunde daeben sich die empfindlichste gegenüber Verunreinigung lithorheophile Zoozönose herausbildet; daß in diesem Abschnitt (von Trojan

bis Loveč) fast keine Zuflüsse münden, die sich positiv oder negativ auf die Selbstreinigung auswirken könnten; daß die Abschnitte flussabwärts von Trojan und Loveč lang genug sind, damit die Selbstreinigungsfähigkeit verfolgt werden könnte.

Über die Selbstreinigung des Ossam sind bisher die Arbeiten von Г ъ р д а н о в u.a. (1971) und von П у с е в (1977) bekannt. Angaben über die Verunreinigung des Ossam mit suspendierten und organischen Stoffen treffen wir in den Arbeiten von Ц а ч е в u.a. (1973 und 1977) an. D e t s h e v a (1975) berichtet über die Ciliaten der Donaunebenflüsse Vit und Ossam, die im Zeitraum 1968—1969 festgestellt wurden.

Unsere Untersuchungen wurden während drei Jahreszeiten durchgeführt u.zw. in den Monaten März, Mai und September des Jahres 1978 an bestimmten Stationen zweier charakteristischer Abschnitte des Ossam.¹ Im ersten Abschnitt — unterhalb von Trojan — befanden sich die Stationen in Abständen jeweils von 2 km unterhalb des Trojan-Pegels bis zum 26 km einschließlich. Im zweiten Abschnitt unterhalb von Loveč befanden sich die Stationen am 2., 9., 14., 20., 27. und 42 km, d.h. bei den Dörfern unterhalb von Loveč — Umarevzi, Joglav, Devetaki, Alexandrovo und Letniza. Die Wassertemperatur, der Sauerstoffgehalt und die Sauerstoffsättigung wurden mit Hilfe eines Apparates „Delta 100“ gemessen. Die Saprobität des Flusses wurde nach der Methode von Z e l i n k a und M a r v a n (1961) bestimmt, während sie ihren Ausdruck nach dem saprobiologischen Index (S_R) von R o t h s c h e i n (1962) fand.

Die quantitativen Ciliatenproben wurden dem Schlamm, dem Sand und des Aufwuchses im Fluß entnommen. Bestimmt wurde die Anzahl der Ciliaten in einem mm³ Wasser über dem abgelagerten Substrat, wonach diese Zahl auf 100 g Substrat umgerechnet wurde, aufgrund des Verhältnisses Wasser/Substrat.

Im März herrscht im 26 km-langen Flußabschnitt unterhalb von Trojan große Artenarmut (Tab. 1). Gewöhnlich herrscht die für die α -mesosaprobe Stufe charakteristische Blutegel *Erpobdella octoculata* vor. Bei sich ändernder Zusammensetzung der lithorheophilen Zoozönose lassen sich häufiger *Radix peregra*, *Physa acuta* (Gasropoda), *Baetis fuscatus* (Ephemeroptera), *Hydropsyche* sp. (Trichoptera) und verschiedene Vertreter von Oligochaeta und Chironomidae feststellen. Gegen Ende des Abschnittes nehmen die Schlammablagerungen zu und damit zusammen mehrere Oligocheten-Arten (Tab. 1). In einzelnen Schlammböden oder Steinbeschlägen entlang des ganzen Abschnittes entwickeln sich die Ciliaten, wobei die Dominanten 26 589 Ind. auf 100 g Substrat erreichen. Es handelt sich hierbei um *Trymyema compressum* — bei Trojan-Pegel; 526 222 Ind. auf 100 g Substrat — *Colpidium colpoda* — 4 km flussabwärts vom Pegel; 12 971 Ind. auf 100 g Substrat — *Colpidium campilum* — 12 km abwärts vom Pegel usw.

Der saprobiologische Index, errechnet als integrale Kenngröße des saproben Zustandes und der Selbstreinigungsprozesse auf der Grundlage des Makrozoobenthos, weist keine wesentlichen Änderungen entlang des untersuchten Abschnittes auf. Gewöhnlich schwankt er im Rahmen einer stabilen α -Mesosaprobie (S_R ca. 30, Abb. 1). Die Sauerstoffsättigung schwankt hier zwischen 43,40 und 65,50% (Abb. 1), was nach der Auffassung von R o t h s c h e i n (1972, Tab. 12) von einer α -, α - β - und β -Mesosaprobie zeugt. Eine ähnliche saprobe Charakteristik weisen auch die Ergebnisse der Analysen der Oxydierbarkeit auf, die zwischen 5,9 und 12,0 mg/dm³ O₂ aufweisen.

¹ Im Mai wurden im zweiten Abschnitt keine Untersuchungen durchgeführt.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<i>Frontonia leucas</i> Ehrb.						H	H	H		F						
<i>Frontonia nigricans</i> Penard	W												W			
<i>Gonostomum affine</i> (Stein)	W				W										W	
<i>Halteria grandinella</i> (O. F. M.)																
<i>Hemiophrys</i> sp.								H								
<i>Histriculus erethisticus</i> Stokes																
<i>Holophrya</i> sp.																
<i>Lacrymaria elegans</i> Engelmann				F				W		W					H	
<i>Lacrymaria minima</i> Kahl																
<i>Lembodion lucens</i> (Maskell)					W								H		H	H
<i>Litonotus anguilla</i> Kahl	W															
<i>Litonotus cygnus</i> (O. F. M.)	W									H						
<i>Litonotus hiruudo</i> Penard					W											H
<i>Litonotus</i> sp.						H				W						
<i>Loxocephalus colpidiopsis</i> Kahl																
<i>Loxocephalus ellipticus</i> Kahl	H								H							
<i>Loxodes striatus</i> (Engelmann) Penard	H								H	F		H				
<i>Metacystis tessellata</i> Kahl			WF	F	F			F								
<i>Metopus bacillatus</i> Levander										W						
<i>Metopus minutus</i> Kahl										F						
* <i>Metopus setosus</i> Kahl								W		F						
<i>Metopus striatus</i> Mc. Murrich								W								
<i>Metopus es</i> O. F. M.	W			W	WFH	F		W	H	F				H	H	
<i>Metopus violaceus</i> Kahl																
<i>Nassula</i> sp.																
<i>Oxytricha fallax</i> Stein																
<i>Oxytricha</i> sp.	W			WH	W	WF				F						
<i>Paramecium caudatum</i> Ehrb.	WH			W	WF	WH	H	WH	H	WF			W	H	H	
<i>Paramecium trichium</i> Stokes—Wenrich	W			W	WFH	WH				WH		H				
<i>Plagiocampa rouxi</i> Kahl	H			H	FH	F	H	H	H				H	H		H
<i>Plagiophyla nasuta</i> Stein	F															
<i>Pleuronema crassum</i> Duj.	W				W					W						
<i>Prorodon discolor</i> Ehrb.—Blochm.— Scheew.																
* <i>Prorodon minutus</i> Kahl					F											
<i>Prorodon ovum</i> Ehrb.—Kahl										F						H
<i>Prorodon teres</i> Kahl							H		H							
<i>Prorodon</i> sp.																

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Mollusca																	
<i>Galba palustris</i> Müller										P							W
<i>Planorbis</i> sp.						W											
<i>Radix ovata</i> Drp.					F	FW		F									
<i>Radix peregra</i> Müll.	F			W	F	W				W							
<i>Physa acuta</i> Drp.						W											
<i>Sphaerium</i> sp.																	
Isopoda																	
<i>Asellus aquaticus</i> L.													H	H	HW	H	H
Hydracarina (det. A. Petrova, Sofia)																	
<i>Hygrobatas fluviatilis</i> (Ström.)																	H
Insecta																	
Ephemeroptera																	
<i>Baetis buceratus</i> Eaton					H												
<i>B. cf. lapponicus</i>					F	F		F	H	F						W	H
<i>B. fuscatus</i> L.	F	FW			F	F	H				H						H
<i>B. muticus</i> L.																	
<i>B. pentaplebeodes</i> Ujh.							H										
<i>B. rhodani</i> Pictet							H	H	H	F	H					H	H
<i>B. vernus</i> Curtis	H	H			FH					F	FW						
<i>Beatis</i> sp.										F	FH						
<i>Caenis macrura</i> Stephens																	
<i>Centropittium pennulatum</i> Eaton																	
<i>Ecdyonurus dispar</i> (Curtis)	H			H				F	H								
<i>E. venosus</i> (Fabricius)																	
<i>Ephemerella ignita</i> (Poda)	F				F	F		F		F							
<i>Heptagenia quadrolineata</i> Landa																	
<i>Potamanthus luteus</i> (Linne)																	H
Plecoptera																	
<i>Leuctra fusca</i> L.																	
Heteroptera																	
<i>Nepa cinerea</i> L.																	F

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Trichoptera																	
<i>Hydropsyche</i> sp.						F											
Diptera																	
<i>Tipula</i> sp.		W															
Chironomidae (det. N. Natschev, Blagoevgrad)																	
<i>Ablabesmyia</i> gr. <i>galeigera</i>				H													
<i>Ablabesmyia</i> sp.																	
<i>Brillia longifurca</i> K.		H	H	H	H	H	H	H									
<i>Chironomus dorsalis</i> (M. g.)		H	H	H	H	H	H	H	F								
<i>Cricotopus annulator</i> G.		H	H	H	H	H	H	H									
<i>C. binctus</i> Meig.		H	H	WH	FH	H	H	H	F								
<i>C. curtus</i> Hirv.						F											
<i>C. intersectus</i> (Staeg)					H												
<i>C. suspiciosus</i> Hirv.																	
<i>C. triannulatus</i> Macg.																	
<i>C. vierrtiensis</i> Goetgh.		F				F											
<i>Eukiefferiella coerulea</i> (K.)						F											
<i>E. hospita</i> Edw.						F											
<i>Krenopelopia binotata</i> (Wied.)																	
<i>Limnochironomus</i> gr. <i>nervosus</i> Staeg.																	
<i>Limnophyes karelicus</i> (Tshernovskii)																	
<i>Microcricotopus bicolor</i> Zett.																	
<i>Metriocnemus terrester</i> Pag.																	
<i>Natarsia punctata</i> (Fabr.)																	
<i>Orthocladius saxicola</i> Kiettt.		H	H	H	F	FH	H	H	F								
<i>O. thienemanni</i> Kiettt.																	
<i>Orthocladius</i> sp.		F				F											
<i>Paratanytarsus confusus</i> Pal.																	
<i>Pentapedilum</i> sp.																	
<i>Polypedilum breviautentatum</i> Tschern																	
<i>P. gr. convictum</i> (Walk.)																	
<i>P. gr. nubeculosum</i> (Mg.)																	
<i>Prodiamesa olivacea</i> Meig.																	
<i>Rheocricotopus brunensis</i> Goetghebeuer		H	H	H	H	H	H	H									
<i>Synorthocladius semivirens</i> Kiettt.																	
<i>Tanytarsus</i> gr. <i>holochloris</i> Edwards																	
<i>T. pallidicornis</i> Walk.																	
<i>T. medius</i> Reiss § Fitt.																	

In diesem Zeitraum ist der Abschnitt unterhalb von Loveč noch ärmer an Makrozoobenthostieren. 2 km Unterhalb von Loveč wurden unter einigen Steinen wenige Exemplare von *Erpobdella octoculata* festgestellt, und in einer Entfernung von 9 km von der Stadt (beim Dorf Umarevzi) fehlen überhaupt

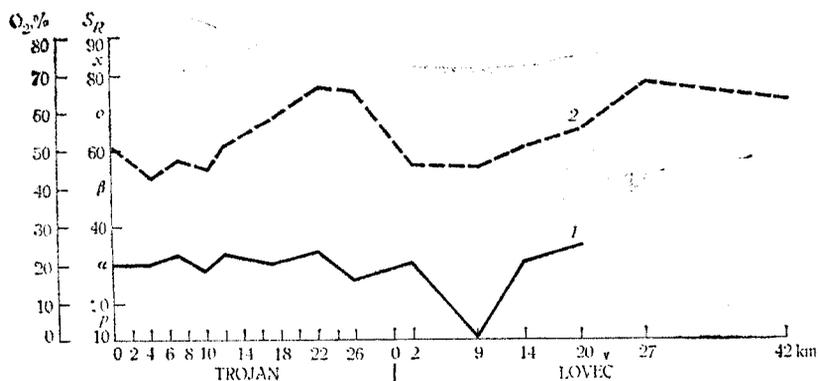


Abb. 1. Sauerstoffsättigung und Güteklasse des Ossamflusses (nach Trojan u. Loveč) im März 1978

1 - S_R ; 2 - O_2

Makrozoobenthostiere. Dieser Umstand läßt sich vielleicht auf toxische Einflüsse zurückführen, obwohl an sich ungeeignete ökologische Bedingungen für die Entwicklung von makrozoobenthale Bewohner vorliegen. Hier wurden einzig 90 Ind. auf 100 g Substrat der Ciliate *Trimyema compressum* festgestellt, die nach Sladeček (1973) in der polysaprobien Zone saprobielle Valenz „10“ verfügt. Aus Mangel anderer Mykrozoobenthosindikatoren wurde die Saprobität ($S_R=10$) einzig auf der Grundlage der Ciliaten bestimmt. Augenscheinlich äußert sich der ungünstige Einfluß der Abwässer von Loveč nicht direkt unterhalb der Stadt, sondern einige Kilometer weiter abwärts u.zw. sicherlich im Zusammenhang mit der aktiveren Fäulnis der organischen Stoffe..-

Die Selbstreinigung bis zur stabilen α -Mesosaprobie ($S = 30$) erfolgt auf einer Strecke von ca.5 km bis zum Dorfe Joglav. Weitere 6 km flußabwärts (20 km von Loveč) stellen wir schon 6 Arten Benthosorganismen fest, die einzeln vorkommen, während der saprobiologische Index auf 34,64 anwächst.

Die Sauerstoffsättigung und die Oxydierbarkeit auf der Oberfläche des Flusses sind wertmäßig nicht sehr verschieden von jenen aus dem ersten Abschnitt (Abb. 1). Die hydrochemischen Befunde und besonders die vorhandene Menge an NH_4^+ , NO_3^- u. a. (Tab. 2), die Artenzusammensetzung und S_R zeugen von einer größeren Verunreinigung unterhalb von Loveč als unterhalb von Trojan. Aus diesem verläuft die Selbstreinigung bedeutend langsamer und auf einer längeren Strecke.

Im Mai sind die Bedingungen im Fluß vielfältiger, aus welchem Grunde auch einige Besonderheiten im Selbstreinigungsprozess hervortreten. Unmittelbar unterhalb der Stadt Trojan (beim Pegel) wurden 157 Larven von Eintagsfliegen, unter denen *Baetis fuscatus* als Dominanten (105 Ind.) und *Ephemerella ignita* (33 Ind.) als Subdominanten, sowie 10 Blutegel und 8 Chironomidenlarven (Tab. 1) festgestellt. Aufgrund der angetroffenen Makrobenthosindikatoren wurde ein saprobiologischer Index von der Ordnung einer β -Mesosaprobie (S_R 45,2, Abb. 2) ermittelt.

Tabelle 2

Einige ökologische Parameter des Ossam-Flusses im März 1978*

Station	Q, m ³ /s	T _{H₂O} , °C	O ₂ , mg/dm ³	O ₃ , %	Oxydierbar- keit, mg/dm ³ O ₂	PO ₄ ^{''}	NH ₄ ⁺	NO ₂ ^{''}	NO ₃ [']	Gesamt- Fe ⁺ , mg/dm ³	Gesamt- härte dH ⁺	pH	S _R
Trojan (der Pegel)	10,3	7,0	6,00	51,02	9,6	0,00	0,10	0,06	0,80	0,07	21,30	7,2	30,85
4 km nach dem Pegel		7,8	5,00	43,40	12,00	0,03	0,07	0,22	0,00	0,17	25,50	7,1	30,00
7 km nach dem Pegel		7,2	5,00	45,54	10,20	0,16	0,80	0,17	0,70	0,07	35,60	7,2	32,75
12 km nach dem Pegel		4,2	6,50	51,42	11,80	0,14	0,58	0,08	0,00	0,04	23,80	7,1	32,96
17 km nach dem Pegel		5,2	7,20	58,49	8,50	0,20	0,54	0,29	0,50	0,07	28,30	7,2	30,00
22 km nach dem Pegel		6,1	8,00	66,50	9,00	0,20	0,45	0,17	0,60	0,21	32,50	7,30	33,27
25,5 km nach dem Pegel		8,8	7,40	65,78	7,50	0,15	0,10	0,37	1,00	0,07	37,00	7,4	25,30
Nach Lovč	19,50	8,8	5,20	46,22	8,80	0,18	1,17	0,31	0,70	0,07	40,70	7,0	30,00
Umarevizi		9,1	5,20	46,59	8,00	0,21	1,33	0,21	0,70	0,07	27,20	7,1	10,00
Joglav		7,2	5,70	50,94	7,50	0,21	0,08	0,31	2,00	0,06	30,60	7,2	30,00
Devetaki		8,9	6,25	55,70	6,70	0,15	0,07	0,07	2,00	0,09	32,00	7,2	30,00
Alexandrovo		10,0	7,40	67,77	6,90	0,14	0,09	0,08	3,10	0,20	32,90	7,4	34,64
Sdt. Letnitza		10,1	6,90	63,30	5,90	0,10	1,20	0,33	2,50	0,09	17,70	7,2	

*Die Daten von Q wurden von Бюлетин на ХСМ, БАН, 1978 entnommen.

Kaum 4 km unterhalb der Stadt verschlechtert sich der Zustand des Flusses jäh, wobei außer einem Individuum des *B. fuscatus* kein weiterer Vertreter der oben erwähnten Eintagsfliegen festgestellt werden konnte. Massenhaft entwickelt sich hier die Blutegel *Erpobdella octoculata*. Der auf der Grundlage

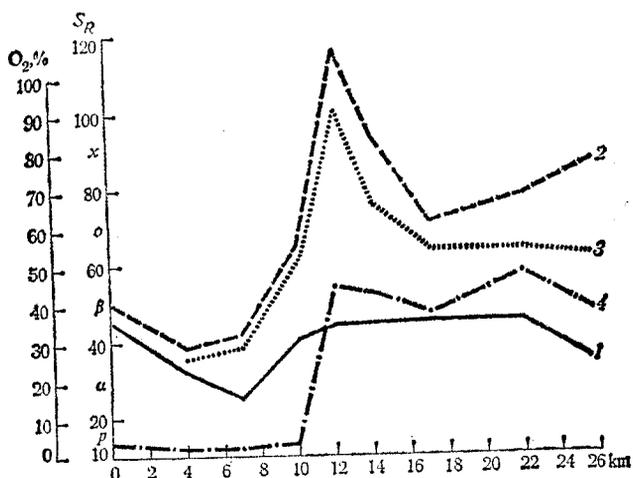


Abb. 2. Sauerstoffsättigung und Güteklasse des Ossamflusses (nach Trojan) im Mai 1978
 1 — S_R ; 2 — O_2 (Oberfläche); 3 — O_2 (unter der Oberfläche); 4 — O_2 (über dem Boden)

der Indikatoren aus der lithorheophilen Zoozönose ermittelte S_R sinkt bis 32,46, was eine α -Mesosaprobie bedeutet. Die Sauerstoffsättigung der Oberfläche sinkt gleichfalls von 39,96 auf 28,20% O_2 , während auf dem Grund bloß 2,01% O_2 festgestellt wurden.

7 km unterhalb der Stadt erreicht S_R den Wert 30,20, während die Sauerstoffsättigung die Werte der weiter oben gelegenen Stationen beibehält — entsprechend 31,28% und 2,02% O_2 . Ähnliche Ergebnisse entdecken wir auch bei den übrigen hydrochemischen Parameter (Tab. 3).

Weiter flußabwärts folgt eine intensive Selbstreinigung, die zwischen dem zehnten und zwölften Kilometer unterhalb der Stadt einen sprunghaften Charakter erreicht. Bemerkenswert für diese Entwicklung sind insbesondere die Werte der Sauerstoffsättigung des Flußbodens, die nur innerhalb von 2 km von 2,13 auf 43,96% O_2 anwächst. Diese Bodenreinigung von angehäuften Schlammablagerungen, reichhaltig an organischen Stoffen, die den gelösten Sauerstoff erschöpfen, schafft günstige Bedingungen für die Entwicklung von Benthosorganismen u.zw. reinheitsliebender Arten. Hier dominiert *B. fuscatus*, während die Artenzahl 17 erreicht. Die Sauerstoffsättigung der Oberfläche des Flusses nimmt von 54,32 auf 110,99% O_2 zu, während 10 cm unterhalb der Wasseroberfläche diese Zunahme von 51,23 auf 90,11% O_2 ansteigt. Es ist augenscheinlich, daß der Sauerstoffstrom von der Oberfläche des Flusses zum Grund hin nicht mehr so intensiv ist, da die Unterschiede zwischen den Sauerstoffwerten auf der Oberfläche und auf dem Grund geringer werden infolge der Selbstreinigung des Grundes. Die Werte der übrigen hydrochemischen Parameter bestätigen gleichfalls diese Tatsache. Die Permanganatoxydierbarkeit

Tabelle 3

Einige ökologische Parameter der Ossam-Flusses im Mai 1978

Station	Q, m ³ /s	T _{H₂O} , °C	O ₂ , mg/dm ³			O ₂ , %		
			über dem Boden	Mitte	Oberfläche	über dem Boden	Mitte	Oberfläche
Trojan (der Pegel)	13,8	15,0			3,9			
4 km nach dem Pegel		14,2	0,2	2,5	2,8	2,01	25,18	39,96
7 km nach dem Pegel		14,3	0,3	2,8	3,1	3,25	28,25	28,20
10 km nach dem Pegel		17,0	0,2	4,8	5,1	2,73	51,23	31,28
12 km nach dem Pegel		18,5	4,00	8,20	10,1	43,96	90,11	54,32
14 km nach dem Pegel		14,2	4,2	6,5	8,2	42,30	65,46	110,99
17 km nach dem Pegel		20,0	3,2	4,8	5,4	36,20	54,30	82,58
22 km nach dem Pegel		20,0	4,2	4,7	6,0	47,51	53,17	61,09
25,5 km nach dem Pegel		18,0	3,5	4,8	8,5	38,13	52,29	67,87
								76,44

Tabelle 4

Einige ökologische Parameter des Ossam-Flusses im September 1978

Station	Q, m ³ /s	T _{H₂O} , °C	O ₂ , mg/dm ³		O ₂ , %	
			über dem Boden	Oberfläche	über dem Boden	Oberfläche
Trojan (der Pegel)	12,0	9,8		5,8		
4 km nach dem Pegel		9,5	3,0	7,1	27,12	52,82
7 km nach dem Pegel		10,0	2,8	7,0	25,64	64,20
10 km nach dem Pegel		10,2	6,0	6,1	55,20	64,10
12 km nach dem Pegel		12,0	5,5	6,1	52,73	56,12
14 km nach dem Pegel		13,0	5,6	6,3	54,90	58,49
17 km nach dem Pegel		15,0	5,8	6,2	59,43	61,76
20 km nach dem Pegel		15,0		4,7		63,52
25,5 km nach dem Pegel		16,0		7,2		48,16
Nach Lovetsch	15,0	18,0	3,5	4,2	38,13	75,31
Umarevtzi		19,05	3,2	5,8	35,83	45,75
Joglav		16,1		6,5		64,95
Devetaki		16,3		7,5		68,13
Alexandrovo		15,0	7,1	7,3	72,75	78,95
Sdt. Letniza		17,6	5,2	5,5	56,16	74,80
						58,32

sinkt von 7,2 auf 5,9; die bichromatische Oxydierbarkeit — von 32,13 auf 22,08 und NH₄ — von 1,17 auf 0,75 usw.

Allmählich wachsen die Werte des saprobiologischen Index von 30 auf 40 (auf einer Strecke von 3 km) und von 40 auf 44,19 (innerhalb von weiteren 2 km) an.

Diese sprunghafte Verbesserung der saprobiologischen Situation liegt letztendlich sicherlich auch auf die Einmündung in den Ossam eines kleinen reinen Bächleins beim Dorf Leschnitz.

Flußabwärts nimmt die Selbstreinigung zu und erreicht am 22. Kilometer von Trojan Werte von 45,41.

Eine geringfügige Verschlechterung des saproben Zustandes erfolgt unter Einfluß der Haushaltabwässer des Dorfes Slivek — 26 km von Trojan entfernt. Hier nehmen die schlammigen Ablagerungen zu und außerdem vergrößert sich der Anteil der verschiedenen Vertreter der Oligochaeta, wobei S_R auf 36,34 sinkt. Die Sauerstoffsättigung am Flußboden verringert sich gleichfalls von 47,51 % beim 22. km auf 38,13 % O₂.

Oxydierbarkeit, mg/dm ³ O ₂	PO ₄ ^{''}	NH ₄ [']	NO ₂ ^{''}	NO ₃ [']	Gesamt Fe ['] , mg/dm ³	Gesamthärte dH [']	pH	S _R
4,40	0,04	0,00	0,00	0,3	0,02	17,38	7,3	45,12
10,00	0,06	1,17	0,02	0,10	0,05	11,78	7,2	32,46
5,60	0,06	0,00	0,03	0,50	0,02	18,69	7,6	30,20
7,20	0,04	1,17	0,02	0,50	0,02	16,54	7,1	40,02
5,90	0,04	0,75	0,02	0,70	0,02	14,86	7,4	44,19
6,40	0,03	0,00	0,03	0,80	0,17	20,19	7,3	44,54
1,90	0,06	0,30	0,07	0,80	0,10	10,94	7,4	45,41
35,00	0,02	0,00	0,04	0,70	0,20	15,70	7,1	49,22

Oxydierbarkeit, mg/dm ³ O ₂	PO ₄ ^{''}	NH ₄ [']	NO ₂ ^{''}	NO ₃ [']	Gesamt Fe ['] , mg/dm ³	Gesamthärte, dH [']	pH	S _R
9,60	0,21	0,00	0,07	0,70	0,11	12,62	7,7	35,71
13,10	0,13	1,08	0,09	1,00	0,08	21,03	7,7	36,00
9,90	0,13	0,66	0,07	1,10	0,15	22,43	7,6	33,93
11,00	0,07	0,38	0,03	1,80	0,11	21,03	7,6	33,45
9,80	0,02	0,00	0,17	2,00	0,06	16,26	7,6	30,00
9,30	0,02	0,06	0,05	1,10	0,04	20,75	7,6	28,08
8,90	0,03	0,00	0,10	1,50	0,07	14,30	7,6	46,15
9,00	0,02	0,00	0,08	1,00	0,08	18,23	7,6	45,96
2,10	0,02	0,00	0,23	0,70	0,07	14,58	7,6	47,97
6,90	0,07	0,75	0,35	1,80	0,07	18,23	7,6	34,90
7,80	0,09	0,75	0,21	3,00	0,04	15,14	7,6	30,44
7,40	0,05	0,00	0,02	2,00	0,15	20,47	7,6	
6,70	0,07	0,16	0,03	1,60	0,22	18,23	7,6	34,78
6,90	0,05	0,08	0,03	1,00	0,15	23,83	7,6	40,36
6,30	0,05	0,08	0,06	2,80	0,23	17,38	7,6	44,98

Im September kann der saprobe Zustand des Ossam als etwas günstiger betrachtet werden als im März und im Mai (Abb. 3). Von einer verbesserten α -Mesosaprobie unterhalb von Trojan, geht der Zustand des Flusses wegen der Selbstreinigung in eine stabile β -Mesosaprobie beim 26.km (über S_R=47,97).

Der „Selbstreinigungssprung“, der sich durch die Sauerstoffsättigung des Grundes zwischen den Kilometern 7 und 10 unterhalb der Stadt durch einen Anstieg von 25,64% auf 55,20% O₂ äußert, läßt sich auch anhand des saprobiologischen Indexes (von 28,08 auf 46,13) zwischen km 14 und 17 feststellen. (Tab. 4). Auch Schreiber (1975, Abb. 12) beobachtet nach dem BSB eine schnellere Selbstreinigungsreaktion als nach dem saprobiologischen Index.

Im Abschnitt unterhalb von Loveč ist auch während dieser Jahreszeit der Fluß am stärksten beim Kilometer 9 (beim Dorf Umarevzi) verunreinigt, wobei S_R 30,44 beträgt (α -Mesosaprobie). Dagegen beträgt S_R 2 km unterhalb der Stadt 34,90. Auch in diesem Falle wird die Maximalwirkung der Hauptverunreiniger nicht sofort nach ihrer Einmündung in den Fluß festgestellt,

sondern einige Kilometer weiter abwärts, wie dies bereits oben erwähnt wurde.

Die Selbstreinigung des Ossam verläuft gleichmäßig bis Letnitz, in welchem Abschnitt wieder β -Mesosaprobie herrscht (S_R 44,98). In diesem Abschnitt ist eine ständige Teilnahme der Art *Asellus aquaticus* an der Zusammen-

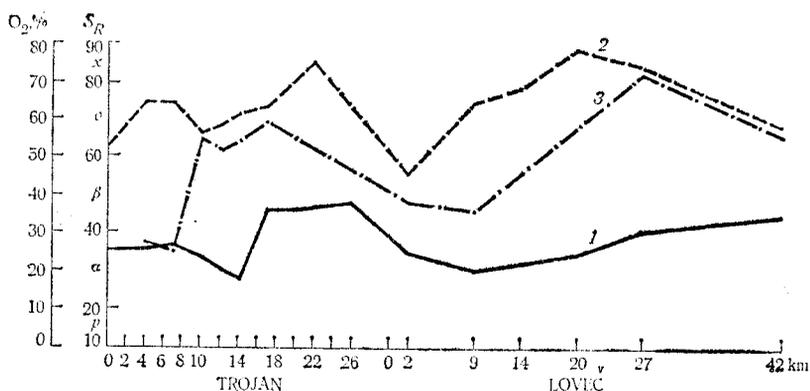


Abb. 3. Sauerstoffsättigung und Güteklasse des Ossamflusses (nach Trojan u. Lovic) im September 1978

1 — S_R ; 2 — O₂ (Oberfläche); 3 — O₂ (über dem Boden)

setzung der lithorheophilen und phytorheophilen Zoozönose festzustellen, wobei sie sogar bei 60% der Fälle eine leitende Rolle spielt.

Bei einer Kontrolluntersuchung des saproben Zustandes des Ossam unterhalb von Trojan (beim Pegel) am 14.8.1981 wurde neuerdings ein stabiler α -mesosaprober Zustand des Flusses ($S_R=32,56$) festgestellt, der keine besonderen Abweichungen vom Zustand des Jahres 1978 aufwies.

Vergleichende Untersuchungen in den verschiedenen Jahreszeiten der Zeiträume 1968—1969, 1971—1972 (nach П y c e в, 1977) und 1978 weisen folgende Unterschiede in der Verunreinigung des Ossam auf: Die Abwässer von Trojan verschmutzen den Fluß im Frühjahr und Herbst der Periode 1968—1969 bis zur Polysaprobie; im Sommer derselben Periode, sowie im Sommer des Jahres 1971 und im Frühjahr, Sommer und Herbst des Jahres 1978 — bis zur α -Mesosaprobie; während die Verunreinigung im Sommer 1972 die β -mesosaprobe Stufe erreicht. Während im Zeitraum 1968—1969 die Selbstreinigung des stärker verunreinigten Ossam in diesem Abschnitt viel intensiver bis zur stabilen β -Mesosaprobie führt, erweist sich während der übrigen Jahreszeiten und besonders im Jahre 1978 die Selbstreinigung im gesamten Abschnitt nicht so effektiv. Im September 1978 erreicht die Selbstreinigung β -mesosaprobe Stufe, aber im März und Mai behält der Fluß trotz der Selbstreinigung die α -mesosaprobe Stufe. Dies liegt allem Anschein nach dem veränderten Charakter der Abwässer von Trojan in letzter Zeit, deren Destruktion viel langsamer verläuft und nicht an letzter Stelle an der Verarmung der Organismenfauna im Fluß.

Abschließend kann folgendes bemerkt werden:

1. Der Sauerstoffgehalt des Wassers auf der Oberfläche und auf dem Boden der untersuchten Abschnitte des Ossam ist nicht gleich trotz der verhältnismäßig starken Turbulenz bei geringer Tiefe.

2. Die größeren oder geringeren Unterschiede des Sauerstoffgehaltes (bzw. Sauerstoffsättigung) zwischen der Oberfläche und dem Boden des Ossam zeugen von einer stärkeren oder schwächeren Verunreinigung.

3. Man beobachtet eine Korrelation zwischen dem saprobiologischen Index einerseits und dem Sauerstoffgehalt (bzw. Sauerstoffsättigung) des Bodens und weniger der Oberfläche andererseits.

4. Der maximale Effekt der Selbstreinigung im Sinne eines „Selbstreinigungssprunges“ tritt dann ein, wenn die Destruktion der am Flußboden abgelagerten organischen Grundmasse im Großen und Ganzen beendet ist, oder mit anderen Worten, wenn die bodennahe Sauerstoffsättigung einen jähen Anstieg aufweist und sich dem Maß der Sauerstoffsättigung der Flußoberfläche nähert.

5. Der Effekt der Verunreinigung, ausgedrückt durch S_R , äußert sich am intensivsten nicht direkt an der Mündungsstelle der Abwässer, sondern einige Kilometer flußabwärts.

6. Die vergleichenden Untersuchungen der Verunreinigung und Selbstreinigung des Ossam in den einzelnen Jahreszeiten im Zeitraum 1968—1969, 1971—1972 und 1978 zeugen von einer stärkeren Verunreinigung und entsprechend effektiveren Selbstreinigung im Zeitraum 1968—1969. Im Jahre 1978 ist trotz der geringeren Verunreinigung und der besseren Selbstreinigung des Flusses die Mannigfaltigkeit der Hydrobionten im Fluß weitaus ärmer.

7. Die Selbstreinigung des Ossam ist im März wesentlich schwächer als im Mai und September ausgeprägt, was unserer Auffassung nach auf die niedrigeren Temperaturen in der winterlichen Periode zurückzuführen ist, wenn die hydromikrobiologische Aktivität geringer ist (K o h l, im Druck).

L i t e r a t u r

- D e t c h e v a, R. 1975. Les Ciliés de deux affluents bulgares du Danube aux eaux polluées (Vit et Ossam). — Ann. St. Biol. Besse en Chandesse, 9, 213—218.
- K o h l, W. (im Druck). Bakteriologische Untersuchung im bulgarischen Donauabschnitt. — Im: Die Auswirkung der Wasserbaulichen Massnahmen und der Belastung auf das Plankton und Benthos der Donau.
- R o t h s c h e i n, J. 1962. Grafické znazornenie vysledkov biologického vysledko čistoty vod. — Veda a vyskum praxi, VUVH (Bratislava), 9, 1—64.
- R o t h s c h e i n, J. 1972. Saprobita ako kritérium kyslíkového režim. — Prace a študie, VUVH (Bratislava), 63, 1—135.
- S c h r e i b e r, I. 1975. Biologische Gewässergütebeurteilung der Mettma anhand des Makrobenthos: Methodenvergleich. — Arch. Hydrobiol., 4, Suppl. 47, 432—457.
- S l a d e č e k, V l. 1973. System of Water Quality from the Biological Point of View. — Ergebnisse der Limnologie, 7, 1—218.
- Z e l i n k a, M., P. M a r g v a n. 1961. Zur Präzisierung der Biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. — Arch. Hydrobiol., 57, No 3, 380—407.
- Г ъ р д а н о в, Т., К. И в а н о в, Б. Р у с е в, Д. П е ч и н о в, П. П е т р о в, В. С е м о в, Е. К а б а к ч и е в а. 1971. Изследвания върху процесите на самопречистване в поречията на реките Искър и Осъм. — Тр. НИВКСТ, VII, № 2, 17—31.
- Р у с е в, Б. 1977. Замърсяване и самопречистване на р. Осъм според изменението в състава на бентосната и фауна. — Хидробиология, 6, 3—22.
- Ц а ч е в, Ц., К. И в а н о в, Д. П е ч и н о в. 1973. Замърсяване на реките в България със суспендиранни вещества. С., БАН, 1—118.
- Ц а ч е в, Ц., К. И в а н о в, Д. П е ч и н о в, И. Т о т е в. 1977. Замърсяване на реките в България с органични вещества. С., БАН, 1—114.

Eingegangen am 18.VIII.1982

Некоторые особенности самоочищения реки Осым, притока Дуная

Борис К. Русев, Иванка Я. Янева, Росинка Б. Дечева

(Резюме)

В марте, мае и сентябре 1978 г. провели исследование самоочищения двух участков правого притока Дуная — реки Осым, загрязненных городами Троян и Ловеч. Устанавливали корреляцию между содержанием растворимого в воде кислорода и насыщением кислородом дна и поверхности реки, количественное развитие Ciliata в илистых наслоениях или отдельных банках и макрозообентос литореофильного зооценоза, а также сапробное состояние реки, выраженное сапробиологическим индексом (S_R) с целью проследить ее самоочищение.

Результаты исследования следующие:

1) содержание кислорода в воде с поверхности и дна исследованных участков реки Осым неодинаково, независимо от четко выраженной турбулентности и малой глубины;

2) большие или меньшие различия между содержанием кислорода (соответственно насыщением) на поверхности и на дне реки Осым указывают на большее или меньшее загрязнение реки;

3) наблюдается четко выраженная корреляция между сапробиологическим индексом, с одной стороны, и содержанием кислорода (соответственно насыщением) на дне и на поверхности реки, с другой. Только насыщение кислорода на поверхности не всегда коррелирует с сапробиологическим индексом;

4) максимальный эффект самоочищения в смысле „скачка“ на загрязненном участке реки Осым наступает после того, как завершится в значительной степени деструкция основной органической массы, осевшей на дно реки, или, иными словами, когда придонное насыщение кислородом резко повысится и приблизится к насыщению кислородом на поверхности;

5) действие загрязнения, выраженное S_R , проявляется с наибольшей интенсивностью не непосредственно при впадении сточных вод, а в нескольких километрах ниже;

6) сравнительные исследования загрязнения и самоочищения реки Осым в разные сезоны 1968—1969, 1971—1972 и 1978 гг. свидетельствуют о большем загрязнении и, соответственно, лучшем самоочищении в 1968—1969 гг. В 1978 г., независимо от меньшего загрязнения и самоочищения, разнообразие гидробионтов в реке было намного меньшим;

7) самоочищение реки Осым в марте значительно слабее выражено, чем в мае и сентябре, что, по нашему мнению, обуславливается низкими температурами в зимний период, когда гидромикробиологическая активность слабее выражена.