

1. Bignon, J., 1990. Agrometeorologie et physiologie du maïs grain dans la Communauté européenne. Centre Commun de Recherche, CEE, Luxembourg.
2. FAO, 1973. Man's influence on the hydrological cycle. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
3. FAO, 1984. Crop water requirements. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
4. HMZ R Slovenije, Arhiv meteoroloških podatkov Ljubljana.
5. Matajc, I., 1980. Proučevanje evapotranspiracije trave kot osnova za prognoziranje namakanja.
6. Otorepec, S., 1980. Agrometeorologija, No. lit, Beograd.
7. Penzar, I., B. Penzar, 1985. Agroklimatologija. Školska knjiga Zagreb.
8. Republiški sekretariat za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, sektor za urejanje in varstvo kmetijskega prostora, 1990. Podatki o namakanih površinah v Republiki Sloveniji (ni objavljeno), Ljubljana.
9. Seeman, J., Y. I. Chirkov, J. Lomas, B. Primaault, 1979. Agrometeorology, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York.

Iztok Matajc  
**Drought  
in Farming  
and Irrigation**

In most regions of Slovenia, agriculture depends on irrigation supported by additional measures. Drought has caused enormous damage in previous years, and farmers therefore began to introduce the irrigation systems which today cover over 6000 hectares of agricultural area. The modernization program of the Hydrometeorological Institute of Slovenia includes eight automatic weather stations equipped with gauges for evaluating the most vital agrometeorological parameters. The data obtained will be given to agricultural producers, allowing them to take timely measures to ensure economical crop production.



# KAKOVOST POVRŠINSKIH VODA V SUŠNIH OBDOBJIH

Martina Zupan\*

UDK 614.777

V preteklih letih so se sušna obdobja pojavljala razmeroma pogosto. Pod sušnim obdobjem razumemo daljše obdobje z nizkimi pretoki, ki pa ni vedno povsem brez padavin. Sušna obdobja so bila v letu 1983 od avgusta do novembra, v letu 1985 od začetka septembra do konca oktobra. Zadnje sušno obdobje se je začelo v novembru 1988 in je trajalo do februarja 1989. Kakovost vode se v sušnih obdobjih v večini površinskih vodotokov občutno poslabša. To predstavlja velik problem na odsekih vodotokov, kjer površinska voda infiltrira v podtalnico, in v kraških izvirih, ki jih izkoriščamo za preskrbo prebivalstva z vodo. Na podlagi analiz smo za našeta sušna obdobja merili spremembe kakovosti v posameznih vodotokih. Kakovost površinskih vodotokov v sušnih obdobjih smo primerjali z letom 1987, ki je bilo brez hidroloških ekstremov. Kritično stanje kakovosti voda v sušnih obdobjih bi moralo biti resno opozorilo, da je človek del okolja in mora spoštovati njegove zakonitosti.

## Hidrometeorološke razmere v obravnavanih letih z daljšimi sušnimi obdobji

Leto 1983 je bilo razmeroma suho, še posebej januar, april, julij, avgust, september in november. Februarja, marca in maja je bila mesečna količina padavin nad dolgoletnim povprečjem. Najdaljše sušno obdobje v tem letu je trajalo od avgusta do novembra.

V primerjavi z dolgoletnim povprečjem padavin je bila povprečna letna količina padavin v letu 1985 v mejah normale, vendar zelo neenakomerno razporejena. Mesečna količina padavin je presegla dolgoletno povprečje januarja, marca, aprila, junija in novembra. Razmeroma suhemu in vrečomu poletju sta sledila izrazito suha meseca september in oktober.

Leto 1988 je bilo izredno suho, še predvsem proti koncu leta. V januarju in februarju je bila mesečna količina padavin nad dolgoletnim povprečjem. V maju, juliju, novembru in decembru je bila količina padavin v vsej Sloveniji pod dolgoletnim povprečjem, v novembru celo pod najnižjo količino padavin, izmerjeno v zadnjih 37 letih. V poletnih mesecih je bilo precej nevihtnih padavin. Sušno obdobje se je začelo v novembru in se nadaljevalo januarja in februarja naslednjega leta.

V primerjavi z vrednostmi obdobja 1951—1986 za mesece, v katerih so bila sušna obdobja, je bilo najmanj padavin v sušnem obdobju leta 1985. Najdaljše sušno obdobje je trajalo od novembra 1988 do februarja 1989, ko je bilo npr. v Ljubljani kar 105 dni brez padavin in samo 15 dni s padavinami nad 0,5 mm.

Pri primerjavi posameznih let v obdobju 1983—1989 z dolgoletnim povprečjem smo ugotovili, da v letu 1987 ni bilo hidroloških in meteoroloških ekstremov. Zato smo leto 1987 izbrali kot leto, s katerim smo primerjali sušna obdobja.

Opisane meteorološke razmere se odražajo tudi v hidroloških značilnostih, ki smo jih zabeležili v obravnavanih sušnih obdobjih. Hidrološko stanje je prikazano v tabeli 1, kjer so zbrane vrednosti najmanjših povprečnih dnevnih pretokov v enem letu ( $Q_n/p/$ ) za obravnavana tri sušna obdobja, najmanjših dnevnih pretokov 40-letnega obdobja ( $nQ_n$ ) in srednjih pretokov 40-letnega obdobja ( $sQ_s$ ) na enajstih vodotokih Slovenije. Za izračun vrednosti 40-letnega obdobja so upoštevani podatki od leta 1948 do 1987.

Primerjava povprečnih dnevnih nizkih pretokov pove, da so imeli vodotoki Sava, Sora, Soča nad Solkanom in Rižana najmanjši povprečni dnevni pretok v sušnem obdobju 1988/89. V rekah Ljubljanici, Savinji, Krki, Kolpi, Idrijci, Soči v Solkanu in Vipavi pa so bili najnižji pretoki izmerjeni v sušnem obdobju 1985. Iz vrednosti v tabeli 1 vidimo, da je bil najnižji povprečni dnevni pretok v obravnavanih treh sušnih obdobjih nižji od najnižjega pretoka 40-letnega obdobja le v Rižani, če ne upoštevamo minimalnega pretoka v Savi v Radečah, ki je odvisen tudi od umetnega režima. Zanimiva je tudi primerjava pretokov v sušnih obdobjih s srednjim pretokom 40-letnega obdobja ( $sQ_s$ ), ki pokaže, koliko so bili pretoki v sušnih obdobjih nižji od pretokov v povprečnih hidroloških razmerah.

## Zajemna mesta in obseg analiz

V sušnih obdobjih smo spremljali spremembe kakovosti vode na 40 zajemnih

\* Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, Vojkova 1b, Ljubljana.

**Tabela 1. Pregled karakterističnih najmanjših srednjih dnevnih pretokov v sušnih obdobjih in obdobjih vrednosti.**

| Vodotok         | Zajemno mesto    | 1983                  | 1985                  | 1988/89               | 40-letno obdobje  |                   |
|-----------------|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
|                 |                  | $Q_{n(p)}$<br>$m^3/s$ | $Q_{n(p)}$<br>$m^3/s$ | $Q_{n(p)}$<br>$m^3/s$ | $nQ_n$<br>$m^3/s$ | $sQ_s$<br>$m^3/s$ |
| MURA            | Gornja Radgona   | 56,0                  | 56,2                  | 59,0                  | 40,0              | 156               |
| SAVA            | Radovljica       | 8,58                  | 6,77                  | (5,30)                | 5,00              | 95,6              |
|                 | Radeče           | 46,4                  | 46,0                  | (38,0)                | 41,0              | 219               |
| SORA            | Suha             | 3,92                  | 3,04                  | 2,93                  | 1,80              | 20,5              |
| LJUBLJANICA     | Vrhnika          | 1,42                  | 1,35                  | 1,76                  | 1,30              | 24,6              |
| SAVINJA         | Laško            | 6,50                  | 5,57                  | 6,02                  | 4,60              | 40,0              |
| KRKA            | Podbočje         | 6,82                  | 6,21                  | 7,00                  | 4,40              | 57,1              |
| KOLPA           | Radenci          | 4,84                  | 4,01                  | 4,41                  | 4,01              | 53,8              |
| SOČA            | Kršovec          | 2,36                  | 2,10                  | 1,68                  | 1,73              | 12,2              |
|                 | Solkan           | 20,30                 | 13,00                 | (14,2)                | 12,3              | 94,3              |
| IDRIJCA         | Hotešček         | 8,48                  | 3,46                  | 3,70                  | 3,40              | 24,8              |
| VIPAVA          | Miren            | 1,48                  | 1,22                  | 1,65                  | 1,05              | 17,9              |
| NOTRANJSKA REKA | Cerkvenikov mlin | 0,28                  | 0,50                  | (0,820)               | 0,160             | 8,47              |
| RIŽANA          | Kubed            | 0,130                 | 0,120                 | 0,087                 | 0,110             | 4,7               |

( ) — umetni režim

$Q_{n(p)}$  — najmanjši povprečni dnevni pretok

$nQ_n$  — najmanjši pretok obdobja

$sQ_s$  — srednji pretok obdobja

mestih v vodotokih Mura, Drava, Sava s pritoki, Pivka, Unica, Soča, Vipava, Notranjska Reka in Rižana ter v Blejskem in Cerkniškem jezeru.

V vseh vzorcih je bila narejena osnovna fizikalno-kemijska in bakteriološka analiza. Kovin in organskih spojin v vodah v sušnih obdobjih zaradi načina financiranja žal ni bilo mogoče analizirati.

K sreči imajo vodotoki veliko samočistilno sposobnost, zaradi katere lahko do neke mere odstranijo človekove odpadne snovi po naravni poti brez sodelovanja človeka. Princip samočiščenja je razkroj organskih snovi in mineralizacija s pomočjo kisika, raztopljenega v vodi. Osnovni predpogoj, da je samočiščenje mogoče, je dovolj visoka vsebnost raztopljenega kisika in navzočnost živih organizmov v vodi. Kisik se v vodi raztaplja iz zraka, proizvajajo pa ga tudi v vodi živeči rastlinski organizmi. Žal pa obremenjenost mnogih vodotokov z odpadnimi vodami močno presega samočistilno sposobnost. Poleg tega toksične snovi, ki pritekajo v vodotok, pogosto zmanjšujejo samočistilno sposobnost vodotoka, ker uničujejo v vodi živeče organizme, ki sodelujejo pri samočiščenju. Kako pametno je narava poskrbela za odstranjevanje v naravi nastajajočih odpadnih snovi v vodah, nam pove to, da je princip čiščenja komunalnih odpadnih voda v čistilnih napravah v osnovi enak kot princip samočiščenja v naravnih vodah.

V sušnih obdobjih se zaradi zmanjšanja pretokov zmanjša tudi hitrost toka rek in s tem hitrost izmenjave kisika iz zraka ter samočistilna sposobnost vode. Z manjšim pretokom se zmanjša tudi razredčitev odpadnih voda v reki. Povišanje vse-

bnosti škodljivih snovi in zmanjšanje samočistilne sposobnosti pa povzroči poslabšanje kakovosti vode. Prvi znak, da se to dogaja, je zmanjšanje vsebnosti kisika, ker se ga porablja več, kot se ga v vodi raztopi iz zraka oziroma kot ga proizvedejo v vodi živeči organizmi.

## Vzroki za poslabšanje kakovosti vode v sušnih obdobjih

Človek zaradi goste naseljenosti v mestih in odvajanja odpadnih voda v vodotoke po kanalizaciji brez čistilnih naprav že sam, brez odpadnih voda industrije, pomeni veliko obremenitev voda. Za pozoritev naj navedem le nekaj podatkov (1). Človek izloči dnevno na kilogram telesne teže prek 1000 mg trdnih snovi, okrog 10 mg amonija, 25 mg fosforja, 40 mg kalija, 48 mg natrija, 18 mg žvepla, 6 mg fenolnih spojin, nekaj sto miligramov najrazličnejših organskih spojin in še bi lahko naštevati. Za razkroj trdnih organskih snovi v odplakah gospodinjstev se po izračunih na enega človeka porabi povprečno 54 g kisika iz vodotoka, kamor so te odpadne vode pritekale. Odpadne snovi, ki jih proizvaja človek, so lahko razgradljive in za okolje kljub vsemu predstavljajo manjšo obremenitev kot industrijske odpadne vode. Te dovajajo v vode celo vrsto težko razgradljivih kemijskih spojin, ki so za žive organizme, živeče v vodi in na suhem, toksične. Poleg tega ima veliko toksičnih snovi to slabo lastnost, da se v živih organizmih akumulirajo in vplivajo nanje v dolgih časovnih obdobjih in se prenašajo po prehrambeni verigi.

## Primerjava kakovosti voda v sušnem obdobju s kakovostjo v povprečnem hidrološkem letu

Vodotoke razvrščamo po stopnji onesnaženosti v štiri kakovostne razrede, ki na podlagi normativnih vsebnosti posameznih kemijskih spojin in bakteriološkega stanja opredeljujejo uporabnost vode za različne namene.

Vode so po namenu uporabe in čistosti razvrščene v naslednje kakovostne razrede (6):

**Tabela 2. Koncentracije izbranih kazalcev onesnaženja vode po kakovostnih razredih (6, 2, 4, 3, 5)**

| Parameter                                           | Dovoljena koncentracija za razred kakovosti |       |      |       |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------|------|-------|
|                                                     | 1.                                          | 2.    | 3.   | 4.    |
| Vsebnost kisika — $mg\ O_2/l$                       | 8                                           | 6     | 4    | 3     |
| Biokemijska potreba po kisiku — $mg\ O_2/l$         | 2                                           | 4     | 7    | 20    |
| Kemijska potreba po kisiku s $KMnO_4$ — $mg\ O_2/l$ | 10                                          | 12    | 20   | 40    |
| Amonij — $mg\ N/l$                                  | 0,01                                        | 0,13  | 1,3  | 10    |
| Fenolne snovi — $mg/l$                              | < 0,001                                     | 0,001 | 0,05 | 0,3   |
| Detergenti — $mg\ TBS/l$                            | brez                                        | 0,1   | 0,2  | > 0,2 |
| Nitrit — $mg\ N/l$                                  | brez                                        | 0,005 | 0,25 | 2,5   |

- 158 1. RAZRED KAKOVOSTI: voda je v naravnem stanju, ob morebitni dezinfekciji uporabna za pitje in v živilski industriji; primerna je za gojitev plemenitih vrst rib (salmonide).
2. RAZRED KAKOVOSTI: voda je v naravnem stanju primerna za kopanje in rekreacijo, za gojitev drugih vrst rib (ciprinide); po običajnih metodah obdelave (koagulacija, filtracija, dezinfekcija ipd.) je uporabna za pitje in v živilski industriji.
3. RAZRED KAKOVOSTI: voda je brez predpriprave primerna za namakanje; po običajnih metodah obdelave pa tudi v industriji, razen v živilski.

4. RAZRED KAKOVOSTI: vodo je mogoče uporabljati samo po ustrezni predhodni obdelavi.

Kemijska in biokemijska potreba po kisiku sta merilo za količino kisika, ki je potrebna za razkroj odpadnih snovi v vodi. Kemijsko potrebo po kisiku (KPK) določamo s kemijskimi spojinami, ki te snovi oksidirajo, in jo izražamo v mg kisika/l. Ta vrednost nam pove, koliko kisika je potrebnega za razkroj vseh organskih in tudi dela anorganskih snovi v vodi. Biokemijska potreba po kisiku (BPK) pove, koliko kisika se v petih dneh porabi za razkroj organskih snovi ob pomoči v vodi živečih mikroorganizmov. Amonijeve

spojine in nitrit izvirata pretežno iz komunalnih odpadnih voda, lahko pa tudi iz intenzivno obdelovanih kmetijskih površin. Detergenti in fenolne snovi izvirajo iz komunalnih in industrijskih odpadnih voda. Fenolne snovi res nastajajo tudi pri razkroju naravnih snovi (listje), vendar ne v koncentracijah, ki bi lahko škodovala živim organizmom.

Iz povedanega je lahko razumeti, da so se v sušnih obdobjih v marsikaterem vodotoku močno zmanjšale vsebnost v vodi raztopljenega kisika, biokemijska potreba po kisiku v petih dneh (BPK<sub>5</sub>) ter kemijska potreba po kisiku (KPK), določena s kalijevim permanganatom

**Tabela 3. Povprečne koncentracije raztopljenega kisika, biokemijske potrebe po kisiku po 5 dneh (BPK<sub>5</sub>), kemijske potrebe po kisiku (KPK), fenolnih spojin in detergentov v sušnih obdobjih in v letu 1987.**

| Vodotok         | Zajemno mesto     | Čas meritev   | Povprečne koncentracije             |                                          |                                                    |                                 |                            |                        |      |
|-----------------|-------------------|---------------|-------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------|------|
|                 |                   |               | Razt. kisik<br>mg O <sub>2</sub> /l | BPK <sub>5</sub><br>mg O <sub>2</sub> /l | KPK s<br>KMnO <sub>4</sub><br>mg O <sub>2</sub> /l | Amonij<br>mg NH <sub>4</sub> /l | Fenolne<br>spojine<br>mg/l | Detergenti<br>mg TBS/l |      |
| Drava           | Dravograd         | 1987          | 8,1                                 | 3,1                                      | 5,8                                                | 0,16                            | 0,002                      | 0,02                   |      |
|                 |                   | VIII.—XI. 83  | 6,9                                 | 2,1                                      | 7,9                                                | 0,28                            | 0,008                      | 0,04                   |      |
|                 |                   | IX.—X. 1985   | 6,5                                 | 1,6                                      | 8,2                                                | 0,33                            | 0,009                      | 0,02                   |      |
|                 |                   | XI. 88—II. 89 | 8,5                                 | 1,9                                      | 8,4                                                | 0,26                            | 0,010                      | 0,02                   |      |
|                 | Ptuj              | 1987          | 8,1                                 | 2,3                                      | 6,4                                                | 0,15                            | 0,002                      | 0,02                   |      |
|                 |                   | VIII.—XI. 83  | 7,7                                 | 3,1                                      | 8,9                                                | 0,17                            | 0,007                      | 0,07                   |      |
|                 |                   | IX.—X. 1985   | —                                   | —                                        | —                                                  | —                               | —                          | —                      |      |
|                 |                   | XI. 88—II. 89 | 9,1                                 | 2,8                                      | 9,1                                                | 0,33                            | 0,006                      | 0,03                   |      |
|                 | Mura              | Ceršak        | 1987                                | 7,6                                      | 2,8                                                | 7,8                             | 0,55                       | 0,006                  | 0,05 |
|                 |                   |               | VII.—XI. 83                         | 8,5                                      | 7,8                                                | 18,8                            | 0,77                       | 0,016                  | 0,08 |
| IX.—X. 1985     |                   |               | 7,8                                 | 5,6                                      | 9,2                                                | 0,59                            | 0,007                      | 0,05                   |      |
| XI. 88—II. 89   |                   |               | 11,4                                | 5,0                                      | 8,1                                                | 0,58                            | 0,007                      | 0,05                   |      |
| Sava            | HE Medvode        | 1987          | 10,6                                | 5,1                                      | 1,8                                                | 0,18                            | 0,004                      | 0,02                   |      |
|                 |                   | IX.—X. 1985   | —                                   | —                                        | —                                                  | —                               | —                          | —                      |      |
|                 |                   | XI. 88—II. 89 | 11,0                                | 6,9                                      | 1,9                                                | 0,20                            | <0,001                     | 0,02                   |      |
|                 | Medno             | 1987          | 8,9                                 | 3,9                                      | 10,0                                               | 0,19                            | 0,008                      | 0,02                   |      |
|                 |                   | VIII.—XI. 83  | 7,6                                 | 7,7                                      | 16,4                                               | 0,26                            | 0,004                      | 0,04                   |      |
|                 |                   | IX.—X. 1985   | 8,1                                 | 13,4                                     | 26,0                                               | 0,59                            | 0,032                      | 0,04                   |      |
|                 |                   | XI. 88—II. 89 | 9,5                                 | 7,9                                      | 25,3                                               | 0,35                            | 0,011                      | 0,04                   |      |
|                 | Dolsko            | 1987          | 7,8                                 | 7,9                                      | 9,2                                                | 0,36                            | 0,005                      | 0,07                   |      |
|                 |                   | VIII.—XI. 83  | 6,8                                 | 17,5                                     | 11,2                                               | 0,88                            | 0,012                      | 0,09                   |      |
|                 |                   | IX.—X. 1985   | 7,2                                 | 12,6                                     | 15,5                                               | 0,98                            | 0,018                      | 0,12                   |      |
|                 |                   | XI. 88—II. 89 | 8,7                                 | 10,8                                     | 14,0                                               | 0,59                            | 0,009                      | 0,07                   |      |
|                 | Sora              | Medvode       | 1987                                | 7,3                                      | 12,9                                               | 44,0                            | 0,73                       | 0,037                  | 0,08 |
|                 |                   |               | VIII.—XI. 83                        | 5,9                                      | 10,3                                               | 57,9                            | 0,77                       | 0,014                  | 0,04 |
|                 |                   |               | IX.—X. 83                           | 3,4                                      | 33,0                                               | 121,0                           | 2,80                       | 0,094                  | 0,11 |
|                 |                   |               | XI. 88—II. 89                       | 6,3                                      | 23,5                                               | 98,7                            | 1,50                       | 0,055                  | 0,08 |
|                 | Kamniška Bistrica | Beričevo      | 1987                                | 7,7                                      | 25,0                                               | 22,0                            | 1,90                       | 0,043                  | 0,11 |
| VIII.—XI. 83    |                   |               | 5,5                                 | 60,6                                     | 16,6                                               | 6,92                            | 0,114                      | 0,16                   |      |
| IX.—X. 1985     |                   |               | 4,9                                 | 74,0                                     | 64,0                                               | 9,60                            | 0,073                      | 0,32                   |      |
| XI. 88—II. 89   |                   |               | 7,4                                 | 24,6                                     | 12,3                                               | 2,90                            | 0,049                      | 0,07                   |      |
| Ljubljana       | Zalog             | 1987          | 6,7                                 | 22,0                                     | 19,6                                               | 0,85                            | 0,007                      | 0,17                   |      |
|                 |                   | VIII.—XI. 83  | 5,0                                 | 26,6                                     | 12,6                                               | 3,26                            | 0,009                      | 0,31                   |      |
|                 |                   | IX.—X. 1985   | 4,4                                 | 33,8                                     | 46,0                                               | 3,30                            | 0,013                      | 0,37                   |      |
|                 |                   | XI. 88—II. 89 | —                                   | —                                        | —                                                  | —                               | —                          | —                      |      |
| Savinja         | Medlog            | 1987          | 10,8                                | 3,2                                      | 3,2                                                | 0,21                            | 0,001                      | 0,02                   |      |
|                 |                   | VIII.—XI. 83  | 11,7                                | 1,5                                      | 1,6                                                | 0,23                            | 0,001                      | 0,14                   |      |
|                 |                   | IX.—X. 1985   | 12,2                                | 3,8                                      | 3,4                                                | 0,12                            | 0,006                      | 0,06                   |      |
|                 |                   | XI. 88—II. 89 | 13,4                                | 3,8                                      | 2,8                                                | 0,53                            | 0,001                      | 0,03                   |      |
| Notranjska Reka | Matavun           | 1987          | 8,8                                 | 4,8                                      | 8,2                                                | 1,10                            | 0,008                      | 0,04                   |      |
|                 |                   | VIII.—XI. 83  | —                                   | —                                        | —                                                  | —                               | —                          | —                      |      |
|                 |                   | IX.—X. 1985   | —                                   | —                                        | —                                                  | —                               | —                          | —                      |      |
|                 |                   | XI. 88—II. 89 | 11,7                                | 18,3                                     | 28,0                                               | 1,70                            | 0,040                      | 0,08                   |      |
| Rižana          | Kubed             | 1987          | 12,5                                | 2,0                                      | 1,1                                                | 0,16                            | <0,001                     | 0,01                   |      |
|                 |                   | VIII.—XI. 83  | 12,5                                | 1,3                                      | 1,9                                                | 0,04                            | 0,001                      | <0,01                  |      |
|                 |                   | IX.—X. 1985   | —                                   | —                                        | —                                                  | —                               | —                          | —                      |      |
|                 |                   | XI. 88—II. 89 | —                                   | —                                        | —                                                  | —                               | —                          | —                      |      |
|                 | Dekani            | 1987          | 11,3                                | 9,4                                      | 6,7                                                | 0,16                            | 0,001                      | 0,03                   |      |
|                 |                   | VIII.—XI. 83  | 14,1                                | 46,5                                     | 53,1                                               | 0,08                            | 0,002                      | 0,49                   |      |
|                 |                   | IX.—X. 1985   | —                                   | —                                        | —                                                  | —                               | —                          | —                      |      |
|                 |                   | XI. 88—II. 89 | —                                   | —                                        | —                                                  | —                               | —                          | —                      |      |

(KMnO<sub>4</sub>) in kalijevim bikromatom (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) kot oksidacijskim sredstvom. Prav tako se je povečala vsebnost amonijevih in fenolnih spojin in detergentov.

V tabeli 3 so zbrane povprečne koncentracije za našete parametre za vsa tri sušna obdobja in za primerjalno leto 1987 za tiste vodotoke oziroma zajemna mesta, kjer se je kakovost vode v sušnem obdobju znatno poslabšala glede na primerjalno leto. Poslabšanje glede na povprečne vrednosti v vseh primerih pomeni še večje poslabšanje v posameznih izmerjenih vrednostih. To ponazarja slika 1, kjer so prikazane povprečne, maksimalne in minimalne vrednosti za kemijsko in biokemijsko potrebo po kisiku, izmerjene na zajemnem mestu Sava — Dolsko v sušnih obdobjih.

V tabeli 4 so zbrane ocene kakovosti vode za zajemna mesta, kjer se je kakovost v sušnih obdobjih v letih 1983, 1985, 1988/89 poslabšala v primerjavi z letom 1987. V rubriki opombe so našeti parametri, ki so se v kateremkoli sušnem obdobju poslabšali glede na leto 1987.

Na vodotoku Mura se je kakovost vode v sušnem obdobju 1983 poslabšala predvsem glede na biokemijsko in kemijsko potrebo po kisiku ter fenolne snovi. V sušnem obdobju 1988/89 se kakovost vode v primerjavi s povprečnim letom ni bistveno poslabšala. Ocenjujemo, da je zadnje povezano z izboljšanjem stanja kakovosti Mure zaradi sanacijskih ukrepov v Avstriji.

Kakovost Drave se je vseh sušnih obdobjih poslabšala za pol razreda. Vsebnost amonijevih spojin je v Dravogradu dosegla najvišjo vrednost v sušnem obdobju 1985, v Ptuj pa v sušnem obdobju 1988/89. V zadnjem sušnem obdobju so bile na obeh zajemnih mestih dosežene najvišje vsebnosti fenolnih snovi. Pogosto so se v sušnih obdobjih poslabšale kisikove razmere.

Kakovost Save se v zgornjem toku v nobenem sušnem obdobju ni bistveno poslabšala. Povsem drugače pa je *dolvodno* od Kranja in še bolj od izliva Sore. Kakovost vode na odseku Medno—Dolsko se je v sušnih obdobjih 1985 in 1988/89 poslabšala za cel razred kakovosti. V Mednem so bile dosežene maksimalne vrednosti za biokemijsko potrebo po kisiku, za amonijeve in fenolne spojine v sušnem obdobju 1985, za kemijsko potrebo po kisiku pa v sušnem obdobju 1988/89. V Dolskem so bile izmerjene najvišje vrednosti za biokemijsko in kemijsko potrebo po kisiku ter za detergente v sušnem obdobju 1988/89, ko smo zabeležili skokovito poslabšanje kakovosti.

Onesnaženost Sore v Medvodah se je v vseh sušnih obdobjih močno povečala. Razred kakovosti se sicer ni spremenil, ker je stalno v najslabšem, 4. razredu, povečala pa se je absolutna obremenjenost vodotoka in s tem tudi vpliv onesnaženja na Savo. V sušnem obdobju leta 1985 so bile dosežene najvišje vrednosti za kemijsko potrebo po kisiku, vsebnost amonijevih in fenolnih spojin, obenem pa je bila reka občasno brez ki-

**Tabela 4. Kakovost izbranih površinskih vodotokov v sušnih obdobjih in v letu 1987.**

| Vodotok         | Zajemno mesto | Razred kakovosti |                 |              |                | Opomba*                                                                                                         |
|-----------------|---------------|------------------|-----------------|--------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |               | 1987             | 1983<br>VIII—XI | 1985<br>IX—X | XI 88<br>II 89 |                                                                                                                 |
| DRAVA           | Dravograd     | 3—2              | 3               | 3            | 3              | NH <sub>4</sub> , fenolne snovi                                                                                 |
|                 | Ptuj          | 3—2              | 3               | 3            | 3              | NH <sub>4</sub> , fenolne snovi                                                                                 |
| MURA            | Ceršak        | 3—4              | 3—4             | 3            | 3              | KPK s KMnO <sub>4</sub>                                                                                         |
| SAVA BOHINJKA   | Bodešče       | 2                | 2               | —            | 2—3            | NH <sub>4</sub>                                                                                                 |
| SAVA DOLINKA    | Bl. most      | 2                | 2—3             | —            | 2—(3)          | NH <sub>4</sub> , detergenti                                                                                    |
| BLEJSKO J.      | Mlino         | 2                | 2—3             | 2—3          | 2—3            | NH <sub>4</sub> , detergenti                                                                                    |
| SAVA            | HE Medvode    | 2—3              | —               | 2—3          | 3—2            | BPK <sub>5</sub> , NH <sub>4</sub>                                                                              |
|                 | Medno         | 3—2              | 3               | 4            | 4              | BPK <sub>5</sub> , NH <sub>4</sub> , KPK s KMnO <sub>4</sub> , fenolne snovi                                    |
|                 | Dolsko        | 3—(4)            | 4               | 4            | 4              | BPK <sub>5</sub> , NH <sub>4</sub> , KPK s KMnO <sub>4</sub> , fenolne snovi, detergenti                        |
| SORA            | Medvode       | 4                | 4               | 4            | 4              | razt. O <sub>2</sub> , BPK <sub>5</sub> , NH <sub>4</sub> , KPK s KMnO <sub>4</sub> , fenolne snovi, detergenti |
| KAMNIŠKA B.     | Beričevo      | 4                | 4               | 4            | 4              | razt. O <sub>2</sub> , BPK <sub>5</sub> , NH <sub>4</sub> , KPK s KMnO <sub>4</sub> , fenolne snovi, detergenti |
| LJUBLJANICA     | Zalog         | 4                | 4               | 4            | 4              | razt. O <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> , detergenti                                                             |
| SAVINJA         | Medlog        | 2—(3)            | 2—3             | 2—3          | 2—3            | NH <sub>4</sub> , detergenti                                                                                    |
| NOTRANJSKA REKA | Matavun       | 3                | —               | 3            | 4              | BPK <sub>5</sub> , KPK s KMnO <sub>4</sub> , fenolne snovi, detergenti                                          |
| RIŽANA          | Kubed         | 2                | 2—3             | 2—3          | 2—3            | suspendirane snovi, detergenti, supersaturacija                                                                 |
|                 | Dekani        | 4                | 4               | 4            | 4              | BPK <sub>5</sub> , KPK s KMnO <sub>4</sub> , NH <sub>4</sub> , fenolne snovi, detergenti                        |

\* — našeti so parametri, ki so se poslabšali v sušnih obdobjih glede na povprečno leto

sika, to je v anaerobnem stanju. Najvišje vsebnosti detergentov smo izmerili v sušnem obdobju 1988/89.

Za Kamniško Bistrico na izlivu v Savo prav tako velja ugotovitev, da se njena onesnaženost v vsakem sušnem obdobju močno poveča. Razred kakovosti se ne spremeni, ker je stalno v 4. razredu, poveča pa se njen negativni vpliv na Savo. Najvišje vrednosti za biokemijsko in kemijsko potrebo po kisiku ter za amonijeve spojine in detergente smo izmerili v sušnem obdobju 1985, za fenolne snovi pa v sušnem obdobju 1983.

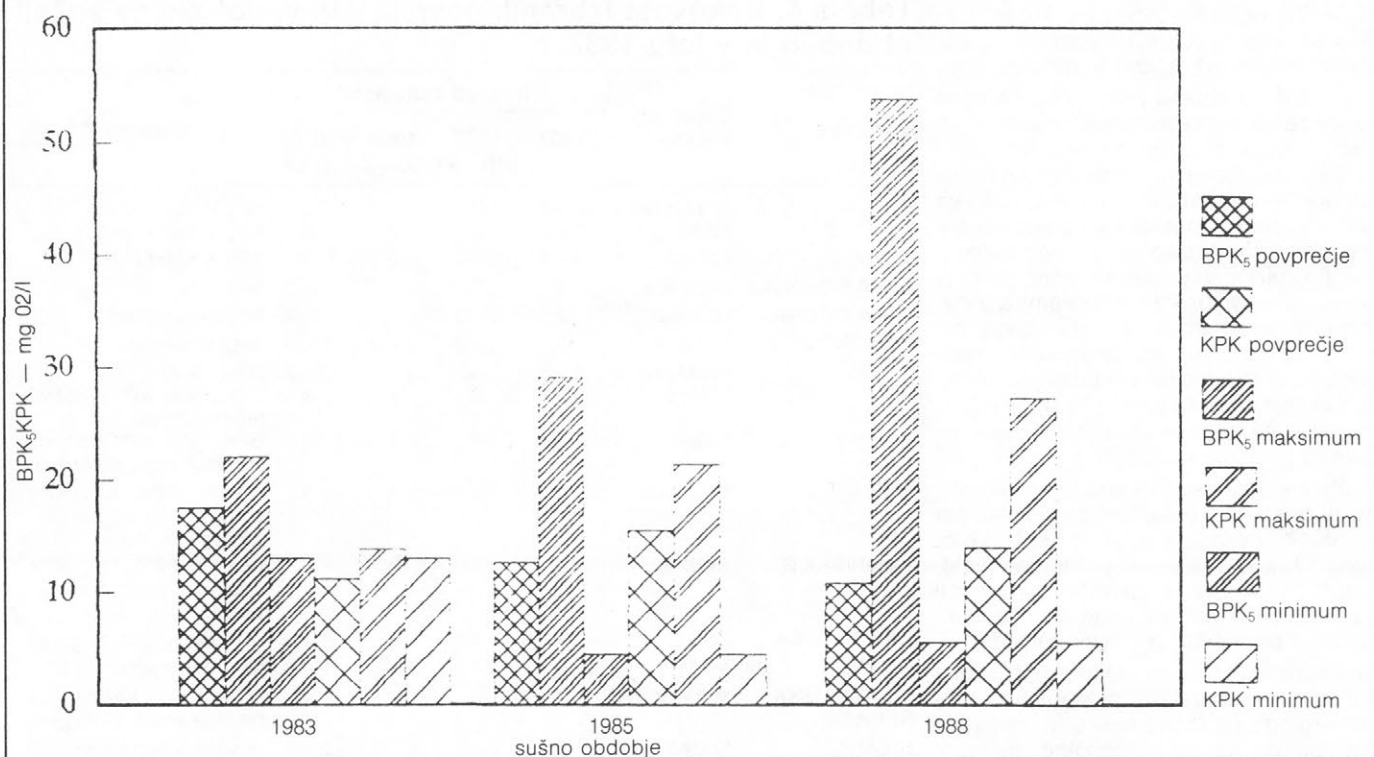
Enake ugotovitve kot za Soro in Kamniško Bistrico veljajo za Ljubljano na izlivu v Savo, v kateri se v sušnih obdobjih razred kakovosti ni spremenil, ker se na slabše od njega »normalnega« stanja ne more. Za Ljubljano in živelj v njej je bilo najbolj kritično sušno obdobje 1985, ko je bila na posameznih odsekih med Vrhniko in Livado že brez kisika, torej v anaerobnem stanju. V Zalogu do anaerobnega stanja ni prišlo, pač pa sta bili tudi na tem zajemnem mestu v sušnem obdobju 1985 doseženi najnižja vsebnost raztopljenega kisika in najvišja vsebnost amonijevih spojin. V tem sušnem obdobju je bila zelo visoka kemijska in biokemijska potreba po kisiku.

Na vodotoku Savinja smo spremljali kakovost vode v sušnih obdobjih v Medlogu in Velikem Širju. Vsebnost kazalcev onesnaženja se je povišala predvsem v Medlogu, čeprav se razred kakovosti ni spremenil. Najvišja vsebnost amonijevih spojin je bila izmerjena v sušnem obdobju 1988/89, vsebnost fenolnih snovi je

preseгла za 2. kakovostni razred dovoljene vrednosti v sušnem obdobju 1985, vsebnost detergentov pa je bila najvišja v sušnem obdobju 1983. Na tem odseku Savinje smo v vseh treh sušnih obdobjih ugotavljali visoko prenasajenost s kisikom; vzrok za ta pojav je verjetno to, da se je zaradi počasnega toka in visokih vsebnosti hranljivih snovi (fosforjeve in dušikove spojine ter organskih snovi) razvilo izjemno veliko alg in višjih vodnih rastlin. Prenasajenost s kisikom je slabo znamenje za vodotok in opozarja na preveliko število živih organizmov v vodi, ki pri odmiranju porabljajo velike količine kisika.

Na vodotoku Rižana smo vzorce za analizo v sušnih obdobjih zajemali v Kubedu in Dekanih. V Kubedu ne moremo govoriti o izrazitem poslabšanju kakovosti po osnovnih fizikalno-kemijskih parametrih v sušnih obdobjih. V vseh sušnih obdobjih pa se je poslabšala bakteriološka slika; zaradi povečane vsebnosti hranljivih snovi se je na račun povečane rasti alg in višjih vodnih rastlin pojavila prenasajenost s kisikom. V Dekanih se že običajno najslabši razred kakovosti ne more poslabšati, vendar pa sta se še povišali biokemijska potreba po kisiku ter vsebnost amonijevih in fenolnih spojin v sušnem obdobju 1988/89, vrednosti za kemijsko potrebo po kisiku in detergente pa so bile najvišje v sušnem obdobju 1983.

V Notranjski Reki so bile glede na povprečje leta 1987 izmerjene višje vrednosti za biokemijsko potrebo po kisiku, kemijsko potrebo po kisiku, fenolne snovi in detergente v sušnem obdobju



Slika 1. Sava — Dolsko. Povprečne, maksimalne in minimalne izmerjene vrednosti v sušnih obdobjih 1983, 1985 in 1988/89.

1988/89. V preostalih dveh sušnih obdobjih nismo beležili večjega poslabšanja glede na povprečje leta (stanje kakovosti je bilo slabše izven sušnih obdobji). Izrazitih posledic sušnih obdobji v letih 1983, 1985 in 1988/89 nismo zabeležili v zgornjem toku Save do Prebačevega, v Tržiški Bistrici, Kokri, Sotli, Kolpi v Metliki, Krki, Soči, Vipavi in v Blejskem ter Cerkniškem jezeru. Za obe jezera in Savo v Prebačevem (vpliv zaježitve HE Mavčiče) velja enako kot za Notranjsko Reko, da najslabše stanje kakovosti v letu praviloma nastopi v poletnih mesecih, torej zunaj mesecev, v katerih so bila obravnavana sušna obdobja.

## Zaključki

Iz primerjave rezultatov fizikalno-kemijskih analiz in ocen kakovosti voda v sušnih obdobjih v letih 1983, 1985 in 1988/89 ter vrednosti v primerjalnem letu 1987 lahko ugotovimo naslednje:

- na kakovost vodotokov Mure in Drave je najbolj vplivalo sušno obdobje v letu 1983;
- sušno obdobje leta 1985 je imelo velik vpliv na kakovost vodotokov Ljubljanice, Sore in Save;
- vsa sušna obdobja, še posebej pa zadnje, ki je trajalo od novembra 1988 do februarja 1989, je povzročilo veliko poslabšanje kakovosti Save na odseku Medno — Dolsko;
- v vseh sušnih obdobjih se je poslabšala kakovost Savinje v Medlogu (okrog 150 m od črpališča za celjski vodovod) in na izviru Rižane (vodni vir za Primorje);

- na ostalih vodotokih so se koncentracije parametrov povečale, vendar ne toliko, da bi se kakovost poslabšala za več kot pol razreda glede na letno povprečje.

Iz povedanega sledi, da sta dva odseka vodotokov z močno infiltracijo v podtalnico, kjer so črpališča za preskrbo z vodo dveh večjih mest, Ljubljane in Celja, resno ogrožena. Vsako dalj trajajoče nizko vodno stanje povzroči takšno poslabšanje, da je pitna voda v posameznih vrtinah na teh poljih brez dvoma ogrožena. Obravnavana sušna obdobja so nastopila v mesecih, ko temperatura zraka in vode pada oziroma je nizka. Z gotovostjo trdimo, da bi bile posledice tako dolgega sušnega obdobja, kot smo ga imeli v zimi 1988/89, za kakovost vodotokov mnogo hujše, če bi sušno obdobje nastopilo v toplejših mesecih. Trdimo tudi, da bi glede na ugotovljeno poslabšanje v obravnavanih sušnih obdobjih v sušnem obdobju, ki bi nastopilo v poletnih mesecih, onesnaženje povzročalo resne težave tudi v podtalnici in kraških izviri, ki se uporabljajo za preskrbo z vodo.

4. Strokovno navodilo o higieni neoporečnosti pitne vode, Uradni list SFRJ, št. 33/1987.
5. Standards with Relations to Dutch Surface Waters, E/WKB1/08120a.
6. Uredba o klasifikaciji voda medrepubliških vodnih tokov, meddržavnih voda in voda obalnega morja Jugoslavije, Ur. list SFRJ, št. 6/1978.

## Martina Zupan Quality of Surface Water in Dry Periods

In recent years, dry periods have occurred rather often. A dry period means a long period with small water flows, but not necessarily without any rain. In 1983, the dry period lasted from August to November, in 1985 from the beginning of September until the end of October. The last dry period began in November 1988 and lasted to February 1989. During dry periods, water quality deteriorated in many rivers. This can be quite a problem in stretches of rivers with strong infiltration to underground waters and karst springs used for water supply. During dry periods, water quality was assessed in some rivers and compared to water quality in 1987 when hydrological extremes did not occur. The critical pollution of water should give us a very serious warning. As a part of the environment, man should respect the rules of nature if he wants to survive.

1. Dugan, P. R., 1972. Biochemical Ecology of Water Pollution.
2. Odlok o maksimalno dopustnih koncentracijah radionuklidov in nevarnih snovi v medrepubliških vodnih tokovih, meddržavnih vodah in vodah obalnega morja Jugoslavije, Ur. list SFRJ, št. 8/1978.
3. Strokovno navodilo o tem, katere snovi se štejejo za nevarne in škodljive, in o dopustnih temperaturah voda, Uradni list SRS, št. 18/1985.