



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ
ИНСТИТУТ ЗА БИОЛОГИЈУ И ЕКОЛОГИЈУ

мр Ивана Д. Радојевић

МИКРОБИОЛОШКИ АСПЕКТИ ПРИМЕНЕ ИНФОРМАЦИОНИХ
СИСТЕМА У МОНИТОРИНГУ АКУМУЛАЦИЈА И ЈЕЗЕРА

Докторска дисертација

КРАГУЈЕВАЦ, 2012.

САДРЖАЈ

1. УВОД

2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

3. ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

4.1. Микробиолошки параметри

4.2. Остали параметри

4.3. Основне карактеристике изабраних акумулација и изабраних сетова података

4.4. Информациони систем (ИС) SeLaR (Serbian Lakes and Reservoirs)

4.4.1. *Креирање информационог система*

4.4.2. *Истраживање података*

4.5. Методе DM

4.5.1. *Кластеровање*

4.5.2. *Класификација са стаблима одлучивања*

4.5.3. *Анализа кључних утицаја*

4.5.4. *Анализа сценарија*

4.5.5. *Временско предвиђање*

4.6. Вештачка неуронска мрежа: модел и тренинг алгоритам

4.6.1. *Нерекурентна неуронска мрежа и коришћени алгоритам*

4.6.2. *Критеријуми перформанси и анализа осетљивости*

5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

5.1. ОСНОВНИ СТАТИСТИЧКИ ПРЕГЛЕД И КРЕИРАНИ МОДЕЛИ

5.2. ОДНОСИ БАКТЕРИЈСКИХ ЗАЈЕДНИЦА У АКУМУЛАЦИЈАМА - КЛАСТЕР АНАЛИЗА

5.3. УКУПАН БРОЈ БАКТЕРИЈА

5.3.1. *Класификација и анализа утицајних параметара*

5.3.2. *Анализа сценарија*

5.3.3. *Вештачке неуронске мреже*

5.4. ХЕТЕРОТРОФИ (ПСИХРОФИЛИ)

5.4.1. *Класификација и анализа утицајних параметара*

5.4.2. *Анализа сценарија*

5.4.3. *Временско предвиђање*

5.4.4. *Вештачке неуронске мреже*

5.5. ХЕТЕРОТРОФИ МЕЗОФИЛИ

5.5.1. *Класификација и анализа утицајних параметара*

5.5.2. *Анализа сценарија*

5.5.3. *Временско предвиђање*

5.5.4. Вештачке неуронске мреже

5.6. ФАКУЛТАТИВНИ ОЛИГОТРОФИ

5.6.1. Класификација и анализа утицајних параметара

5.6.2. Анализа сценарија

5.6.3. Временско предвиђање

5.6.4. Вештачке неуронске мреже

5.7. ФИЗИОЛОШКЕ ГРУПЕ БАКТЕРИЈА

5.7.1. НИТРИФИКАТОРИ

5.7.1.1. Класификација вредности и анализа утицајних параметара

5.7.2. АЗОТОФИКСАТОРИ

5.7.2.1. Класификација вредности и анализа утицајних параметара

5.7.2.2. Вештачке неуронске мреже

5.7.3. ЦЕЛУЛОЛИЗАТОРИ

5.7.3.1. Класификација вредности и анализа утицајних параметара

5.7.3.2. Вештачке неуронске мреже

5.7.4. ПРОТЕОЛИЗАТОРИ

5.7.4.1. Класификација вредности и анализа утицајних параметара

5.7.4.2. Вештачке неуронске мреже

5.7.5. АМИЛОЛИЗАТОРИ

5.7.5.1. Класификација и анализа утицајних параметара

5.7.5.2. Вештачке неуронске мреже

5.7.6. ФОСФОМИНЕРАЛИЗАТОРИ

5.7.6.1. Класификација и анализа утицајних параметара

5.7.6.2. Вештачке неуронске мреже

5.8. УКУПНЕ КОЛИФОРМНЕ БАКТЕРИЈЕ

5.8.1. Класификација и анализа утицајних параметара

5.8.2. Класификација стаблом одлучивања

5.8.3. Анализа сценарија

5.8.4. Временско предвиђање

5.8.5. Вештачке неуронске мреже

5.9. ФЕКАЛНЕ КОЛИФОРМНЕ БАКТЕРИЈЕ

5.9.1. Вештачке неуронске мреже

5.10. БРОЈНОСТ *Clostridium perfringens*

5.10.1. Класификација и анализа утицајних параметара

5.10.2. Анализа сценарија

5.10.3. Временско предвиђање

5.10.4. Вештачке неуронске мреже

5.11. РАЗМАТРАЊЕ РЕЗУЛТАТА

6. ЗАКЉУЧЦИ

7. ЛИТЕРАТУРА

ПРИЛОЗИ

1. УВОД

Вода, најраспрострањенија материја на планети Земљи, због јединствених особина представља једну од основних човекових потреба и неопходни је услов његовог живота. Од укупне количине воде, 97.4 % је слана вода, а тек око 2.6 % слатка вода. Од укупне количине слатке воде мање од 1 % налази се у водотоцима. Захваљујући хидролошком циклусу непрестано се врши измена и формирање слатких вода на Земљи.

Свет је већ дуже време суочен са чињеницом да постоји противречност између различитих потреба у води за пиће и ресурса релативно чисте воде. Однос између потреба и расположивости за чистом водом погоршава се под утицајем све већег броја становника и све већег загађивања водених система. Један од начина за решавање проблема је изградња и коришћење акумулација. Зато постоји потреба да се стање акумулација, како природних тако и вештачких, одржава на задовољавајућем нивоу. Истраживања морају бити стална, систематска, свестрана и сврсисходна. Ови екосистеми су веома осетљиви, што је условљено малим степеном саморегулације, те је превентивна заштита боља и економичнија од санирања штетних последица (Jørgensen et al., 2005a).

Нашавши се пред великим проблемом све мање доступности воде за пиће и у Србији се приступило изградњи вештачких језера. Иако не оригинална појава (зоогене природне акумулације), изградња акумулација за водоснабдевање је ублажила потешкоће око довољних количина питке воде, истовремено отворивши научницима једно сасвим ново поглавље у истраживањима акватичних екосистема (Ћомић & Остојић, 2005). Истраживање оваквих екосистема има вишеструки значај:

- научни - омогућава познавање процеса постепеног формирања нових биоценоза, њихову повезаност са променама физичких и хемијских услова средине, сукцесију врста прилагођених новим условима,

- економски - расветљава проблем економичности изградње акумулације и могућности рационализације добијања воде за пиће од површинске, сирове воде, а што је немогуће без познавања показатеља стања воде,

- санитарни - квалитет сирове воде мора да буде такав да обезбеди снабдевање водом исправног квалитета,

- технолошки - познавање квалитета воде у акумулацији, и процеса у њој, омогућава превентивно деловање у циљу побољшања квалитета воде и избор најповољније технологије за пречишћавање (Ћомић, 1989).

Континуирано праћење стања вода, односно мониторинг вода, укључује праћење различитих физичких, хемијских и биолошких параметара. Микробиолошке особине воде су значајан и валидан показатељ њеног стања, односно квалитета. У води, као средини за живот, микроорганизмима припада значајно место по бројности, разноликости и улози. Они учествују

у процесима деградације и кружења органских материја и протоку енергије у екосистему, а могући су и изазивачи болести. Многи микробиолошки параметри, било са уско санитарног или ширег еколошког аспекта (нпр. квантитативно-квалитативни састав специфичних група бактерија, алги и гљива или њихове ензиматске активности), указују на природу и интензитет загађења, као и да ли је утицај загађивача тренутан или трајан. Зато се у опште прихваћеном и широко коришћеном приступу (систем мониторинга) ради универзалне примене користе космополитски организми. И са тог аспекта микроорганизми, посебно бактерије, имају незаменљиву улогу у процени квалитета површинских вода (Petrović i sar., 1998).

Бактерије, као космополитски и убиквитарни микроорганизми полиензиматске природе и великог потенцијала биохемијске активности, заузимају централни положај у процесима кружења материје и протока енергије у природи. Процеси аутопурификације у природним воденим екосистемима заснивају се на метаболизму бактерија. Својом полиензиматском природом, метаболичком разноврсношћу и адаптивношћу, бактерије успешно опстају и савлађују различита органска и друга оптерећења у водама, вршећи њихову постепену разградњу и минерализацију (Petrović i sar., 1998).

Заступљеност појединих физиолошких група бактерија указује на оптерећеност воде одређеним материјама, на могућност њихове разградње, односно на природу микробиолошких процеса који се одвијају у тим водама. Присуство или одсуство одређених бактеријских заједница или врста у природним водама директно указује на њен квалитет и оне се дуго користе у стандардним испитивањима вода. Упознавањем односа бактеријских заједница међусобно, као и њихових односа са другим физичко-хемијским и биолошким параметрима, долази се до сазнања о негативним или позитивним процесима у водама. Добијена сазнања доприносе разумевању односа, повезаности и условљености бактеријске заједнице, ефикаснијој контроли, као и смањењу трошкова у праћењу стања и управљању воденим ресурсима.

Да би се дошло до ових сазнања јавља се проблем у комплексности анализе великог броја променљивих, као и њихове варијабилности услед природних утицаја, а нарочито утицаја човека (Saffran, 2001; Simeonov et al., 2002). Класификација, моделирање и интерпретација великог броја података важан је корак када се посматра квалитет вода (Boyasioglu & Boyasioglu, 2007).

Последњих година различити алати и технике информационих технологија, као и методе истраживања података (data mining) постају важан део у праћењу стања квалитета вода, омогућавају предвиђање промена и значајни су у процесима одрживог управљања воденим ресурсима (Kumar et al., 2006). Data mining¹, позната и као “*knowledge-discovery in databases*”, подразумева аутоматско или полуаутоматско истраживање и анализу велике количине података у циљу откривања шаблона и односа сакривених међу подацима (Han et al., 2010, Gogunescu, 2011). Ове технике и методе примењиване су и потврђене као алати код праћења

¹ У даљем тексту DM

микробиолошких индикатора квалитета у воденим екосистемима (Ogwueleka & Ogwueleka, 2010).

Увидом у стање акумулација и језера у Србији, утврђено је постојање бројних и различитих проблема (неадекватан мониторинг, еутрофизација, недостатак еколошке заштите и сл.) који угрожавају рационално управљање и њихову одрживу експлоатацију. Помоћ у решавању наведених проблема огледа се у адекватнијој и напреднијој примени резултата истраживања из претходних периода. Поставка обједињених података стандардних и научних хидробиолошких истраживања омогућила би да се на репрезентативним сетовима података, који садрже микробиолошке и остале параметре, испитају њихови односи и зависности. Претпоставка је да се овим истраживањем могу добити нова научна сазнања о заједницама микроорганизама у акватичним екосистемима, а да она могу имати и шири апликативни значај приликом праћења стања и побољшања квалитета вода.

Предмет овог истраживања су заједнице бактерија у језерским екосистемима Србије, њихови међуодноси и њихова условљеност променом физичких и хемијских параметара у воденом екосистему. Осим наведеног, предмет истраживања су и односи са другим заједницама микроорганизама, као и са осталим биолошким показатељима у акумулацијама. Посебан акценат је стављен на анализу и предвиђање ризика микробиолошког загађења воде. Све наведено се испитује за изабрана акумулациона језера Србије која се одликују различитим морфометријским особинама, трофичким статусом и доминантном заједницом бактерија. Будући да се у раду, по први пут, прате и тестирају односи и зависности бактеријских заједница међусобно, као и са релевантним физичким, хемијским, биохемијским и биолошким параметрима у акумулацијама и језерима у Србији, савременим алатима информационих технологија и методама као што је DM, ово истраживање има ауторску оригиналност.

2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

У новије време приметно је интензивирање истраживања из области микробиологије вода чији резултати, осим што имају фундаментални научни значај, пружају широк спектар могућности за контролу стања природних вода, посебно бактеријских заједница и врста као индикатора загађења.

Бројни литературни подаци показују да су се бактеријске заједнице и врсте у воденим срединама проучавале са становишта разумевања различитих међуутицаја, санитарних показатеља и испитивања квалитета воде. Велики број аутора је истраживао заједнице бактерија са ширег еколошког аспекта. Бактеријске заједнице су се проучавале са аспекта бројности, динамике, дистрибуције и односа са другим микробиолошким заједницама у различитим водама.

Односе предаторских организама, као што су протозое, и броја и динамике бактерија у природним површинским водама испитивали су McCambridge & McMeekin (1984), Berninger et al. (1991), Sanders et al. (1992). Усаглашеност и односе између динамике бактериопланктона и фитопланктона у различитим воденим екосистемима истраживали су Arrieta & Herndl (2002), Pinhassi et al. (2004), Rooney-Varga et al. (2005), Kent et al. (2007), Peng et al. (2007), Fuhrman & Steele (2008). Односе бактеријских заједница са субмерзним макрофитама у језеру проучавали су Wu et al. (2007).

Утицај растворених органских материја, примарне продукције и ефекат нутријената, као што су угљеник, азот и фосфор, на бактеријску активност и структуру заједнице у различитим водама (језеро, река, систем за дистрибуцију воде, естуари), испитивали су Donderski (1983), Petrycka et al. (1990), Berman et al. (1994), Kapustina (1999), Lindström (2000), Kirchman et al. (2004), Jegatheesan et al. (2004), Nietala et al. (2004), Harvey et al. (2006) и Naukka et al. (2006).

Везу олиготрофних бактерија са малом количином растворених органских материја у води установио је Poindexter (1981), а њихову способност да као факултативни организми населе и воде са вишом концентрацијом хранљивих материја проучавали су и Petrović i sar. (1998). Доминацију факултативно олиготрофних бактерија у воденим срединама са малом количином растворених органских материја која фаворизује њихов развој као аутохтоне заједнице, нарочито у чистим језерима и рекама, испитују и Ishida & Kadota (1981), Gajin i sar. (1988), Novevska (2006), Lokoska & Novevska (2005, 2008), Novevska & Lokoska (2009).

Утицај различитих физичко-хемијских параметара на структуру и динамику бактеријских заједница у водама испитивани су у различитим водама и на различите начине (Raymond & Bauer, 2000, Schryver et al. 2006). Однос између структуре микробиолошке заједнице и хемије воде у језерима са различитим степенима трофије истраживали су Lindström et al. (2005), Zeng et al. (2009) и Zhao et al. (2011).

Однос структура бактеријских заједница са факторима спољашње средине, као што су климатски услови, географски положај и сл., у различитим водама проучавали су Stepanauskas et al. (2003), Yannarell & Triplett (2005), Lindström et al. (2006) и Sapp et al. (2007). Утицај времена, рељефа и физичких особина локација на бактеријску заједницу у природним водама испитивали су Idakwo & Abu (2004), Evans et al. (2006) и Kent et al. (2007). Idakwo & Abu (2004) су проучавали дистрибуцију бактеријских заједница у језеру и у односу на распоред људских активности у околини. Утицај човека на језеро испитиван је и преко степена заступљености аутохтоне и алохтоне заједнице хетеротрофних бактерија (Lobova et al., 2007).

Физиолошке особине бактерија, њихову динамику и дистрибуцију у различитим водама проучавао је велики број аутора (Strzelczyk et al., 1972, 1976, Simić, 1973, Flint, 1974, Matavulj et al., 1976, Stilinović, 1979, Živanović i sar., 1981, Donderski, 1983, Donderski et al., 1984, Ward et al., 1984, Stilinović & Futač, 1984, 1985, Krstulović & Solić, 1988, Donderski & Strzelczyk, 1992, Donderski & Stopić, 1993, Donderski & Lalke, 1993, Локоска, 1995, Mudryk & Donderski, 1997, Donderski & Kalwasińska, 2003, Skórczewski & Mudryk, 2005, Li et al., 2005).

Због људских потреба за санитарно исправном водом у истраживањима је највећи акценат на санитарним показатељима квалитета воде, па се у тој области јавља велики број радова. Неки аутори проучавају начине на које индикатори фекалног загађења доспевају у природне воде (Medema et al., 2003, Kim et al., 2008), а други утицаје различитих фактора на њихову бројност и динамику. Утицај различитих фактора унутар водене средине, као што су рН, растворени кисеоник, температура, фосфати, БПК₅, растворене материје, органски и неоргански нутријенти у природним површинским водама, испитивао је низ аутора: Curtis et al. (1992), Bagde & Rangari (1999), Crowther et al. (2001), Youn-Joo et al. (2002), Juhna et al. (2007), Syed Ahmad et al. (2009), Areerachakul & Sanguansintukul (2010), Hong et al. (2010).

Велики број аутора испитивао је и утицај фактора околине воденог екосистема у односу на индикаторе фекалног загађења. Утицај атмосферских услова (падавине и сунчева радијација), утицај воде, човекове активности које доводе до загађења (нпр. различита употреба земљишта: пољопривредно, градско, индустријско и њихов утицај на индикаторе фекалног загађења), истраживали су Gameson & Saxon (1967), McCambridge & McMeekin (1984), Fisher & Endale (1999), Kistemann et al. (2002), Tong & Chen (2002), George et al. (2004), Mehaffey et al. (2005), Byamukama et al. (2005), Zhang & Lulla (2006), Derlet et al. (2008). Eleria & Vogel (2005) су се бавили предвиђањем нивоа фекалних колиформних бактерија у речном екосистему.

Осим испитивања међуодноса, неки аутори су проучавали и уводили нове начине и методе за добијање резултата. Анализу ризика од загађења различитих вода помоћу анализе података и математичких модела истраживао је Ganoulis (2009). Методе DM успешно су примењивани у праћењу стања квалитета вода (Congrads & Roehl, 2006a), али и неких микробиолошких индикатора квалитета воде (Ogwueleka & Ogwueleka, 2010). Анализу, моделирање и предвиђање бројности индикатора фекалног загађења различитим статистичким

техникама, вештачким неуронским мрежама и другима алатима истраживао је већи број аутора (Canale et al., 1973, Mahloch, 1974, Brion et al. 1999, 2001, 2002, Bergstein et al., 2001, Neelakantan et al., 2001, Idakwo & Abu, 2004, Bouharati et al., 2006, Chandramouli et al., 2007, Mas & Ahlfeld, 2007, Derlet et al., 2008, Iscen et al., 2008, Syed Ahmad et al., 2009, Kazemi Yazdi & Scholz, 2010).

Неки од аутора указују на чињеницу да параметри квалитета вода сакупљени у стандардним хидробиолошким истраживањима могу бити искоришћени за прављење модела који ће ефикасно омогућити праћење динамике и предвиђање стања различитих бактеријских заједница у воденим екосистемима (Brion et al., 2001, Neelakantan et al., 2001).

Најбржи и најефикаснији начин за истраживања ове врсте јесте примена информационих система. У управљању воденим екосистемима информационе технологије налазе све ширу примену. У свету постоји велики број информационих система који обухватају и обрађују проблематику језера и акумулација. На пример, Мое et al. (2008) је креирао јединствени информациони систем језера Европе где су подаци организовани у оквиру релационе базе података и то у пет основних табела: основне информације, хемијске информације о узорку, биолошке информације о узорку, хемијске вредности (које укључују вредности притиска, рН или фосфора) и биолошке вредности (као што су биомаса и абунданца по таксону). Специјална пажња у овој области се посвећује системима за управљање воденим ресурсима и системима за праћење квалитета вода. На пример:

- информациони систем за одређивање квалитета воде (Parinet et al., 2004),
- информациони систем који се базира на релационој бази података и садржи фази модел за одређивање квалитета воде (Mitreski et al., 2004, Menshutkin et al., 2009a, 2009b),
- информациони систем за управљање воденим ресурсима интеграцијом хидро-хемијских, хидролошких, метеоролошких, микробиолошких података, података о фито- и зоопланктону, макрофитама итд. (Kondrat'ev et al., 2006),
- информациони систем за управљање који се базира на подацима добијеним у реалном времену (Imberger, 2004),
- информациони систем за подршку у одлучивању сложених водених система уз помоћ симулације (Andreu et al., 1996),
- информациони систем за управљање воденим ресурсима базирано на релационој бази података која садржи хидролошке податке, податке о квалитету воде, расположиви потенцијал водених ресурса, наводњавање, привредне активности у околини и становништво (Fulazzaky & Akil, 2009).

Информациони системи за менаџмент водама често су комбиновани са географским информационим системима (Park et al., 2006). Напредак чине информациони системи за управљање у реалном времену који се базирају на подацима у тренутку када су они настали (Andrews et al., 1999).

У Србији је информациони систем за праћење стања природних вода базиран да обухвати микробиолошке параметре, а доступан јавности, оформила Агенција за заштиту животне средине Републике Србије. Она развија и координира Информациони систем заштите животне средине чији се један део односи на квалитет природних вода (www.sepa.gov.rs).

Квалитативни и квантитативни састав заједница микроорганизама и њихова просторна динамика у Србији су испитивани у различитим акумулацијама. Детаљан преглед истраживања до 2003. године дат је у раду Ćomić i sar. (2003). Испитивања бактеријских заједница после тог периода налазимо у радовима Ćurčić (2003), Miljković i sar. (2004), Obradović (2005), Milenković i sar. (2005), Miljanović i sar. (2005), Simić et al. (2006), Karadžić i sar. (2008), Roganoviћ (2009), Ćirić i Stojanović (2009), Lolić i sar. (2009).

Подаци добијени истраживањима, као и подаци бројних стандардних анализа језера и акумулација у Србији, до сада нису искоришћени за свеобухватну анализу бактеријских заједница и врста за дужи временски период. Комплексна анализа уз помоћ алата и техника информационих система и метода DM-а, може имати како фундаментални тако и практичан карактер.

3. ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Процена повезаности утицаја који неки физички, хемијски или биолошки параметри имају на одређену бактеријску заједницу или обрнуто, је како фундаментална у бољем разумевању самих бактеријских заједница, тако и практична у праћењу, предвиђању и унапређењу стања квалитета вода.

Бактеријске заједнице имају велики значај у функционисању акватичних екосистема и одређивању њиховог квалитета. На основу те чињенице, постојећих података из ранијих научних и стандардних хидробиолошких истраживања, одабране су три акумулације у Србији које се разликују по морфометријским особинама, трофичком статусу и доминантној заједници бактерија. На њима су примењени нови, савремени алати информационих технологија и коришћене методе DM, нове за ову област истраживања, са циљем да се утврде:

- степен зависности и величина утицаја бактеријских заједница међусобно;
- степен зависности и величина утицаја релевантних физичких, хемијских и биолошких параметара на стање и динамику различитих бактеријских заједница и врста;
- предвиђање стања на основу добијених резултата;
- најефикасније методе за рационализацију и повећање ефикасности лимнолошких истраживања у Србији, успостави адекватан мониторинг и допринесе одрживом управљању акумулацијама и језерима.

4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

Обзиром на појаву несразмере у захтевима за чистом водом и расположивим ресурсима, јавља се потреба да се развију додатне методе које би помогле у ефикасном праћењу стања и њиховом одрживом управљању. Да би се дошло до нових сазнања из ове области јавља се потреба да се детаљније искористе подаци, односно сазнања из предходних периода. Захваљујући томе што су микроорганизми релеванти индикатори квалитета воде, што су широко у употреби код стандардних и научних хидробиолошких истраживања, велики број података из те области представља значајан ресурс који се може искористити за побољшање стања вода.

У оквиру истраживања прикупљен је обиман материјал са подацима за акумулациона језера у Србији. Материјал обухвата резултате вишегодишњих хидробиолошких и микробиолошких испитивања изабраних акумулација. Подаци су унети у јединствен информациони систем. Поставка система и део унетог материјала детаљно су описани у радовима Ћомић et al. (2006), Radojević (2007a), Radojević et al. (2007b, 2008). Материјал у овом истраживању представљали су изабрани сетови података из базе података са изабраним микробиолошким параметрима (бактеријским заједницама), као и физичко-хемијским, биолошким и биохемијским параметрима.

4.1. Микробиолошки параметри

Да би се што потпуније анализирали сложени токови микробиолошких односа у воденим екосистемима какве су акумулације, за испитивање су изабрани микробиолошки (бактериолошки) индикатори стања и квалитета вода са еколошког аспекта и са санитарно-еколошког аспекта и то:

- укупан број бактерија,
- број аеробних хетеротрофа - психрофила и мезофила,
- број факултативних олиготрофа,
- заступљеност и бројност различитих физиолошких група бактерија (нитрификатори, азотофиксатори, целулолизатори, протеолизатори, амилолизатори и фосфоминерализатори),
- укупне колиформне бактерије,
- фекалне колиформне бактерије,
- бројност *Clostridium perfringens*.

Укупан број бактерија одређује се у запремини воде директним методама и један је од основа за класификацију вода, јер се на основу утврђене бројности може израчунати биомаса и приближно одредити степен органског загађења, односно квалитет воде. У новије време специфичне методе бројања укупног броја бактерија (Boulos et al., 1999) омогућавају да се

раздвоји број мртвих од метаболички активних бактерија, што није било могуће у ранијим периодима.

У исте сврхе се као чест показатељ користи и *број хетеротрофних* (сапрофитних) *бактерија* које су индикатор присуства лако разградљивих органских молекула (Ћомић, 1999). За хетеротрофе органска материја је извор угљеника, извор енергије и донор електрона па је одређивање укупног броја аеробних хетеротрофа (сапрофита) индикатор квалитета воде са аспекта њеног органског загађења (оптерећености). Висока вредност хетеротрофа указује на воду богату органским материјама подложним бактеријској разградњи. Постоје два начина гајења ове групе микроорганизама и у зависности од температуре гајења можемо издвојити хетеротрофе психрофиле (22-26°C, 2-5 дана) и хетеротрофе мезофиле (37°C, 2 дана). Хетеротрофи мезофиле посматрају се и као микроорганизми који су и потенцијално патогени (Petrović i sar., 1998).

Олиготрофне бактерије насељавају средине са врло ниским концентрацијама органских материја (Poindexter, 1981), али се као факултативни организми могу налазити и у срединама са вишим концентрацијама тих материја (Petrović i sar., 1998). Доминација ове групе бактерија карактерише воде олиготрофног типа, односно незагађене воде и воде у којима су изражени процеси аутопурификације (Ishida & Kadota, 1981, Gajin i sar., 1988).

Под појмом *физиолошке групе бактерија* најчешће се подразумева одређена група бактерија чија је заједничка особина да показују одређену физиолошку активност без обзира на њихову систематску припадност. Ради се о бактеријама које поседују екстрацелуларне ензиме за разградњу одређеног супстрата. Присуство и квантитативна заступљеност појединих физиолошких група бактерија у одређеним срединама указује на оптерећеност воде тих средина специфичним материјама, као и на могућност разградње тих материја, односно указује нам на природу микробиолошких процеса који се одвијају у тим срединама (Petrović i sar., 1998). За ово истраживање изабране су следеће физиолошке групе бактерија:

- нитрификатори - група бактерија која врши оксидацију амонијачних соли до нитрита или нитрата. Нитрификација подразумева два сукцесивна процеса - нитритација односно оксидацију NH_3^+ до NO_2^- што обављају нитритационе бактерије, а затим нитратација, односно оксидација NO_2^- до NO_3^- што обављају нитратационе бактерије. Нитрификатори су изразити аероби. По типу метаболизма су хемолитотрофни организми осетљиви на концентрацију CO_2 и рН средине.

- Азотофиксатори (несимбиотски) - група бактерија способна да се неопходним елементом азотом снабде из атмосфере, фиксирајући инертни гас азот из ваздуха.

- Целулолизатори - група бактерија способна да разлаже целулозу до глукозе или дисахарида целобиозе. Значајни су зато што у састав целулозе улази више од 50% целокупног органског угљеника биосфере, што има велики значај у кружењу угљеника као елементарног макроелемента. У аеробним условима водећа улога у разлагању целулозе припада гљивама, а целулолитске бактерије ту разградњу обављају и у аеробним и у анаеробним условима.

- Протеолизатори - група бактерија са екстрацелуларним ензимом протеазом, способна да разграђује протеинске материје.
- Амилолизатори - група бактерија која разлаже сложени угљени-хидрат скроб уз помоћ екстрацелуларног ензима амилазе.
- Фосфоминерализатори - група бактерија који су разлагачи органских једињења фосфора.

Да би се детаљније испитали односи бактеријских заједница код површинских вода, какве су акумулације, значајно је истражити и бактериолошке анализе са санитарног аспекта, као што су колиформне бактерије и *C. perfringens*. Те анализе нам показују да ли су акумулације, као и реципијентни водотоци, у контакту са фекалним материјама и у којој мери, као и да ли се ради о пролазном или перманентном извору загађења.

4.2. Остали параметри

Однос бактеријских заједница анализиран је како међусобно, тако и према другим физичко-хемијским, биолошким и биохемијским параметрима.

Просторна и временска димензија у анализама је узета у обзир кроз параметре локација, дубина, месец и година.

Физички параметри су обухватили температуру и мутноћу воде.

Од *хемијских параметара* у анализама су коришћени: количина раствореног кисеоника, рН вредност, манган (Mn)², гвожђе (Fe)³, хлориди, електропроводљивост, м алкалинитет, нитрати, нитрити, амонијак, фосфати и ХПК.

Од *биохемијских параметара* анализирани су индекс фосфатазне активности (ИФА) и биолошка (биохемијска) потрошња кисеоника (БПК₅) као показатељи органског загађења вода.

Посматрани *биолошки параметри* били су биомаса алги и хлорофил где је концентрација хлорофила *a* прихваћена као индиректни показатељ количине алгалне биомасе и интензитета примарне продукције у воденој средини, а тамо где је то било доступно и зоопланктон (групе и врсте).

4.3. Основне карактеристике изабраних акумулација и изабраних сетова података

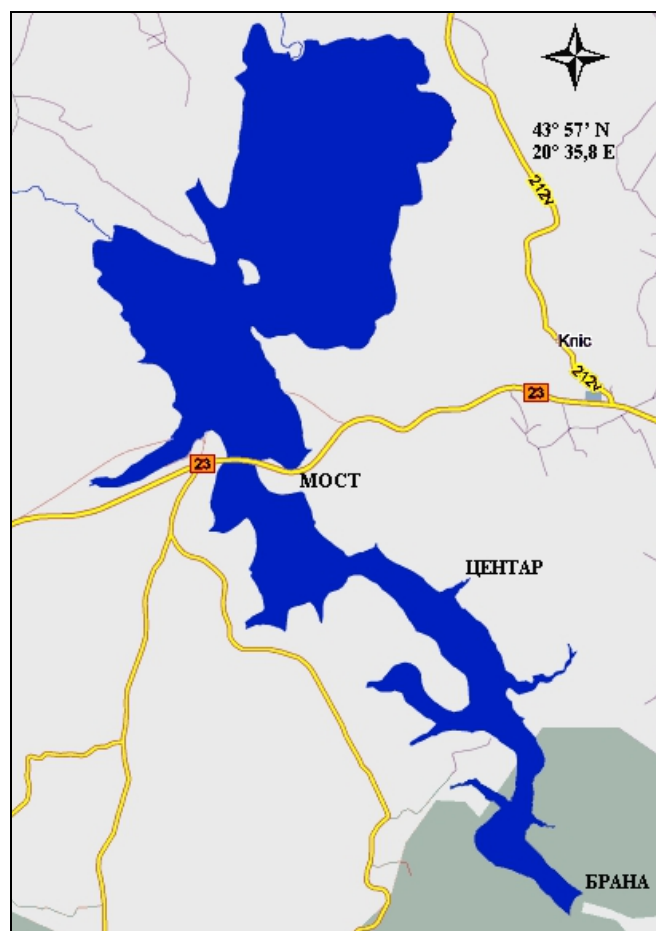
Из информационог система за анализу података изабране су три акумулације намењене за водоснабдевање: Гружа, Грошница и Бован. Акумулације су са различитим морфометријским особинама, трофичким статусом и доминантном заједницом микроорганизама. За изабране акумулације изабрани су валидни сетови података из ранијег и новијег временског периода који обухватају стандардна рутинска и шира научна хидробиолошка испитивања природне воде.

² У даљем тексту Mn

³ У даљем тексту Fe

Акумулација Гружа (Слика 1) је настала преграђивањем средњег тока реке Гружа као вишенаменска акумулација за снабдевање водом становништва и индустрије, заштита од поплава, задржавање наноса, поправљање режима малих вода на низводном потезу Груже у екстремно неповољним хидролошким ситуацијама (Ostojić, 2000).

Изградња бране је започета 1979. а формирана је потпуно 1985. године. Налази се 20 km југоисточно од Крагујевца, на 238-269 m надморске висине (Ћомић, 1989). Дужина акумулације износи око 10 km (при највишем водостају), а ширина варира од 0.2 до 1.5 km. Површина акумулације износи 934 ha, а површина њеног слива је 318 km². Површина зоне заштите, у којој се налазе и 93 домаћинства, износи 1450 ha. У читавом сливу акумулације постоји 20 насеља са 15 000 становника (Stanković, 2000).



Слика 1. Акумулација Гружа (преузето са <http://maps.google.rs>)

Укупна запремина акумулације износи $64.6 \times 10^6 \text{ m}^3$, при пуњењу до коте максималног успора. Обалска линија акумулације Гружа ситно је разуђена и лако приступачна. Дугачка је 42 km (Stanković, 2000). Средње време задржавања воде у акумулацији је 1.8 година (Milojević i sar., 1995). Протицај код бране износи $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$, што за последицу има дуго задржавање воде у пуној акумулацији које износи око 22 месеца (Milojević, 1994). При коти 269.2 m надморске

висине две трећине запремине акумулације представља плићи регион (2-9 m дубине) и, углавном, испуњава депресију Книћког поља. Овај део акумулације је окружен обрадивим земљиштем. Трећину запремине чини дубљи део у клисури Груже (15-30 m дубине), окружен шумама и пашњацима. Максимална дубина је непосредно испред бране - 31 m, а просечна дубина 6.3 m. Осцилација воде у акумулацији износи 3-5 m у зависности од годишњег доба. Акумулација, у односу на малу дубину и масу воде, има велику површину што је битан предуслов еутрофизације воде (Ostoјић et al., 2005). Акумулацију, углавном, снабдевају водом атмосферске падавине. У њу се улива директно пет мањих, десних притока и узводни део реке Груже, све са врло малим протицајима (Ћомић, 1989). Акумулација показује термалну стратификацију од краја априла до почетка октобра. За разлику од акумулације Грошница, акумулација Гружа је знатно мање угрожена засипањем наноса и према Petković & Bogdanović (1995) спада у слабије угрожене акумулације.

За анализу бактеријских заједница и врста у акумулацији Гружа изабрана су три сета података, који се односе на различите временске периоде и обухватају временску и просторну димензију. Још два сета су извучена из базе података, и они су посебно прилагођени за предвиђање стања бактеријских заједница и врста помоћу вештачких неуронских мрежа. Први сет података, назван *Гружа - сет података 1* преузет је од Ћомић (1989). У себи обједињује 95 узорковања у периоду од јуна 1988. до марта 1989. са параметрима: месец, локација, дубина, температура воде, рН, растворени кисеоник, Мп, Fe, мутноћа, нитрати, нитрити, амонијак, ортофосфати, ХПК, БПК₅, укупан број бактерија, хетеротрофи психрофили, нитрификатори, азотофиксатори и целулолизатори. Други сет података назван је *Гружа - сет података 2* и преузет је од Ћурчић (2003) и Ostoјић (2000). У себи садржи податке за 172 узорковања од августа 1997. до октобра 1998. са параметрима: месец, локација, дубина, температура воде, мутноћа, рН, растворени кисеоник, Мп, Fe, хлориди, електропроводљивост, м алкалинитет, нитрати, нитрити, амонијак, укупни фосфати, хлорофил *a*, биомаса алги, ХПК, БПК₅, ИФА, укупан број бактерија, хетеротрофи психрофили, хетеротрофи мезофили, колиформне бактерије, бројност *C. perfringens*, азотофиксатори, целулолизатори, протеолизатори, амилолизатори и фосфоминерализатори. Осим набројаних, овај сет у себи обједињује и податке о бројности укупног зоопланктона, Cladocera, Copepoda, Protozoa, Rotifera, Ciliata, као и податке о броју пронађених врста зоопланктона (*Bosmina coregoni*, *Bosmina longirostris cornuta*, *Bosmina longirostris similis*, *Brachionus angularis*, *Brachionus diversicornis diversicornis*, *Brachionus diversicornis homoceros*, *Carchesium polypinum*, *Daphnia cucullata*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Eudiaptomus gracilis*, *Flinia longiseta*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *Keratella cochlearis hispida*, *Keratella cochlearis macracantha*, *Keratella cochlearis micracantha*, *Keratella cochlearis tecta*, *Keratella quadrata*, *Keratella quadrata frenzeli*, *Lecane closterocerca*, *Leptodora kindti*, *Polyarthra dolichoptera*, *Polyarthra major*, *Synchaeta* sp., *Tintinnidium fluviatile*, *Tintinnopsis lacustris*, *Trichocerca similis*). Трећи сет података назван *Гружа - сет података 3* преузет је од Јавног Комуналног Предузећа "Водовод и канализација". У себи садржи податке

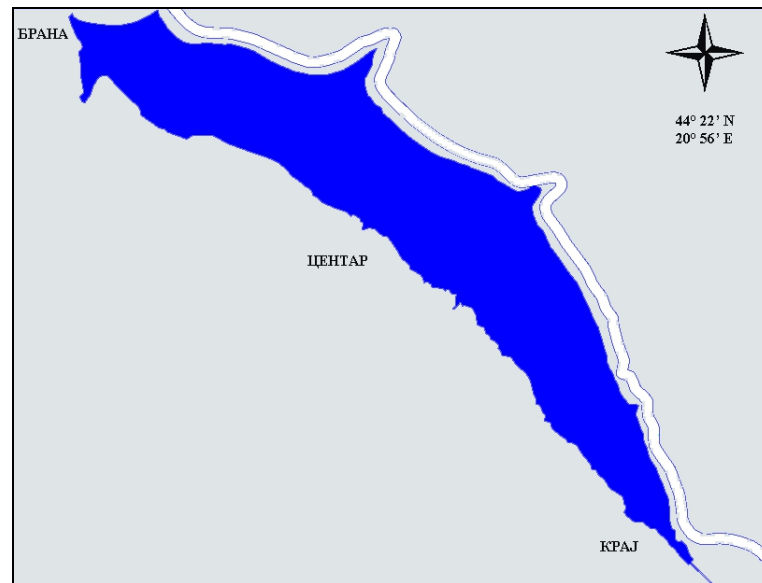
за 1181 узорковања из периода од јуна 2003. до јула 2009. са параметрима: месец, локација, дубина, температура воде, мутноћа, рН, растворени кисеоник, Мп, Fe, хлориди, електропроводљивост, м алкалинитет, укупне растворене материје, нитрати, нитрити, амонијак, ортофосфати, укупни фосфати, хлорофил *a*, биомаса алги, ХПК, БПК₅, хетеротрофи психрофили, хетеротрофи мезофили, факултативни олиготрофи, колиформне бактерије и бројност *C. perfringens*.

Четврти и пети сет података су сетови података посебно прилагођени аспекту предвиђања. *Гружа - сет података 4* у себи садржи податке за 455 узорковања из периода 1998-2008., са параметрима: температура воде, рН, растворени кисеоник, Мп, Fe, електропроводљивост, м алкалинитет, амонијак, нитрити, укупни фосфати, хлорофил *a*, ХПК, БПК₅, хетеротрофи психрофили, хетеротрофи мезофили, факултативни олиготрофи. *Гружа - сет података 5* у себи обједињује податке за 258 узорковања из периода 1997-1999., са параметрима: температура воде, рН, растворени кисеоник, Мп, Fe, хлориди, електропроводљивост, нитрати, нитрити, амонијак, укупни фосфати, хлорофил *a*, ХПК, БПК₅, ИФА, укупан број бактерија, хетеротрофи психрофили, хетеротрофи мезофили, колиформне бактерије, бројност *C. perfringens*, азотофиксатори, целулолизатори, протеолизатори, амилонизатори, фосфоминерализатори, укупан зоопланктон, Cladocera, Copepoda, Protozoa, Rotifera, Ciliata.

Акумулација Грошница (Слика 2) је настала преграђивањем Грошничке реке, десне притоке Лепенице, ради снабдевања Крагујевца и околних насеља водом. Налази се изнад села Грошница, на удаљености 10 km од Крагујевца, на надморској висини 312 m. Ова најстарија вештачка акумулација у Југославији грађена је у периоду од 1931. године до 1937., а званична евиденција о коришћењу воде води се од 1938. године (Janković, 1965). Брана овог језера је лучно-гравитационог типа, убраја се у масивне бране, а њена дужина у круни је 180 метара. Дужина Грошничког језера износи 1750 m, испред бране језеро је најуже, 130 m, док максимална ширина износи 250 m, а површина 22 ha. Првобитна запремина језера износила је $1,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Stanković, 2000). Услед засипања наносом запремина језера се смањила па је године 1962. извршена надоградња бране, тако да јој је конструктивна висина 50 m, па је тиме првобитна запремина језера повећана на $3,5 \times 10^6 \text{ m}^3$, колико и сада износи.

Језеро се снабдева водом из Грошничке реке, четири мања потока и делом од атмосферских падавина. Током године дубина језера варира у зависности од притицања воде у језеро и од потрошње воде. Првобитна дубина језера код бране износила је 26 m, а 1950. године због дебљине муља од 7 m, максимална дубина смањена на 19 m. Током истраживања (Ostojić, 2000) максимална дубина језера испред бране је била 23 m. Водостај језера у току године је различит. Наиме, повећава се током фебруара када се отапа снег до краја маја када су највеће падавине, а потом опада до краја године због повећане потрошње воде, мањих падавина и већег испаравања. Температура воде у Грошничком језеру опада са дубином.

Просечно на сваки метар дубине температура опада за 1°C. За време ниских температура у току зиме Грошничко језеро се заледи.



Слика 2 . Акумулација Грошница (преузето са <http://maps.google.rs>)

Као већина вештачких језера и Грошничка акумулација нема развијен литорални регион, по чему се разликује од многих природних језера. Ово је условљено пре свега перманентним и великим варирањем нивоа воде, а такође и стрмим нагибом страна корита које су покривене стеновитим дробинама (Janковић, 1965). Обале акумулације су са развијеним шумским заједницама. За време ниског водостаја, на горњем делу језера, на месту улива Грошничке реке, услед повлачења воде остане на сувом знатан део језерског дна, могу се запазити многе биљке издужених стабљика и полегле уз земљу.

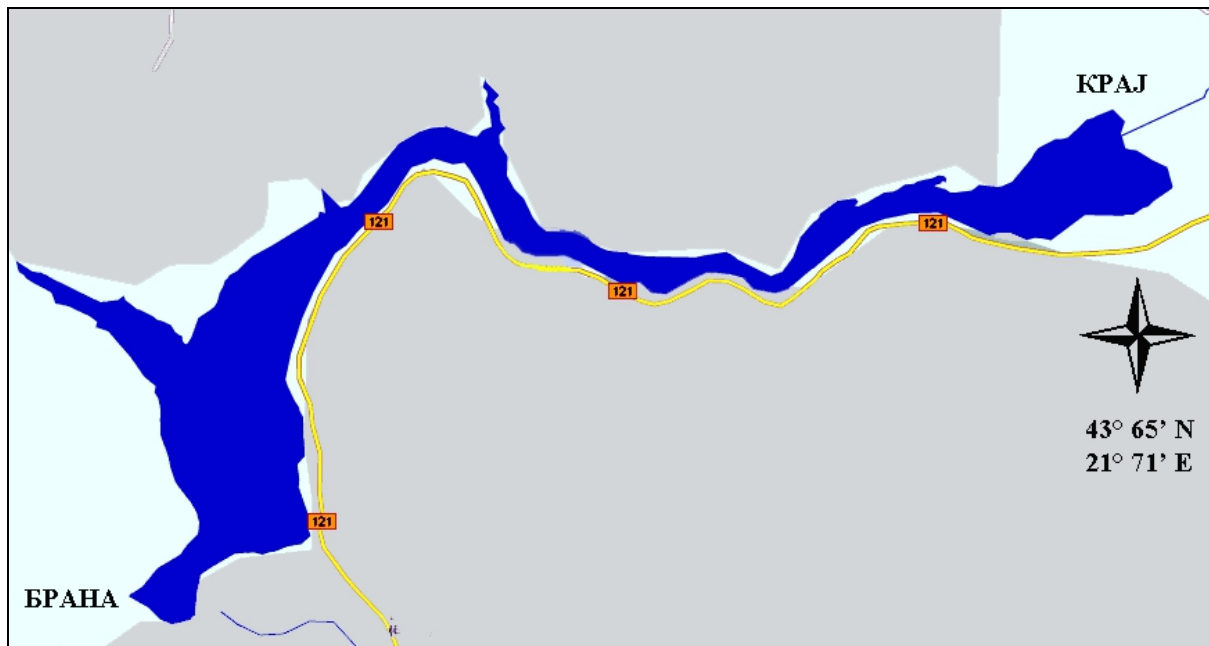
За анализу бактеријских заједница и врста у акумулацији Грошница изабрана су два сета података из различитих временских периода, са временском и просторном димензијом. За предвиђање стања уз помоћ вештачких неуронских мрежа из базе су издвојена још три сета података. Први сет података назван *Грошница - сет података 1* преузет је од Milošević (1998) и Ostojić (2000). У себи обједињује 182 узорковања у периоду од маја 1997. до октобра 1998. са параметрима: месец, локација, дубина, температура воде, рН, растворени кисеоник, Mn, Fe, хлориди, електропроводљивост, нитрати, нитрити, амонијак, укупни фосфати, хлорофил *a*, укупан хлорофил, ХПК, БПК₅, ИФА, укупан број бактерија, хетеротрофи психрофили, факултативни олиготрофи и фосфоминерализатори. Као и код Гружа сет података 2 и овај сет у себи обједињује и податке о зоопланктону са параметрима: бројност укупног зоопланктона, Cladocera, Copepoda, Protozoa, Rotifera, као и бројност пронађених врста зоопланктона (*Bosmina coregoni*, *Brachionus angularis*, *Brachionus diversicornis diversicornis*, *Brachionus diversicornis homoceros*, *Carchesium polypinum*, *Daphnia cucullata*, *Diaphanosoma*

brachyurum, *Eudiaptomus gracilis*, *Flinia longiseta*, *Gastropus stylifer*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *Keratella cochlearis hispida*, *Keratella cochlearis macracantha*, *Keratella cochlearis micracantha*, *Keratella cochlearis tecta*, *Keratella quadrata*, *Lecane closterocerca*, *Leptodora kindti*, *Polyarthra dolichoptera*, *Polyarthra vulgaris*, *Synchaeta* sp., *Tintinnidium fluviale*, *Tintinnopsis lacustris*, *Trichocerca similis*). Други сет података назван *Грошница - сет података 2* преузет је од Јавног Комуналног Предузећа "Водовод и канализација". Обједињује податке за 166 узорковања из периода од маја 2003. до јуна 2009. године са параметрима: месец, локација, дубина, температура воде, мутноћа, рН, растворени кисеоник, Mn, Fe, хлориди, електропроводљивост, м алкалинитет, нитрати, нитрити, амонијак, укупни фосфати, хлорофил *a*, биомаса алги, ХПК, БПК₅, хетеротрофи психрофили, хетеротрофи мезофили, факултативни олиготрофи, колиформне бактерије и бројност *C. perfringens*.

Трећи, четврти и пети сет података су добијени пречишћавањем података из целокупног скупа. Као и при моделирању код акумулације Гружа, они су без временске и просторне димензије, и прилагођени су за предвиђање стања изабраних бактеријских заједница. *Грошница - сет података 3* садржи податке за 304 узорковања из периода 1998-2008., са параметрима: температура воде, рН, растворени кисеоник, електропроводљивост, амонијак, нитрити, укупни фосфати, хлорофил *a*, ХПК, БПК₅, хетеротрофи психрофили, факултативни олиготрофи. *Грошница - сет података 4* садржи податке за 199 узорковања из периода 2003-2008., са параметрима: температура воде, рН, растворени кисеоник, Mn, Fe, електропроводљивост, м алкалинитет, амонијак, нитрити, укупни фосфати, хлорофил *a*, ХПК, БПК₅, хетеротрофи психрофили, хетеротрофи мезофили, факултативни олиготрофи. *Грошница - сет података 5* садржи податке за 191 узорковање из периода 1997-1998., са параметрима: температура воде, рН, растворени кисеоник, Mn, Fe, хлориди, електропроводљивост, нитрати, нитрити, амонијак, укупни фосфати, хлорофил *a*, укупан хлорофил, ХПК, БПК₅, укупан број бактерија, хетеротрофи психрофили, факултативни олиготрофи, фосфоминерализатори, укупан зоопланктон, Cladocera, Copepoda, Protozoa, Rotifera.

Акумулација Бован (Слика 3) је изграђена на реци Моравица, близу Алексинца, подизањем земљишне бране 1978. год. Пуњење акумулације завршено је 1984. Максимална дужина износи 7.5 km на коти 261.50 m надморске висине. Површина на истој коти износи 4.15 km². Просечна ширина је 550 m, а укупна запремина је 58.75 x 10⁶ m³. Максимална дубина акумулације износи 33 m на локалитету брана (Томић *i* sar., 2003). Акумулација је намењена за потребе водоснабдевања и одбране од поплава. Налази се са леве стране саобраћајног пута Алексинац - Соко Бања, а са десне стране се налазе локални путеви до викенд насеља Бован и других села, па је самим тим акумулација изложена јаким антропогеним утицајима. На месту акумулационог језера некада се налазило село Трубаревац које је у моменту формирања акумулације измештено, али тло није очишћено, тако да је вода прекрила сва материјална добра (Ђорђевић *i* sar., 1979, према Рогановић, 2009).

За анализу бактеријских заједница и врста у акумулацији Бован изабрана су два сета података. За ову акумулацију није било могуће припремити комплетне сетове података за предвиђање стање бактеријских заједница уз помоћ вештачких неуронских мрежа.



Слика 3. Акумулација Бован (преузето са <http://maps.google.rs>)

Први сет података назван *Бован - сет података 1* преузет је од Савић (2001) и обједињује податке за 150 узорковања из периода од октобра 1978. до новембра 1998. са параметрима: година, локација, рН, растворени кисеоник, Мп, хлориди, нитрати, нитрити, амонијак, БПК₅, Cu, Pb, Cd, Zn, Ni, Ag, Hg, Hg и укупне колиформне бактерије. Ово је једини сет података код кога су због великог распона у раду (обухваћено 14 година) у анализама узете у обзир године узорковања. Други сет података назван је *Бован - сет података 2* и преузет је од Рогановић (2009). Обједињује податке за 57 узорковања из периода од јуна 2005. до децембра 2006. са параметрима: месец, локација, дубина, температура воде, рН, растворени кисеоник, електропроводљивост, нитрати, нитрити, амонијак, укупни фосфати, хлорофил *a*, БПК₅, укупан број бактерија и хетеротрофи психрофили.

4.4. Информациони систем (ИС) SeLaR (Serbian Lakes and Reservoirs)

ИС SeLaR је целовит и сврсисходан информациони систем о језерима и акумулацијама у Србији. Омогућава складиштење, обраду и анализу података. Осим наведеног омогућава и релативно лак приступ и манипулацију научним подацима, нов, савремен и актуелан увид у стање језера и хидроакумулација у Србији, као и обједињено и координирано управљање подацима и добијање информација које су потребне за мониторинг, управљање и едукацију. Имплементиран је као Интернет и Интранет апликација (www.selar.pmf.kg.ac.rs). Детаљан опис

поставке система дат је у радовима Čomić et al. (2006), Radojević (2007a), Radojević et al. (2007b, 2008a,b). Систем је унапређен у правцу одређивања квалитета вода и анализе података (Stefanović et al., 2012).

ИС SeLaR осим различитих прегледа комбинованих података, представља основу за формирање структура података на којима могу директно да се примене различите методе анализе података - статистичке методе и методе DM. Циљ анализе података је да утврди зависност између ентитета, непознате односе између ентитета, правилности у динамици специфичних карактеристика и предвиђање. База података је дизајнирана тако да може да омогући и симулацију. На пример, да са аспекта микробиолошких параметара у једној акумулацији, а на основу унетих података, утврди састав и динамику заједнице микроорганизама, изврши процену степена трофичности екосистема, утврди битне утицаје на дате параметере и на основу добијених резултата предложи мере адекватне еколошке заштите ради побољшања стања екосистема, и слично.

4.4.1. Креирање информационог система

За изградњу информационог система примењен је објектни приступ уз коришћење UML-a, Unified Modelling Language (Booch et al., 1998, Naiburg & Maksimchuk, 2001). UML омогућава моделирање информационог система различите намене уз помоћ више дијаграма од којих неки дају приказ система са становишта корисника, односно дају приказ шта информациони систем треба да садржи. Дијаграм класа даје приказ класа у систему од којих се оне које се односе на ентитете реалног система могу директно трансформисати у модел података, а затим и у релациону базу података. Посебна група дијаграма приказује понашање објеката у систему. Основне компоненте ИС SeLaR јесу одржавање базе података, извештаји и анализа података.

База података као модел реалног система садржи све ентитете релевантне за реализацију постављених циљева. Ентитети су приказани у Табели 1, на пример, језера и акумулације, физичке димензије, локација, догађаји, итд. Ентитети имају својства која су садржана у бази података. У даљем излагању ова својства ће се означавати термином *параметри*, на пример физичко-хемијски параметри, микробиолошки параметри, локација, дубина итд.

Табела 1. Преглед ентитета ИС SeLaR

Назив ентитета	Опис ентитета
Екосистем	Тип екосистема (језеро или хидроакмулација)
Врсте ЈХА	Врста <i>језера и хидроакмулација</i> у односу на начин настанка (тектонско, еолско, хидроакмулација и тд).
Типови мешања воде	Подаци о типу мешања воде.
Време задржавања	Средње време које вода проведе у акумулацији.
Догађаји	Релевантни догађаји који имају утицај на језеро/акмулацију, као што су поплава, плављење ораница, цветање воде, нагло опадање нивоа воде итд.
Активности	Активности на језеру/акмулацији или у околини као што су туризам, спортске активности, риболов, саобраћај итд.
Климатске карактеристике	Температура ваздуха, воде, падавине итд.
Коришћење земљишта	Начин коришћења земљишта у околини - поља, шуме, пашњаци, воћњаци, спортски терени, пут, паркинг итд.
Популација у околини	Број насеља, број становника, густина популације итд.
Интервенције на акумулацији	Интервенције као што су додавање CuSO_4 , примена хиполимнетичке аерације итд.
Физичке димензије	Подаци о површини, запремини, максималној дубини, просечној дубини, средњој годишњој амплитуди, површини, дужини и ширини слива, батиметријска мапа језера/акмулације итд.
Пречишћавање	Санитарна заштита и пречишћавање отпадних вода.
Језеро Хидроакмулација	Основне, временски непроменљиве карактеристике језера и хидроакмулација, као што су опис, локација (географска ширина и дужина, надморска висина, географска карта), подаци о брани (висина, дужина, круна, дужина куполе, слика).
Реке и канали	Реке и канали који утичу или истичу из језера/акмулације.
Филум, Класа, Ред, Фамилија, Род, Врста, Биолошка заједница	Систематске категорије припадника забележених биолошких заједница.
Физичко-хемијски параметри	Физичко-хемијски параметри са одговарајућом јединицом мере.
Биолошки параметри	Биолошки параметри са одговарајућом јединицом мере.
Карактеристике биолошка заједница	Карактеристике које се односе на одређену биолошку заједницу.
Метода карактеристике	Методе које се примењују за појединачне карактеристике. На пример, методе за оцену квалитета воде: стандардне методе (АРНА 1985, 1995, 1998, 2005).
ЈХА КГ	Веза <i>језера/акмулације и карактеристика биолошких заједница</i> са следећом семантиком: једна карактеристика се односи на једно или више језера/акмулације и једно језеро/акмулација садржи више карактеристика.
ЈХА КГ вредности	Приказ <i>вредности карактеристика</i> које су измерене одређеног датума за микролокацију (локација на <i>језеру/акмулацији</i> , дубина). Меморисање је за више вредности једне карактеристике, нпр. вредности карактеристике воде, односе се на различите акумулације, локације у оквиру језера, датуме итд.
КГ ФХП	Веза категорије <i>биолошка заједница</i> и <i>физичко-хемијских параметара</i> са следећом семантиком: једна категорија биолошке заједнице може да садржи један или више физичко-хемијских параметара и један физичко-хемијски параметар може да се нађе у више категорија биолошке заједнице.
КГ МБП	Веза категорије <i>биолошка заједница</i> и <i>микробиолошких параметара</i> са следећом семантиком: једна категорија биолошке заједнице може да садржи један или више микробиолошких параметара и један микробиолошки параметар може да се нађе у више категорија биолошке заједнице.
Врста ЈХА	Веза ентитета <i>врста</i> и <i>језеро/хидроакмулација</i> са семантиком: једна врста се налази у једном или више језера/акмулација и једно језеро/акмулација садржи једну или више врста.
Јединице мере	Шифарник јединица мера којим се изражавају вредности свих параметара.

У оквиру алата за анализу података ова својства се називају *променљивим*. Под *објектима* се подразумевају појединачне вредности својстава (у бази података одговарају врстама у табели). Циљ креирања базе података је да се омогуће различити аспекти истраживања. Избор битних компоненти за креирање ИС SeLaR (у овом случају ентитета) базиран је на научним чињеницама које су добијене на основу досадашњих истраживања језера и акумулација, а које се односе на њихово функционисање и параметре који утичу на њих (Soranno et al., 1996, Webster et al., 1996, Soranno et al., 1999, Kling, 2000, Riera et al., 2000, Webster et al., 2000, Arbuckle & Downing, 2001, Jørgensen, 2003, Jones et al., 2004, Bruhn & Soranno, 2005, Jørgensen et al., 2005b, Martin & Soranno, 2006, Cheruvilil & Soranno, 2008, Bremingan et al., 2008). При избору ентитета водило се рачуна да су они у складу са препорукама Water Framework Directive, WFD CIS (2000/60/EC).

На једном месту, у релационој бази података су концентрисани сви потребни подаци. Једна група ових параметара односи се на физичке, климатске и топографске карактеристике околине акумулација/језера, друга на физичко-хемијске и биолошке карактеристике акумулација/језера (Fahnenstiel et al., 1995, Magnuson et al., 1997, Gergel et al., 1999, 2002, Clair et al., 2003, Elci, 2008). Важни параметри су дубина и локација у самој акумулацији/језеру (Roehl & Cook, 2010). Посматрајући важну улогу акумулација/језера са аспекта водоснабдевања у ИС SeLaR примењене су различите методе анализе и приступа квалитету воде (Wilhm & Dorris, 1968, Saether, 1979, Schlosser & Karr, 1981, Bottcher et al., 1994, Reckhow, 1994, Fahnenstiel et al., 1995, Lehmann & Lachavanne, 1999, May et al., 2008). У односу на наведено, три групе ентитета су уграђене унутар базе података: ентитети који се односе на карактеристике акумулације/језера и њихове околине, ентитети са вредностима различитих параметара (физичко-хемијски и биолошки) и израчунате вредности које представљају системе као што су квалитет воде и ентитети који се односе на систематске категорије.

База података садржи суштинске податке језера и акумулација који обезбеђују реализацију циљева информационог система. Ови подаци су структурирани и повезани тако да обезбеђују квалитетно и ефикасно одржавање (уношење нових података, измену или брисање) и једноставно добијање различитих информација у виду упита, табела или графичких приказа. То омогућава праћење релевантних параметара за управљање језерима и акумулацијама, као што су стање биљног и животињског света, стање квалитета воде кроз простор и време и слично. Примери извештаја дати су у Прилогу I. Извештај се добија упитом за одређену акумулацију, за временски период, за локацију или/и дубину, као и методу по којој се одређује квалитет воде.

Поред ових својстава, ИС SeLaR омогућава знатно напредније методе анализе података, као што су статистичке анализе и DM (Tong & Chen, 2002, Conrads & Roehl, 2006b, Soranno et al., 2008). Изграђен је посебан јединствени интерфејс који омогућава аутоматску трансформацију података из базе података у структуре података коју захтевају софтвери за

статистичку обраду и DM. То пружа јединствено радно окружење у коме се подаци уносе у систем само једном, када настану, после чега су расположиви за реализацију упита и анализу.

4.4.2. *Истраживање података*

Анализа података има за циљ утврђивање још увек непознатих веза (зависности) између атрибута ентитета, заједничких карактеристика атрибута ентитета и предвиђање понашања у будућности. Она омогућава извођење закључака и предузимање одговарајућих мера у складу са постављеним циљевима. У бази података све релевантне промене на ентитетима су регистроване по датуму и локацији што обезбеђује анализу података у временској и просторној димензији. Пре него што се приступи анализи података врши се денормализација (Han & Kamber, 2000). Денормализација се спроводи преко специјализованог корисничког интерфејса који трансформише релације из релационе базе података у структуре погодне за обраду на софтверима за анализу. За анализу података се користе специјализовани софтвери: SQL Server, Analysis Services и Excel.

Анализа података у Excel-у се спроводи на бази коришћења компоненти истраживања података у SQL Serverу 2008 (Tang & MacLennan, 2005). Подаци се из релационе базе података трансформишу у одговарајуће структуре преко специјализованог корисничког интерфејса. То значи да кориснику стоје на располагању одговарајуће структуре података које су трансформисане из базе података без икаквог његовог ангажовања. Microsoft DM нуди различите могућности за анализу података (Harts, 2008). Свака од анализа садржи следеће кораке: моделирање, реализацију модела и добијање извештаја. Моделирање обухвата одређивање својстава који улазе у модел, што зависи од циља анализе. Пре извршавања алгорита потребно је да се провере и очисте подаци и одреде параметри алгорита који се примењују. Реализација модела представља извршавање одговарајућег алгорита на моделу.

Процеси екстракције, трансформације и читавања се реализују кроз посебан интерфејс под називом Unified Dimensional Model⁴ (Mundy et al., 2011). Изградња UDM као додатног слоја над изворима података нуди јаснији модел, изолацију од различитих платформи података и различитих формата података, као и побољшане перформансе за комплексне упите и DM обраду. UDM такође омогућава да правила буду уграђена у модел, као и опцију да се дефинишу поступци у односу на резултате упита. Још једна предност овог приступа је да UDM не захтева data warehouse или data mart. Могуће је конструисати UDM директно на врху система релационе базе података над релационом базом података и комбиновати релационе базе података и системе складишта података у оквиру јединственог система UDM. UDM омогућава креирање новог приказа извора података (data source view - DSV) који се користи од стране система. DSV је апстрактни слој који се користи да прошири објекте (релационе табеле и приказе) који су у извору података у колекцији предмета из којих су настали OLAP (On-line

⁴ У даљем тексту UDM

analytical processing) серверски објекти. У оквиру приказа извора података укључени су сви релациони прикази који су коришћени за креирање OLAP кубова и DM модела. Подаци у релационој бази података се чувају у нормализованим табелама које су оптимизоване за трансакциону обраду. UDM интерфејс обавља низ активности: избор података, прорачун појединих укупних агрегираних вредности и трансформише податке тако да се могу користити у процесу DM-а. Ове форме трансформације података имају и временске и просторне димензије. Као окружење за развој софтвера коришћен је Microsoft SQL server 2008 R2 пакет: релациона база података која покреће податке у ИС SeLaR, интеграциони сервис за трансформацију и учитавање интегришу податке и сервис за анализу за ОЛАП и моделовање DM.

За реализацију постављених циљева коришћене су описне методе и методе предвиђања. Од описних метода примењене су статистичке (средина, корелација) и вишеваријантне истраживачке технике (кластер анализа, анализа утицајних фактора). Од метода предвиђања коришћене су класификација, временско предвиђање и анализа сценарија. Ове методе користе различите алгоритме: за кластер се користе различити кластер алгоритми, за класификацију се користе стабло одлучивања, логистичка регресија, naïve bayes и неуронске мреже, за временско предвиђање временске серије, за кључне утицаје naïve bayes (Harts, 2008).

4.5. Методе DM

4.5.1. Кластерованье

Кластерованье је процес груписања скупа објеката у више група или кластера, тако да објекти у оквиру кластера имају велику сличност, али се веома разликују од објеката у другим кластерима. Сличност или различитост између објеката у једном кластеру зависи од мерења (или близине). Израчунавање сличности/различитости између атрибута зависи од типа атрибута (нормални, бинарни, нумерички и редни) и базира се на удаљености између вредности атрибута или вероватноће вредности атрибута. Кластери могу да имају јаче или слабије везе. Вредности појединачних објеката (редови или n-торке) неке променљиве (колоне или атрибута) могу бити заједничке за више од једног кластера. Број ових објеката који су са заједничким вредностима одређују степен везе (сличност) између кластера. Основне технике кластерованья организоване су у следеће категорије: методе поделе (партиционисања), хијерархијске методе, методе засноване на густини и методе које се базирају на координатној мрежи (решетки). Подела организује објекте скупа у неколико ексклузивних група или кластера. Прво, из n скупа објеката, формира се k партиција, а затим се примењује итеративна релокациона техника која побољшава модел померањем објеката између партиција. Методе подела обухватају k-means, k-medoids и CLARANS (Han et al., 2010).

Алгоритам груписања у оквиру SQL server analysis нуди две методе груписања: очекивану максимизацију (Expectation Maximization - EM) и K-средину. EM кластер је метода

додељивања. Задатак методе EM груписања користи вероватоћу да утврди који објекти припадају којем кластеру. EM метод разматра звонасте криве за сваку димензију са средњом вредношћу и стандардном девијацијом. Како тачка пада под звонасту криву, тако је додељена кластеру са одређеном вероватноћом. Пошто криве за разне кластере могу да се преклапају, свака тачка може да припада у више кластера, са додељеном вероватноћом за сваки. Ова техника се сматра меким кластерованем јер омогућава кластерима да се преклапају са неодређеним ивицама. K-средина (метода поделе) додељује кластеру чланство на основу удаљености објекта од најближег центра (која се мери помоћу Еуклидовога растојања). Када су сви објекти додељени кластерима, центар кластера се помера до просека свих додељених објеката, отуда име K-средина. K је типичан назив за број кластера који се траже. Ова техника се сматра тврдим кластерованем зато што се сваком објекту додељује један и тачно један кластер (MacLennan et al., 2010). Овај кластер алгоритам обезбеђује прилагодљив оквир. Принцип прилагодљивог оквира је да појединачни подаци који вероватно неће да промене кластере могу да се компримују од података који се понављају, обезбеђујући простор за више података.

Моделирање кластера је процес у коме се врши избор варијабли и одређивање улазних параметара. Избор варијабли зависи од циља истраживања. Параметри који се користе у кластеровану су следећи:

1) The CLUSTERING METHOD parameter - Параметар методе кластерованја указује које су методе (алгоритам) коришћени за одређивање чланства кластера. Овај параметар може имати следеће вредности:

- a) Scalable EM (default);
- б) Vanilla (non-scalable) EM;
- в) Scalable K-means;
- д) Vanilla (non-scalable) K-means.

2) CLUSTER COUNT говори алгоритму колико кластера да пронађе.

3) MINIMUM CLUSTER CASES контролише када се кластер сматра празан па се одбацује и поново покреће.

4) MODELLING CARDINALITY контролише колико се различитих модела кандидата генерише током груписања.

5) STOPPING TOLERANCE користи алгоритму да одреди када је модел конвергентан.

6) SAMPLE SIZE указује на број случајева који се користе у сваком кораку прилагодљивог оквира.

7) CLUSTER SEED је случајан број који се користи за иницијализацију кластера.

8) MAXIMUM INPUT ATTRIBUTES контролише колико атрибута може бити разматрано за кластероване пре него се позове функција за аутоматски избор.

9) MAXIMUM STATES контролише колико стања може имати појединачни атрибут.

На основу искуства и опште праксе, одабране су најпогодније вредности за ове параметаре. Резултати кластеровања приказани су на различите начине који омогућавају даљу анализу и доношења одлука. То су: приказ кластер профила, приказ кластер дијаграма, приказ карактеристика кластера и приказ дискриминације кластера. Прва два приказа описују све кластере заједно, а последња два приказа се односе на одређене кластере. Преглед кластер профила приказује колону за сваки кластер у моделу и ред за сваки атрибут. Ова поставка омогућава да се лако уоче занимљиве разлике кроз простор кластера, како између кластера, тако и између атрибута, као и водоравно простирање сваког интересантног атрибута кроз све кластере. Кликком на било коју ћелију у координатној мрежи добијају се детаљи о информацијама садржаним у легенди. Кластер Дијаграм даје визуелну презентацију свих кластера, где су кластери са већим бројем објеката са сивом тамнијом бојом. Такође, дебље линије између кластера представљају чвршће везе. У приказу карактеристике кластера, атрибути се приказују са вероватноћама и сортирају у опадајућем редоследу. Атрибути са највећим вероватноћама одређују карактеристике кластера и његово име. Приказ дискриминација кластер даје поређење једног кластера са осталим кластерима или заједно, или са било којим појединачним кластером (MacLennan et al., 2010). Вероватноће добијене из процеса груписања израчунавају се као:

$$p = rc/rp,$$

где је rc број редова (објеката) у посматраном кластеру и rp је број редова у целом скупу.

4.5.2. Класификација са стаблима одлучивања

Класификација је процес проналажења скупа модела или функција који описују и разликују класе података или концепата. Ови модели се користе за предвиђање класе објекта чија је ознака непозната. Класификација обухвата два главна корака. У првом кораку се дизајнира модел заснован на познатим подацима. Ако је модел прихватљив, он се у другом кораку користи за развијање класификације нових података. Постоји неколико метода класификације које користе различите алгоритме ДМ-а: главна идеја код стабла одлучивања је да се подаци поделе рекурзивно у подскупове. Сваки улазни атрибут се оцењује да се утврди колико чисто дели податке на класе (или скупове) циљне варијабле (предвидиви атрибут). Процес оцене свих улаза се затим понавља на сваком подскупу. Када се тај рекурзивни процес заврши, формира се стабло одлучивања. Примери таквих алгоритама су ID3, C4.5, и CART и они користе различите мере за избор атрибута. Алгоритми орезивања стабла одлучивања покушавају да побољшају прецизност уклањањем грана стабла у којима се појављују неправилности у подацима (Han et al., 2010).

Поред класификације, метод стабла одлучивања може бити коришћен за регресију и процену. Стабло одлучивања у SQL server analysis services има неколико улазних параметара. Ови параметри се користе да контролишу раст и облик стабла, као и подешавања атрибута

улаза/излаза. Моделирање класификације састоји се од одређивања циљане променљиве, утицајних променљивих као и улазних параметара. Класификациони модел извлачи шаблоне да предвиди индивидуалну вредност једне променљиве која је базирана на вредностима других променљивих. Процес класификације карактерише (Gorunescu, 2011): улаз - обучавање скупа података који садржи објекте са атрибутима, од којих један представља ознаку класе, излаз - модел (класификатор) који додељује одређену ознаку сваком објекту (објекат сврстава у категорију) на основу других атрибута; класификатор се користи за предвиђање класа нових, непознатих објеката. Тестирање скупа података се такође користи за одређивање тачности модела. Интерпретација добијених резултата у овом раду дата је табеларно.

4.5.3. *Анализа кључних утицаја*

Анализа кључних утицаја омогућава да се изабере променљива (колона, параметар) која садржи жељени исход или циљне вредности, а затим да се анализирају узорци у неком скупу података да би се утврдило који фактори имају најјачи утицај на исход. На пример, ако имамо податке укупног броја бактерија у колони са вредностима у протеклој години, може се анализирати табела за одређивање параметара који имају кључне утицаје. Постоји могућност избора пар вероватних исхода, њиховог поређења, што помаже при утврђивању могућих фактора одлучивања.

Резултат анализе кључних утицаја су нове табеле података које извештавају о факторима у вези са сваким исходом и графички приказују вероватноћу односа. Табеле могу да се филтрирају од различитих фактора и исхода, па се резултати истражују на више нивоа. Ако циљна колона садржи континуиране нумеричке вредности, анализа аутоматски дели нумеричке вредности у групе. Ове групације представљају кластере предмета који имају сличне карактеристике. Међутим, нумеричке вредности нису подељене на типичним границама: на пример, извештај може да садржи групу као такву "<12.86", као и 10-19, 20-29, и тако даље.

Извештај кључних утицаја чине три ствари:

1. креирање DM структуре која складишти кључне информације о подацима;
2. креирање модела помоћу Microsoft Naïve Bayes алгоритма;
3. проблем предвиђања упита за сваки пар атрибута који је наведен је да се идентификују фактори који снажно разликују два циљана атрибута.

Алат аутоматски подешава све параметре након спроведене анализе података за одређивање оптималне поставке. Извештаји који су креирани укључују четири колоне, са следећим информацијама: колона које садрже фактор разлике, оцена вредности која је најјаче повезана са циљем, фаворизација исхода или циљна вредност коју фактор предвиђа, релативни утицај указује на снагу удружења (Han et al., 2010).

4.5.4. *Анализа сценарија*

Анализа сценарија обједињује алате *Тражени циљ* и *Шта ако*. Ови алати омогућавају да се анализира утицај промене. Сценарио *Тражени циљ* је комплементаран сценарију *Шта ако* (где *Шта ако* каже о утицају промене, *Тражени циљ* показује основни фактор који мора да се промени да се оствари жељена промена).

Код *Анализе сценарија* креирање модела чине три ствари: креирање структуре DM која складишти кључне чињенице о подацима у табели, креирање логистичке регресије модела заснованог на подацима и креирање упита предвиђања за сваку од наведених вредности.

Логистичка регресија ради са нумеричким или дискретним вредностима. Бољи резултати се могу остварити ако се за анализе изабере међусобно најутицајније колоне. Са премало колона може тешко да се добије резултат.

4.5.4.1. *Тражени циљ*

Сценарио *Тражени циљ* анализира узорке у подацима и одређује да ли је жељени исход подржан. Може се користити да да препоруке у вези акција. Када се зна жељени резултат (на пример, укупан број бактерија треба да се смањи 10%), алат *Тражени циљ* може да покаже у ком правцу други параметри (на пример, растворени кисеоник, или нитрати) треба да се промене да би се тражени сценарио имао успеха.

Постоје две опције за креирање предвиђања. Могу се анализирати сви редови у табели. Тада се пријављује успешност у проналажењу сценарија који задовољава жељени циљ. Ако је успешан, генерише препоруку која садржи тражену промену вредности. Када се све захтева за целу табелу, стварају се две нове колоне у оригиналној табели података. Нове колоне показују успех предвиђања и препоручену промену ако је могућа. Прва колона која се додаје у табелу садржи један знак за потврду у зеленом кругу (бројчано је изражен бројем 1), да покаже да циљ може бити испуњен, или је знак X у црвеном кругу (бројчано изражен бројем -1), значи да нема промена које би омогућиле циљ. Друга колона садржи препоручену промену. Ниво поверења за препоруку и њен успех су унапред одређени алгоритмом и не могу се мењати. Предвиђања могу да се покрену више пута (Han et al., 2010).

4.5.4.2. *Шта ако*

Сценарио *Шта ако* анализира узорке у подацима и оцењује ефекат промена. На пример, како се мења укупан број бактерија ако се повећају количине нитрата или смањи количина раствореног кисеоника или обрнуто. Промена се изражава као проценат или апсолутна вредност. На пример, постави се питање: ако се у акумулацији смањи количина нитрата за 5%, које би биле нове вредности за укупан број бактерија? Алат додаје предвиђене вредности као нову колону у табели података. Алат је флексибилан по броју прогноза које могу да се креирају. По завршетку иницијалне анализе, омогућава да се изабере предвиђање резултата или за све податке у табели, или тестирање једне по једне вредности. Постоје опције да се

укуца жељена вредност или да се већ постојећа вредност изрази у процентима, нпр. да се повећа за 5% (изражава се као 105%), или да се смањи за 5% (изражава се као 95% у односу на тренутну вредност). Све прогнозе могу да се дају одједном наводећи целу табелу. Алат затим ствара две нове колоне у оригиналној табели података. Колоне које се додају у табелу садрже две врсте информација: предвиђена вредност с обзиром на промене, и поверење. Поверење значи вероватноћу да су предвиђања тачна. Добијање предвиђања из оригиналне табеле података олакшава утврђивање да ли су предвиђања корисна (Han et al., 2010).

4.5.5. *Временско предвиђање*

Временско предвиђање омогућава предвиђање на основу података у Excel табели података или из других извора података. Код ове анализе опционо се виде вероватноће повезане са сваком предвиђеном вредношћу. Нпр. ако колона приказује вредности параметра по датумима, могу се предвидети вредности за будуће дане. Постоји могућност да се наведе број предвиђања који треба да се направи: нпр. пет дана, месеци или година. При завршетку рада, анализа додаје нове прогнозе и истиче нове вредности. Креира се нови радни лист назван извештај предвиђања. Он показује да ли је предвиђање креирано успешно и садржи графикон који приказује линијске трендове. Раније вредности на графикону су приказане као пуна линија, а предвиђања су приказана са испрекиданом линијом. Колоне које се предвиђају мора да садрже континуиране нумеричке податке, као што су бројчане вредности. Анализе дају предвиђања која задовољавају минимални праг вероватноће. Некада прогнозе не дају онолико временско предвиђање колико је тражено. Разлог за то је обично недовољан број података за обраду (Han et al., 2010).

4.6. Вештачка неуронска мрежа: модел и тренинг алгоритам

Вештачка неуронска мрежа, као што јој име указује, као модел користи структуру неуронске мреже и веома је моћна рачунарска техника за моделирање комплексних нелинеарних односа, посебно у ситуацијама када је облик односа између укључених варијабли непознат (Smith, 1994). Основна структура модела вештачке неуронске мреже се обично састоји из три карактеристична слоја:

1. улазни слој, где се подаци уводе у модел и врши се обрачун збира улаза,
2. скривени слој или слојеви, где се подаци обрађују, и
3. излазни слој, где су стварају резултати вештачке неуронске мреже.

Сваки слој се састоји од једног или више основних елемента који су названи неурон или чвор. Неурон је нелинеарна алгебарска функција, одређена параметрима са граничним вредностима (Dreyfus et al., 2002). Сигнал модификоване тежине преноси функције док пролази кроз неурон. Овај процес се понавља све док не достигне излазни слој (Govindaraju, 2000). Број неурона на улазу, скривеном и излазном слоју зависи од проблема. Одабир задовољавајућег броја неурона у скривеном слоју је веома важан. Ако је мали, мрежа нема

довољно степени слободе да правилно научи процес. Са друге стране, ако је број сувише велики, обука траје дуже и мрежа може да прескочи одређене податке (Karunanithi et al., 1994).

За предвиђање стања бактеријских заједница у акумулацијама коришћена је нерекурентна неуронска мрежа (feed-forward neural network, FFNN), са различитим бројем променљивих, у зависности која је бактеријска заједница моделирана. Нерекурентна неуронска мрежа (без повратних веза) има једноставну процедуру за учење, брза је и даје задовољавајуће резултате при решавању великог броја проблема. Она има интензивну употребу за предвиђање променљивих код водних ресурса (Palani et al., 2008).

4.6.1. *Нерекурентна неуронска мрежа и коришћени алгоритам*

За обучавање неуронске мреже Rumelhart et al. (1986) даје алгоритам са пропацијом грешке уназад (backpropagation algorithm, BP). Алгоритам са пропацијом грешке уназад је најчешће коришћен алгоритам учења за обуку вештачких неуронских мрежа у пракси. Овај алгоритам при градијенту грешке користи простирање уназад, помаже да се грешка дистрибуира како би се дошло да најбољег стања или минималне грешке. Након што је информација прошла кроз мрежу у правцу напред и мрежа предвиди излаз, алгоритам са пропацијом грешке уназад расподељује грешку повезану са овим излазом, назад кроз модел. Минимизирање грешке се постиже кроз неколико итерација. Један комплетан циклус је познат као 'епоха'. Сваки неурон у слоју повезан је са сваким неуроном у следећем слоју. Ове везе дају синаптичке тежине које представљају јачину везе (Govindaraju, 2000). Постоји много варијација алгоритма са пропацијом грешке уназад. У овом случају је коришћен Levenberg-Marquardt backpropagation, LMA (May et al., 2008).

4.6.2. *Критеријуми перформанси и анализа осетљивости*

Избор одговарајућег сета улазних варијабли у развоју неуронске мреже је врло важан при моделирању. У литератури су примењивани различити приступи да се установи релативна утицајност и допринос улазних варијабли за излаз у моделу (Singh et al., 2004, May et al., 2008).

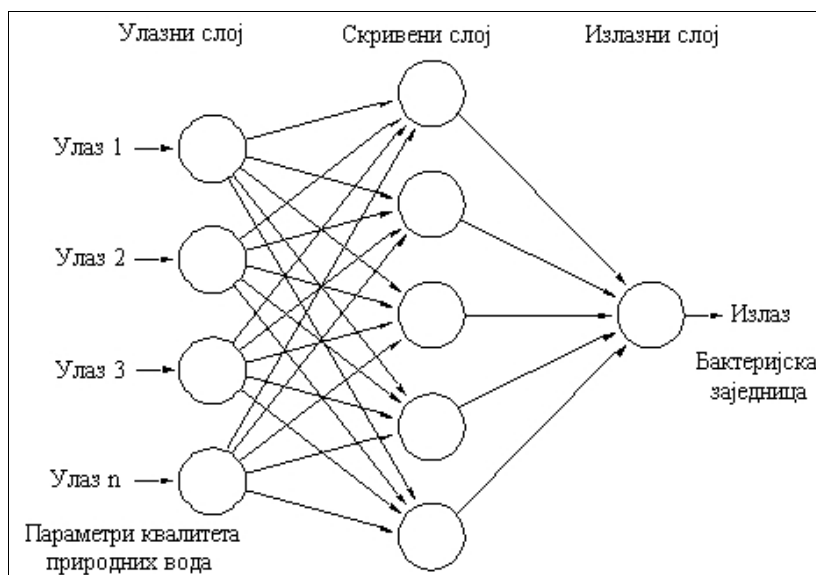
У овом раду да се установе адекватне улазне варијабле за одређени излаз, односно бактеријску заједницу, коришћени су параметри стандардних и научних хидробиолошких истраживања. Подаци добијени стандардним хидробиолошким истраживањима користе се за креирање модела који ће ефикасно предвидети динамику микробиолошких заједница (Neelakantan et al., 2001, Brion et al., 2001). На тај начин број лабораторијских микробиолошких анализа у стандардним испитивањима може бити смањен (смањивање потрошње материјала, ангажовања лабораторија итд). При креирању модела узима се у обзир и веза бактеријских заједница са другим параметрима квалитета вода, а коришћена је и анализа осетљивости (Dogan et al., 2008, 2009). Анализа осетљивости је базирана на односу процената промене између излаза и улаза где се најмање осетљив улаз идентификује и брише (Maier & Dandy, 1996). Постоје различити приступи у анализи осетљивости. Пирсонов корелациони

коэффициент је један од најчешће коришћених да се изабери одговарајући улази за вештачку неуронску мрежу. Коэффициент корелације је дефинисан као степен корелације између измерене и моделиране вредности:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{N_o} (y_i - \bar{y})(y_{mi} - \bar{y}_m)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N_o} (y_i - \bar{y})^2 \sum_{i=1}^{N_o} (y_{mi} - \bar{y}_m)^2}}$$

где y_i и y_{mi} означавају излаз мреже и мерену вредност од i -тог елемента; \bar{y} и \bar{y}_m означава њихов просек и N_o представља број посматрања.

У овом раду за имплементацију неуронских мрежа коришћен је MATLAB Neural Network Toolbox. Алгоритам дели податке у три скупа: скуп података за обучавање, валидацију и тестирање. За обучавање мреже користи се 60% података, а за валидацију и тестирање по 20%. Оптимална величина мреже (број неурона у скривеном слоју) изабрана је кад резултат даје највећи, максимални корелациони коэффициент или за обучавање мреже или за комплетан скуп података. За моделирање бактеријских заједница коришћена је двослојна вештачка неуронска мрежа приказана на Слици 4. са хиперболичном тангентном функцијом у скривеном слоју и линеарном функцијом у излазном слоју. Структура мреже за сваки добијени модел представљена је бројем улазних варијабли, бројем неурона у скривеном слоју и излазном варијаблом.



Слика 4. Нерекурентна неуронска мрежа са једним скривеним слојем

5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

5.1. ОСНОВНИ СТАТИСТИЧКИ ПРЕГЛЕД И КРЕИРАНИ МОДЕЛИ

Анализа података и реализација конструисаних модела урађени су на напред објашњеним сетовима података. **Основни статистички преглед** коришћених параметара (број података, минимум, максимум, средња вредност) за сваки сет података дати су у Табелама 2-13. Испод табела наведени су **креирани модели**, као и за које су анализе они коришћени.

Гружа - сет података 1, конструисан је модел Гсп1 за кластер анализу, са улазима (Табела 2): месец, локација, дубина, температура воде, мутноћа, рН, растворени кисеоник, Мп, Fe, нитрати, нитрити, амонијак, ортофосфати, ХПК, БПК₅, укупан број бактерија, хетеротрофи психрофили, нитрификатори, азотофиксатори, целулолизатори. Овај сет података је послужио за израду модела анализе утицајних параметара и анализе сценарија при чему се излаз модела мењао у зависности од циља анализе, а улази се смањивали само за параметар који је постајао излаз, односно циљ анализе. У даљем тексту при интерпретирању резултата анализа утицајних параметара и анализа сценарија било које бактеријске заједнице, за употребљени модел користиће се израз варијације модела Гсп1.

Табела 2. Основне карактеристике Гружа - сет података 1.

Параметар	Јединица мере	Укупан број података	Минимум	Максимум	Средња вредност
месец	-	95	3	11	7
локација	-	95	9	35	15
дубина	m	95	1	27	11
температура воде	°C	50	3	26.5	12.79
мутноћа	° SI skale	73	5	50	18.9
рН	-	71	7.1	8.21	7.41
растворени кисеоник	mg/cm ³	73	1.28	13.45	6.93
Мп	mg/cm ³	54	0.01	2.85	0.35
Fe	mg/cm ³	54	0.02	3	0.2
нитрати	mg/cm ³	75	0	4.5	1.25
нитрити	mg/cm ³	75	0	0.07	0.01
амонијак	mg/cm ³	74	0	3.1	0.23
ортофосфати	mg/cm ³	73	0	2.4	0.15
ХПК	mg/cm ³	74	7.94	25.9	19.27
БПК ₅	mg/cm ³	57	0.1	6.18	2.15
укупан број бактерија	bakt/cm ³	49	200934	1248889	499821
хетеротрофи психрофили	cfu/cm ³	73	1098	711538	22941
нитрификатори	cfu/cm ³	71	0	140	6.42
азотофиксатори	cfu/cm ³	68	0	93.6	32.1
целулолизатори	cfu/cm ³	60	0	74.3	16.62

За *Гружа - сет података 2* постоји већи број параметара (погледати Материјал и методе). Он у себи обједињује и податке за зоопланктон (групе и врсте), тако да су због разноврсности параметара направљена два модела. Креирани су модел Гсп2а и модел Гсп2б за кластер анализу.

Улази за модел Гсп2а су (Табела 3): месец, локација, дубина, температура воде, мутноћа, рН, растворени кисеоник, Мп, Fe, хлориди, електропроводљивост, м алкалинитет, нитрати, нитрити, амонијак, укупни фосфати, хлорофил *a*, биомаса алги, ХПК, БПК₅, ИФА, укупан број бактерија, хетеротрофи психрофили, хетеротрофи мезофили, укупне колиформне бактерије, азотофиксатори, целулолизатори, протеолизатори, амилолизатори, фосфоминерализатори, укупан зоопланктон, Cladocera, Copepoda, Protozoa, Rotifera и Ciliata.

Улази за модел Гсп2б су (Табела 3): месец, локација, дубина, температура воде, мутноћа, рН, растворени кисеоник, Мп, Fe, хлориди, електропроводљивост, м алкалинитет, нитрати, нитрити, амонијак, укупни фосфати, хлорофил *a*, биомаса алги, ХПК, БПК₅, ИФА, укупан број бактерија, хетеротрофи психрофили, хетеротрофи мезофили, укупне колиформне бактерије, азотофиксатори, целулолизатори, протеолизатори, амилолизатори, фосфоминерализатори, укупан зоопланктон, Cladocera, Copepoda, Protozoa, Rotifera, Ciliata, *Bosmina coregoni*, *Bosmina longirostris cornuta*, *Bosmina longirostris similis*, *Brachionus angularis*, *Daphnia cucullata*, *Eudiaptomus gracilis*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *Keratella cochlearis micracantha*, *Keratella cochlearis tecta*, *Keratella quadrata frenzeli*, *Polyarthra dolichoptera*, *Polyarthra major*, *Tintinnidium fluviatile* и *Tintinnopsis lacustris*.

За класификацију, анализу кључних параметара и анализу сценарија коришћен је у првом случају модел Гсп2а односно његове варијације где се излаз мења у зависности од циља анализе, док се улази смањују само за параметар који постаје излаз, односно циљ анализе. У даљем тексту при интерпретирању резултата анализа утицајних параметара и анализа сценарија било које бактеријске заједнице, за употребљени модел овог сета података биће коришћен израз варијације модела Гсп2а.

У другом случају креиран је и модел Гсп2ц где се излаз такође мења у зависности од циља анализе, док се улази смањују само за параметар који постаје излаз, односно циљ анализе. Улаз у овом моделу су (Табела 3): месец, локација, дубина, температура воде, мутноћа, рН, растворени кисеоник, Мп, Fe, хлориди, електропроводљивост, м алкалинитет, нитрати, нитрити, амонијак, укупни фосфати, хлорофил *a*, биомаса алги, ХПК, БПК₅, ИФА, укупан број бактерија, хетеротрофи психрофили, хетеротрофи мезофили, укупне колиформне бактерије, азотофиксатори, целулолизатори, протеолизатори, амилолизатори, фосфоминерализатори, укупан зоопланктон, Cladocera, Copepoda, Protozoa, Rotifera, Ciliata, *Bosmina coregoni*, *Bosmina longirostris cornuta*, *Bosmina longirostris similis*, *Brachionus angularis*, *Brachionus diversicornis diversicornis*, *Brachionus diversicornis homoceros*, *Carchesium polypinum*, *Daphnia cucullata*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Eudiaptomus gracilis*, *Flinia longiseta*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *Keratella cochlearis hispida*, *Keratella cochlearis macracantha*, *Keratella cochlearis micracantha*, *Keratella cochlearis tecta*, *Keratella quadrata*, *Keratella quadrata frenzeli*, *Lecane closterocerca*, *Leptodora kindti*, *Polyarthra dolichoptera*, *Polyarthra major*, *Synchaeta* sp., *Tintinnidium fluviatile*, *Tintinnopsis lacustris* и *Trichocerca similis*. У даљем тексту при интерпретирању резултата анализа утицајних параметара и анализа сценарија било које

бактеријске заједнице, за употребљени модел овог сета података, користиће се израз варијације модела Гсп2ц.

Табела 3. Основне карактеристике Гружа - сет података 2

Параметар	Јединица мере	Укупан			Средња вредност
		број података	Минимум	Максимум	
месец	-	172	1	12	7
локација	-	172	9	12	10
дубина	m	172	3	24	12
температура воде	°C	137	3.1	28.5	14.26
pH	-	136	7.13	8.76	7.78
растворени кисеоник	mg/cm ³	107	0.2	14.5	5.36
Mn	mg/cm ³	137	0	9.6	0.39
Fe	mg/cm ³	124	0	0.69	0.06
хлориди	mg/cm ³	137	1.3	13.3	10.33
електропроводљивост	µS/cm	136	254	414	345.19
м алкалинитет	cm ³ /dm ³	63	19	40	31.88
нитрати	mg/cm ³	120	0	6.8	0.45
нитрити	mg/cm ³	136	0	0.07	0.01
амонијак	mg/cm ³	136	0.01	6.8	0.29
укупни фосфати	mg/cm ³	101	0	0.56	0.07
мутноћа	NTU	49	10	40	26.77
хлорофил <i>a</i>	mg/m ³	59	19.16	99.16	29.23
биомаса алги	mg/m ³	58	1283.72	6643.72	1949.91
ХПК	mg/cm ³	136	16.4	36.3	23.20
БПК ₅	mg/cm ³	88	0.16	8.87	2.29
ИФА	µmol/s/dm ³	60	0.08	5.06	1.82
укупан број бактерија	bakt/cm ³	124	0.17	1147886	404803
хетеротрофи психрофили	cfu/cm ³	124	123	5843	1099
хетеротрофи мезофили	cfu/cm ³	124	53	2173	316
укупне колиформне бактерије	MPN/100cm ³	135	0	24000	791
<i>C. perfringens</i>	N°/dm ³	104	30	40000	7670
азотофиксатори	cfu/cm ³	136	4	1500	207
целулолизатори	cfu/cm ³	136	0	250	19
протеолизатори	cfu/cm ³	136	9	4800	550
амилолизатори	cfu/cm ³	135	10	5800	515
фосфоминерализатори	cfu/cm ³	136	2	1177	250
укупан зоопланктон	ind/dm ³	165	42	11538	1561
Cladocera	ind/dm ³	162	0	1926	231
Copepoda	ind/dm ³	164	0	2493	295
Protozoa	ind/dm ³	165	0	6507	344
Rotifera	ind/dm ³	162	5	8892	718
Ciliata	ind/dm ³	162	0	1461	51
<i>Bosmina coregoni</i>	ind/dm ³	144	0	588	37
<i>B. longirostris cornuta</i>	ind/dm ³	165	0	1302	86
<i>B. longirostris similis</i>	ind/dm ³	161	0	198	21
<i>Brachionus angularis</i>	ind/dm ³	119	0	138	8
<i>B. diversicornis homoceros</i>	ind/dm ³	63	0	126	11
<i>B. diversicornis diversicornis</i>	ind/dm ³	62	0	1356	110
<i>Carchesium polypinum</i>	ind/dm ³	43	0	1176	89
<i>Daphnia cucullata</i>	ind/dm ³	154	0	696	45
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	ind/dm ³	85	0	150	7
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	ind/dm ³	151	0	90	9
<i>Flinia longiseta</i>	ind/dm ³	75	0	9	1
<i>Kellicottia longispina</i>	ind/dm ³	125	0	198	6
<i>Keratella cochlearis</i>	ind/dm ³	165	0	330	35

Табела 3. Наставак

Параметар	Јединица мере	Укупан број података	Минимум	Максимум	Средња вредност
<i>K. cochlearis hispida</i>	ind/dm ³	104	0	72	5
<i>K. cochlearis macracantha</i>	ind/dm ³	53	0	90	13
<i>K. cochlearis micracantha</i>	ind/dm ³	143	0	198	22
<i>K. cochlearis tecta</i>	ind/dm ³	155	0	6696	260
<i>K. quadrata</i>	ind/dm ³	57	0	18	3
<i>K. quadrata frenzeli</i>	ind/dm ³	112	0	42	4
<i>Lecane closterocerca</i>	ind/dm ³	54	0	21	3
<i>Leptodora kindti</i>	ind/dm ³	64	0	24	1
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	ind/dm ³	164	0	1599	130
<i>P. major</i>	ind/dm ³	140	0	1002	59
<i>Synchaeta</i> sp.	ind/dm ³	33	0	165	19
<i>Tintinnidium fluviatile</i>	ind/dm ³	112	0	350	31
<i>Tintinnopsis lacustris</i>	ind/dm ³	165	0	5833	166
<i>Trichocerca similis</i>	ind/dm ³	37	0	12	1

За Гружа - сет података 3, конструисан је модел Гсп3 за кластер анализу, са улазима (Табела 4): месец, локација, дубина, температура воде, рН, растворени кисеоник, Mn, Fe, хлориди, електропроводљивост, м алкалинитет, мутноћа, укупне растворене материје, нитрати, нитрити, амонијак, ортофосфати, укупни фосфати, хлорофил *a*, биомаса алги, ХПК, БПК₅, хетеротрофи психрофили, хетеротрофи мезофили, факултативни олиготрофи и укупне колиформне бактерије. Овај модел је за Гружа - сет података 3 послужио за израду модела и код анализе утицајних параметара и анализе сценарија при чему се излаз модела мењао у зависности од циља анализе, а улази се смањивали само за параметар који је постајао излаз, односно циљ анализе. У даљем тексту при интерпретирању резултата анализа утицајних параметара и анализа сценарија било које бактеријске заједнице, за употребљени модел користиће се израз варијације модела Гсп3.

Табела 4. Основне карактеристике Гружа - сет података 3

Параметар	Јединица мере	Укупан број података	Минимум	Максимум	Средња вредност
месец	-	1181	1	12	7
локација	-	1181	1	32	16
дубина	m	1181	2	27	20
температура воде	°C	832	0.2	30.5	14.40
мутноћа	NTU	837	0.09	63.51	7.15
pH	-	841	6.88	9.32	8.01
растворени кисеоник	mg/dm ³	824	0.2	19.02	8.27
Mn	mg/dm ³	840	0	4.56	0.20
Fe	mg/dm ³	821	0	5.1	0.11
хлориди	mg/dm ³	844	3.2	39.1	11.65
електропроводљивост	µS/cm	756	110	905	371.33
м алкалинитет	cm ³ /dm ³	539	2	76	31.07
нитрати	mg/dm ³	794	0	17.76	2.32
нитрити	mg/dm ³	821	0	0.9	0.03
амонијак	mg/dm ³	837	0	21.2	0.30
ортофосфати	mg/dm ³	560	0	1.2	0.05
укупни фосфати	mg/dm ³	688	0	6	0.10
суспендоване материје	mg/dm ³	191	5	80	14.25
хлорофил <i>a</i>	mg/m ³	604	0.034	6612	21.04
биомаса алги	mg/m ³	601	0	443004	1363.45
ХПК	mg/dm ³	844	6.6	76.2	17.25
БПК ₅	mg/dm ³	799	0	16.68	2.36
хетеротрофи	cfu/cm ³	963	10	57500	2796
хетеротрофи мезофили	cfu/cm ³	963	9	29400	693
факултативни олиготрофи	cfu/cm ³	962	9	63500	2507
укупне колиформне бактерије	MPN/100 cm ³	963	0	400000	4645
<i>C. perfringens</i>	N°/dm ³	358	0	40000	429

За акумулацију Грошница у називима конструисаних модела користи се почетно слово В од старог назива Водојажа због разликовања од модела код акумулације Гружа. За акумулацију *Грошница - сет података 1* креирани су модел Всп1а и модел Всп1б за кластер анализу. Улази за модел Всп1а су (Табела 5): месец, локација, дубина, температура воде, pH, растворени кисеоник, Mn, Fe, хлориди, електропроводљивост, нитрати, нитрити, амонијак, укупни фосфати, хлорофил *a*, укупан хлорофил, ХПК, БПК₅, ИФА, укупан број бактерија, хетеротрофи психрофили, факултативни олиготрофи, фосфоминерализатори, укупан зоопланктон, Cladocera, Copepoda, Protozoa, Rotifera. Улази за модел Всп1б су (Табела 5): месец, локација, дубина, температура воде, pH, растворени кисеоник, Mn, Fe, хлориди, електропроводљивост, нитрати, нитрити, амонијак, укупни фосфати, хлорофил *a*, укупан хлорофил, ХПК, БПК₅, ИФА, укупан број бактерија, хетеротрофи психрофили, факултативни олиготрофи, фосфоминерализатори, укупан зоопланктон, Cladocera, Copepoda, Protozoa, Rotifera, *Bosmina coregoni*, *Daphnia cucullata*, *Eudiaptomus gracilis*, *Gastropus stylifer*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *K. cochlearis hispida*, *K. cochlearis tecta*, *Polyarthra dolichoptera*, *Tintinnidium fluviatile* и *Tintinnopsis lacustris*.

За класификацију, анализу кључних параметара и анализу сценарија коришћен је у првом случају модел Всп1а, односно његове варијације где се излаз мења у зависности од циља анализе, док се улази смањују само за параметар који постаје излаз, односно циљ анализе. У

даљем тексту при интерпретирању резултата анализа утицајних параметара и анализа сценарија било које бактеријске заједнице, за употребљени модел овог сета података користиће се израз варијације модела Всп1а.

У другом случају креиран је и модел Всп1ц где се излаз такође мења у зависности од циља анализе, док се улази смањују само за параметар који је постаје излаз, односно циљ анализе. Улаз у овом моделу су (Табела 5): месец, локација, дубина, температура воде, рН, растворени кисеоник, Мп, Fe, хлориди, електропроводљивост, нитрати, нитрити, амонијак, укупни фосфати, хлорофил *a*, укупан хлорофил, ХПК, БПК₅, ИФА, хетеротрофи психрофили, факултативни олиготрофи, фосфоминерализатори, укупан зоопланктон, Cladocera, Copepoda, Protozoa, Rotifera, *Bosmina coregoni*, *Brachionus angularis*, *B. diversicornis diversicornis*, *B. diversicornis homoceros*, *Carchesium polypinum*, *Daphnia cucullata*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Eudiaptomus gracilis*, *Flinia longiseta*, *Gastropus stylifer*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *K. cochlearis hispida*, *K. cochlearis macracantha*, *K. cochlearis micracantha*, *K. cochlearis tecta*, *K. quadrata*, *Lecane closterocerca*, *Leptodora kindti*, *Polyarthra dolichoptera*, *P. vulgaris*, *Synchaeta* sp, *Tintinnidium fluviatile*, *Tintinnopsis lacustris* и *Trichocerca similis*. У даљем тексту при интерпретирању резултата анализа утицајних параметара и анализа сценарија било које бактеријске заједнице, за употребљени модел овог сета података биће коришћен израз варијације модела Всп1ц.

За акумулацију *Грошница - сет података 2*, конструисан је модел Всп2 за кластер анализу, са улазима (Табела 6): месец, локација, дубина, температура воде, рН, растворени кисеоник, Мп, Fe, хлориди, електропроводљивост, м алкалинитет, мутноћа нитрати, нитрити, амонијак, укупни фосфати, хлорофил *a*, биомаса алги, ХПК, БПК₅, хетеротрофи психрофили, хетеротрофи мезофили, факултативни олиготрофи и укупне колиформне бактерије. Овај модел је послужио за израду модела и код анализе утицајних параметара и анализе сценарија при чему се излаз модела мењао у зависности од циља анализе, а улази се смањивали само за параметар који је постајао излаз, односно циљ анализе. У даљем тексту при интерпретирању резултата анализа утицајних параметара и анализа сценарија било које бактеријске заједнице, за употребљени модел користиће се израз варијације модела Всп2.

Табела 5. Основне карактеристике Грошница - сет података 1

Параметар	Јединица мере	Укупан број података	Минимум	Максимум	Средња вредност
месец	-	182	1	11	7
локација	-	182	3	5	4
дубина	m	182	3	20	10
температура воде	°C	171	3.3	27.3	14.41
pH	-	143	6.7	8.6	8.09
растворени кисеоник	mg/dm ³	118	0.79	13	7.89
Mn	mg/dm ³	115	0	1.18	0.05
Fe	mg/dm ³	89	0	0.13	0.01
хлориди	mg/dm ³	108	3.2	8.8	5.81
електропроводљивост	μS/cm	124	315	495	406
нитрати	mg/dm ³	100	0	1.1	0.43
нитрити	mg/dm ³	136	0	0.25	0.01
амонијак	mg/dm ³	111	0	3.5	0.29
укупни фосфати	mg/dm ³	113	0	0.35	0.03
хлорофил <i>a</i>	mg/m ³	116	1.54	10.455	4
укупан хлорофил	mg/dm ³	126	0.03	0.21	0.10
XПК	mg/dm ³	122	6.3	31.2	10.58
БПК ₅	mg/dm ³	104	0.11	5.31	2.02
ИФА	μmolNP/s/dm ³	43	0.29	6.68	2.54
укупан број бактерија	bakt/cm ³	154	1032000	14938000	4391909
хетеротрофи	cfu/cm ³	145	11	1805.33	381
факултативни олиготрофи	cfu/cm ³	154	0.33	2474.67	572
фосфоминерализатори	cfu/cm ³	57	0.33	438.33	74
укупан зоопланктон	ind/dm ³	119	9	5900	959
Cladocera	ind/dm ³	175	0	689	61
Copepoda	ind/dm ³	177	0	831	79
Protozoa	ind/dm ³	176	2	1044	181
Rotifera	ind/dm ³	150	6	4207	786
<i>Bosmina coregoni</i>	ind/dm ³	110	0	32	1
<i>Brachionus angularis</i>	ind/dm ³	20	0	4	1
<i>B. diversicornis diversicornis</i>	ind/dm ³	15	0	144	27
<i>B. diversicornis homoceros</i>	ind/dm ³	7	18	146	68
<i>Carchesium polypinum</i>	ind/dm ³	47	0	165	7
<i>Daphnia cucullata</i>	ind/dm ³	172	0	582	43
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	ind/dm ³	88	0	456	20
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	ind/dm ³	173	0	294	10
<i>Flinia longiseta</i>	ind/dm ³	97	0	84	8
<i>Gastropus stylifer</i>	ind/dm ³	116	0	264	26
<i>Kellicottia longispina</i>	ind/dm ³	163	0	3006	174
<i>Keratella cochlearis</i>	ind/dm ³	175	0	696	109
<i>K. cochlearis hispida</i>	ind/dm ³	125	0	650	66
<i>K. cochlearis macracantha</i>	ind/dm ³	70	0	492	63
<i>K. cochlearis micracantha</i>	ind/dm ³	47	0	51	5
<i>K. cochlearis tecta</i>	ind/dm ³	120	0	288	14
<i>K. quadrata</i>	ind/dm ³	107	0	116	3
<i>Lecane closterocerca</i>	ind/dm ³	58	0	6	1
<i>Leptodora kindti</i>	ind/dm ³	81	0	6	1
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	ind/dm ³	166	0	2391	61
<i>Synchaeta</i> sp.	ind/dm ³	17	0	20	3
<i>Tintinnidium fluviatile</i>	ind/dm ³	176	0	642	66
<i>Tintinnopsis lacustris</i>	ind/dm ³	175	0	453	13
<i>Trichocerca similis</i>	ind/dm ³	108	0	456	49

Табела 6. Основне карактеристике Грошница - сет података 2

Параметар	Јединица мере	Укупан број података	Минимум	Максимум	Средња вредност
месец	-	166	3	11	7
локација	-	166	1	6	3
дубина	m	166	3	27	10
температура воде	°C	164	6.3	27.3	15.94
мутноћа	NTU	166	1	63	5
pH	-	166	7.34	8.57	8.07
растворени кисеоник	mg/dm ³	139	0.47	14.48	7.79
Mn	mg/dm ³	165	0	1.44	0.11
Fe	mg/dm ³	166	0	0.24	0.02
хлориди	mg/dm ³	166	3.2	8.8	5.33
електропроводљивост	µS/cm	155	313	530	381.08
m алкалинитет	cm ³ /dm ³	136	0.8	45.5	26.25
нитрати	mg/dm ³	156	0	6.72	1.60
нитрити	mg/dm ³	166	0	0.317	0.03
амонијак	mg/dm ³	166	0	2	0.17
укупни фосфати	mg/dm ³	143	0	0.09	0.02
хлорофил <i>a</i>	mg/m ³	126	0.198	21.14	2.69
биомаса алги	mg/m ³	138	13.26	606.2	165.03
ХПК	mg/dm ³	166	5.4	15.1	8.87
БПК ₅	mg/dm ³	158	0.06	4.34	1.58
хетеротрофи	cfu/cm ³	165	10	11600	781
хетеротрофи мезофили	cfu/cm ³	165	4	1260	181
факултативни олиготрофи	cfu/cm ³	165	4	12360	909
укупне колиформне бактерије	MPN/100 cm ³	163	0	24000	914
<i>C. perfringens</i>	N°/dm ³	166	0	1600	101

За Бован - сет података 1 конструисан је модел Бсп1 за кластер анализу, са улазима (Табела 7): године, локација, pH, растворени кисеоник, Mn, хлориди, нитрати, нитрити, амонијак, БПК₅, Cu, Pb, Cd, Zn, Ag, Hg, Hr, укупне колиформне бактерије. Овај модел је за Бован-сет података 1, послужио за израду модела и код анализе утицајних параметара и анализе сценарија, при чему се излаз модела мењао у зависности од циља анализе, а улази се смањивали само за параметар који је постајао излаз, односно циљ анализе. У даљем тексту при интерпретирању резултата анализа утицајних параметара и анализа сценарија било које бактеријске заједнице, за употребљени модел, користиће се израз варијације модела Бсп1.

За Бован - сет података 2 конструисан је модел Бсп2 за кластер анализу, са улазима (Табела 8): месец, дубина, температура воде, pH, растворени кисеоник, електропроводљивост, нитрати, нитрити, амонијак, укупни фосфати, БПК₅, хлорофил *a*, укупан број бактерија, хетеротрофи. Овај модел је за Бован-сет података 2 послужио за израду модела и код анализе утицајних параметара и анализе сценарија при чему се излаз модела мењао у зависности од циља анализе, а улази се смањивали само за параметар који је постајао излаз, односно циљ анализе. У даљем тексту при интерпретирању резултата анализа утицајних параметара и анализа сценарија било које бактеријске заједнице, за употребљени модел користиће се израз варијације модела Бсп2.

Табела 7. Основне карактеристике Бован - сет података 1

Параметар	Јединица мере	Укупан број података	Минимум	Максимум	Средња вредност
месец	-	150	1	12	7
локација	-	150	1	3	2
pH	-	150	6.3	8.6	7.73
растворени кисеоник	mg/dm ³	149	2.8	14.3	9.48
Mn	mg/dm ³	122	0	0.2	0.03
хлориди	mg/dm ³	149	2	30	11.47
нитрати	mg/dm ³	149	0.3	14.95	2.58
нитрити	mg/dm ³	149	0	1.4	0.03
амонијак	mg/dm ³	150	0	1.55	0.27
БПК ₅	mg/dm ³	150	0.2	8.8	2.07
Cu	mg/dm ³	122	0	0.09	0.01
Pb	mg/dm ³	122	0	0.11	0.01
Cd	mg/dm ³	122	0	0.03	0.002
Zn	mg/dm ³	122	0	0.17	0.03
Ni	mg/dm ³	24	0	0.015	0.002
Ag	mg/dm ³	122	0	0.008	0.0002
Hg	mg/dm ³	120	0	0.009	0.0003
Hr	mg/dm ³	119	0	0.103	0.013
укупне колиформне бактерије	MPN/100 cm ³	98	0	2 400 000	425 433

Табела 8. Основне карактеристике Бован - сет података 2

Параметар	Јединица мере	Укупан број података	Минимум	Максимум	Средња вредност
месец	-	57	1	12	7
локација	-	57	1	1	1
дубина	m	57	3	24	13
температура воде	°C	57	4.2	24	10.63
pH	-	57	6.9	7.95	7.42
растворени кисеоник	mg/dm ³	57	0.9	11.5	6.98
електропроводљивост	μS/cm	57	377	491	444.70
нитрати	mg/dm ³	57	0.2	4.9	2.32
нитрити	mg/dm ³	57	0	0.4	0.05
амонијак	mg/dm ³	57	0	1.25	0.21
укупни фосфати	mg/dm ³	57	0.006	0.69	0.10
хлорофил <i>a</i>	mg/m ³	18	9.03	32.8	19.22
БПК ₅	mg/dm ³	57	0.1	3.5	1.52
укупан број бактерија	bakt/cm ³	57	1 350 000	6 150 000	3 475 790
хетеротрофи	cfu/cm ³	57	1430	17200	6761

За сваку бактеријску заједницу тражен је степен корелације са другим заједницама и физичким, хемијским, биолошким и биохемијским параметрима за сваки сет података. Значајан степен позитивне корелације постоји између хетеротрофа психрофила и факултативних олиготрофа у акумулацији Гружа - сет података 3 (0.87) и у акумулацији Грошница - сет података 2 (0.96). Између истих бактеријских заједница јавља се и нижа позитивна корелација (0.63) у акумулацији Грошница - сет података 1. Значајан степен позитивне корелације јавља се између хетеротрофа психрофила и хетеротрофа мезофила у акумулацији Гружа - сет података 2 (0.82), као и нижа корелација између протеолизатора и

амилолизатора (0.68). Нису пронађене значајније позитивне корелације код акумулације Гружа - сет података 1 и акумулације Бован - сет података 1 и 2.

За предвиђање стања бактеријских заједница помоћу вештачких неуронских мрежа коришћени су подаци из ИС SeLaR. За ово моделирање били су неопходни сетови података без недостајућих вредности, а ипак у довољном броју за обучавање, проверу и тестирање мреже. За акумулацију Гружа и Грошница постојала је могућност пречишћавања података и добијања валидних сетова за ове потребе. Прво су избачени редови са недостајућим вредностима за бактеријске заједнице и врсте. Када је то завршено поступно су избачени и редови са недостајућим вредностима других параметара. Као резултат таквог пречишћавања добијена су два сета података за акумулацију Гружа и три сета података за акумулацију Грошница. Сетови података су са различитим бројем параметара и немају временску и просторну димензију, јер то за моделирање није било потребно. Што је већи број објеката у сетовима то је мања разноврсност параметара.

Начин на који су сетови добијени указује да се у њима вредности понављају, односно да садржај сета са мањим бројем може да се у одређеној мери и за одређене параметре понови у сету са већим бројем података. Обухватају уже и шире временске периоде (погледати Материјал и методе).

За предвиђање различитих бактеријских заједница из сетова података: Гружа - 3, Гружа - 4, Грошница - 2, Грошница - 3, Грошница - 4 (Табеле 9-13), конструисани су различити модели, који су добијени на различите начине. Због разноврсности у начину добијања, као и у самим моделима, сваки од њих детаљно ће бити описан у поглављу које припада бактеријској заједници која је моделирана.

Табела 9. Основне карактеристике Гружа - сет података 4

Параметар*	Јединица мере	Минимум	Максимум	Средња вредност
температура воде	°C	4	28.6	15.86
pH	-	6.25	9.32	7.89
растворени кисеоник	mg/dm ³	0.20	19.02	6.37
Mn	mg/dm ³	0	6.02	0.28
Fe	mg/dm ³	0	1.70	0.11
електропроводљивост	µS/cm	248	407	317
м алкалинитет	cm ³ /dm ³	18.60	39.40	28.03
амонијак	mg/dm ³	0	5.17	0.31
нитрити	mg/dm ³	0	0.10	0.02
укупни фосфати	mg/dm ³	0	1.30	0.07
хлорофил <i>a</i>	mg/m ³	0.10	4176	18.64
ХПК	mg/dm ³	8	33.80	18.71
БПК ₅	mg/dm ³	0	16.68	2.43
хетеротрофи	cfu/cm ³	0	15233	641
хетеротрофи мезофили	cfu/cm ³	0	3300	167
факултативни олиготрофи	cfu/cm ³	0	26200	758

*за сваки наведени параметар укупан број података је 455

Табела 10. Основне карактеристике Гружа - сет података 5

Параметар*	Јединица мере	Минимум	Максимум	Средња вредност
температура воде	°C	3.10	28.50	14.50
pH	-	7.24	8.89	7.89
растворени кисеоник	mg/cm ³	0.10	14.50	5.51
Mn	mg/cm ³	0	2.48	0.28
Fe	mg/cm ³	0	0.69	0.08
хлориди	mg/cm ³	6.6	19.60	11.15
електропроводљивост	μS/cm	282	459	364
нитрати	mg/cm ³	0	2.90	0.49
нитрити	mg/cm ³	0	0.05	0.01
амонијак	mg/cm ³	0	2.40	0.19
укупни фосфати	mg/cm ³	0	0.34	0.05
хлорофил <i>a</i>	mg/m ³	0.98	79.16	24.54
ХПК	mg/cm ³	15.80	34.90	23.62
БПК ₅	mg/cm ³	0.09	6.90	2.15
ИФА	μmol/s/dm ³	0.03	14.96	3.00
укупан број бактерија	bakt/cm ³	25000	1379005	4.41e+05
хетеротрофи психрофили	cfu/cm ³	60	9990	1.19e+03
хетеротрофи мезофили	cfu/cm ³	26	3450	361
укупне колиформне бактерије	MPN/100cm ³	0	4900	605
фекалне колиформне бактерије	MPN/100cm ³	0	15000	1.69e+03
<i>S. perfringens</i>	N°/dm ³	0	50000	9.59e+03
азотофиксатори	cfu/cm ³	3	2950	346
целулолизатори	cfu/cm ³	0	293	29
протеолизатори	cfu/cm ³	9	4967	1.09e+03
амилолизатори	cfu/cm ³	10	9933	1.55e+03
фосфоминерализатори	cfu/cm ³	2	1177	307
укупан зоопланктон	ind/dm ³	42	6938	1.49e+03
Cladocera	ind/dm ³	0	1596	200
Copepoda	ind/dm ³	0	1993	261
Protozoa	ind/dm ³	0	3907	366
Rotifera	ind/dm ³	5	4892	665
Ciliata	ind/dm ³	0	698	37

*за сваки наведени параметар укупан број података је 258

Табела 11. Основне карактеристике Грошница - сет података 3

Параметар*	Јединица мере	Минимум	Максимум	Средња вредност
температура воде	°C	3.3	27.3	14.24
pH	-	7.34	8.57	8.10
растворени кисеоник	mg/dm ³	0.47	14.48	8.50
електропроводљивост	μS/cm	310	495	385
амонијак	mg/dm ³	0	2	0.14
нитрити	mg/dm ³	0	0.25	0.02
укупни фосфати	mg/dm ³	0	0.35	0.02
хлорофил <i>a</i>	mg/m ³	0.20	21.14	3.04
ХПК	mg/dm ³	5.40	31.20	9.32
БПК ₅	mg/dm ³	0.06	10.61	1.79
хетеротрофи	cfu/cm ³	10	3500	551
факултативни олиготрофи	cfu/cm ³	0	4840	742

*за сваки наведени параметар укупан број података је 304

Табела 12. Основне карактеристике Грошница - сет података 4

Параметар*	Јединица мере	Минимум	Максимум	Средња вредност
температура воде	°C	3.6	27.3	15.18
pH	-	7.34	8.57	8.10
растворени кисеоник	mg/dm ³	0.47	14.48	8.56
Mn	mg/dm ³	0	1.44	0.11
Fe	mg/dm ³	0	0.20	0.02
електропроводљивост	µS/cm	310	443	377
м алкалинитет	cm ³ /dm ³	25	44.60	33.06
амонијак	mg/dm ³	0	2	0.17
нитрити	mg/dm ³	0	0.25	0.02
укупни фосфати	mg/dm ³	0	0.09	0.02
хлорофил <i>a</i>	mg/m ³	0.20	21.14	2.52
ХПК	mg/dm ³	5.40	15.10	8.81
БПК ₅	mg/dm ³	0.06	4.34	1.60
хетеротрофи психрофили	cfu/cm ³	10	3500	625
хетеротрофи мезофили	cfu/cm ³	4	1280	143
факултативни олиготрофи	cfu/cm ³	0	4840	767

*за сваки наведени параметар укупан број података је 199

Табела 13. Основне карактеристике Грошница - сет података 5

Параметар*	Јединица мере	Минимум	Максимум	Средња вредност
температура воде	°C	3.30	27.30	12.96
pH	-	7.40	8.60	8.09
растворени кисеоник	mg/cm ³	0.79	13	8.07
Mn	mg/cm ³	0	1.19	0.10
Fe	mg/cm ³	0	0.33	0.03
хлориди	mg/cm ³	2.70	15.20	6.10
електропроводљивост	µS/cm	310	516	410
нитрати	mg/cm ³	0	1.10	0.43
нитрити	mg/cm ³	0	0.1	0.01
амонијак	mg/cm ³	0	0.99	0.09
укупни фосфати	mg/cm ³	0	0.29	0.05
хлорофил <i>a</i>	mg/m ³	1.54	10.46	4.24
укупан хлорофил	mg/dm ³	0.03	0.20	0.10
ХПК	mg/cm ³	5.60	19.80	10.08
БПК ₅	mg/cm ³	0.06	7.61	2.50
укупан број бактерија	bakt/cm ³	990000	9938000	4.30e+06
хетеротрофи психрофили	cfu/cm ³	11	1.81e+03	331
факултативни олиготрофи	cfu/cm ³	10	2.50e+03	624
фосфоминерализатори	cfu/cm ³	1	467	63
укупан зоопланктон	ind/dm ³	9	4900	996
Cladocera	ind/dm ³	0	399	52
Copepoda	ind/dm ³	0	492	72
Protozoa	ind/dm ³	2	988	183
Rotifera	ind/dm ³	6	3446	695

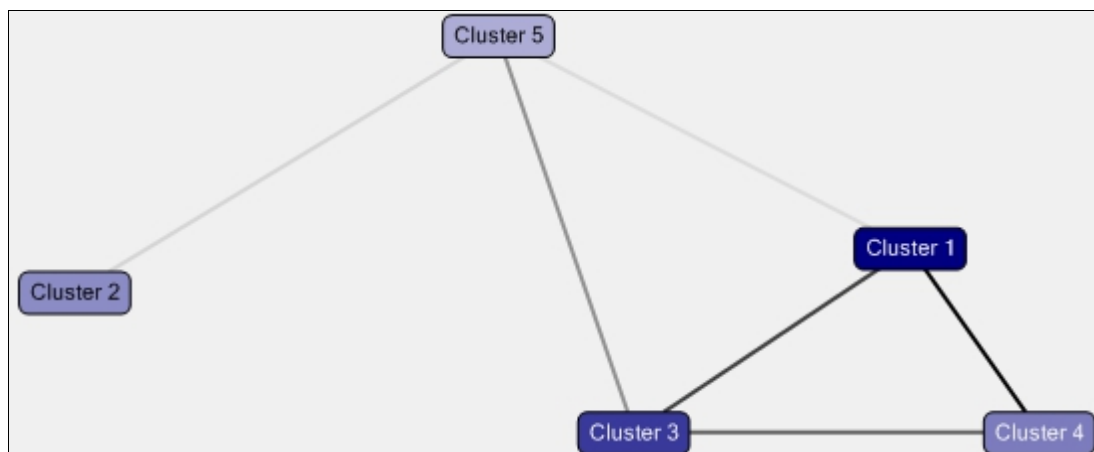
*за сваки наведени параметар укупан број података је 191

5.2. ОДНОСИ БАКТЕРИЈСКИХ ЗАЈЕДНИЦА У АКУМУЛАЦИЈАМА - КЛАСТЕР АНАЛИЗА

На сетовима података из различитих временских периода за сваку акумулацију урађена је кластер анализа која нам приказује како се подаци из сета групишу. Резултати су приказани преко кластер дијаграма, карактеристика кластера и разлике најзначајнијих кластера. Због обимних резултата приказане су вредности са вероватноћом преко 50%.

Гружа - сет података 1

Објекти којих у овом сету има 95, груписани су аутоматски у 5 кластера. По значајности се издваја кластер 1 у коме је 31 објекат, а за њим и кластер 3 у коме су 24 објекта. Већина објеката је концентрисана у овим кластерима. Кластер 4, 2 и 5 су са 16, 14 и 10 података. Приказ кластер дијаграм за овај сет података дат је на Слици 5.



Слика 5. Кластер дијаграм Гружа - сет података 1

Основне карактеристике најутицајнијих кластера приказане су у Табелама 14-16. Из резултата се види да су у кластеру 1 доминантни хетеротрофи. Код овог кластера се уочава, да нитрификатори, у распону 0-6 cfu/cm³ и Fe, у распону 0-0.2 mg/cm³, (у месецу јуну) са 86% вероватноће, одређују да хетеротрофи буду 1098-22941 cfu/cm³ (Табела 14).

Табела 14. Карактеристике кластера 1 Гружа - сет података 1

Параметри*	Вредности	Вероватноће
хетеротрофи	1098-22941	86 %
Fe	0-0.2	56 %
месећ	VI	56 %
нитрификатори	0-6	51 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Анализом карактеристика кластера 3, другог по значајности, уочавамо се да су и код њега од бактеријских заједница доминантни хетеротрофи у истом распону као код кластера 1, али са мањим вероватноћама. Код овог кластера се види да у месецу марту (64%) и амонијаком у распону 0-0.2 mg/cm³ који је овде доминантан параметар са 78%, хетеротрофи ће се наћи у наведеном распону са 62% вероватноће. За ове вредности хетеротрофа везују се вредности целулолизатора 3-17 cfu/cm³ са 59% вероватноће и то на локалитету брана са 50%. Овај кластер значајно одређују и мале вредности нитрата, нитрита и ортофосфата (Табела 15).

Табела 15. Карактеристике кластера 3 Гружа - сет података 1

Параметри*	Вредности	Вероватноће
амонијак	0-0.2	78 %
месец	III	64 %
хетеротрофи	1098-22941	62 %
нитрати	0.3-1.2	59 %
целулолизатори	3.4-16.6	59 %
нитрити	0.0	54 %
локација	9	50 %
ортофосфати	0.0-0.2	50 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Основна карактеристика кластера 4 јесте месец новембар који је 100% доминантан. У њему ће се јавити мале вредности за нитрификаторе (0-6 cfu/cm³) са 79% вероватноће и азотофиксаторе (0-16 cfu/cm³) са 75%, а вредности хетеротрофа (1098-22941 cfu/cm³) са 71% вероватноће. Овај кластер доминантно одређују мале вредности амонијака (0-0.2 mg/cm³) а веће вредности нитрата (2.2-4.5 mg/cm³). За њега су значајни још неки параметри са одређеним вредностима и они су приказани у Табели 16.

Табела 16. Карактеристике кластера 4 Гружа - сет података 1

Параметри*	Вредности	Вероватноће
месец	XI	100 %
амонијак	0.0-0.2	90 %
нитрати	2.2-4.5	86 %
нитрификатори	0.0-6.4	79 %
азотофиксатори	0.0-15.9	75 %
Fe	0.0-0.2	74 %
хетеротрофи	1098-22941	71 %
Mn	0.0-0.4	61 %
температура воде	8.6-12.8	60 %
pH	7.2-7.4	57 %
растворени кисеоник	5.2-6.9	54 %
ортофосфати	0.2-0.4	50 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Ако се посматрају разлике између најугроженијих кластера (Прилог II – 1, 2, 3) запазиће се да се они не разликују значајно по вредностима бактеријских заједница. Најоучљивије

разлике су у односу на сезону и хемијске параметре. У односу на бактеријске заједнице најочљивије разлике су између кластера 1 и 4 код броја азотофиксатора. Нитрати у вредностима 0-2.5 mg/cm³, са 100% вероватноће су у кластеру 1, при чему је Mn у вредностима 0.1-2.9 mg/cm³ са 52% а азотофиксатори у 53% у распону 17-94 cfu/cm³. У односу на кластер 1, кластер 4 је одређен већим вредностима нитрата а мањим вредностима Mn и то са већим вероватноћама, при чему су вредности азотофиксатора < 17 cfu/cm³. Да се све то деси у новембру вероватноћа је 98%. На овај кластер са већим вероватноћама утичу и одређене вредности амонијака, температуре воде и рН. Ако се упореде параметри и вредности кластера 4 и 3 уочава се утицај нитрата (< 1.3 mg/cm³) са 72% у кластеру 3 који даје вероватноћу од 50% да ће вредности азотофиксатора бити у распону 18-94 cfu/cm³. Остали утицаји за кластер 4 су од стране већ поменутих већих вредности за нитрате и мањих за Mn и Fe.

Резултати анализе указују да укупан број бактерија није показао значајнију везу ни са једном бактеријском групом, а да просечне и ниже вредности осталих бактеријских група прате једна другу. Велика разлика у бројности хетеротрофа у односу на друге физиолошке групе бактерија може бити и у методском приступу који одређује процентуално учешће методом реплика технике (Stilinović, 1979) из популације хетеротрофа, због чега њихов однос није најверодостојнији. Уочава се да дубина, као и параметри потрошње кисеоника, ХПК и БПК₅, нису показали значајну везу са бактеријским заједницама. Груписање хетеротрофа је у сувише великом распону да би анализа ближе показала њихове зависности са осталим параметрима. Више вредности азотофиксатора прате ниске вредности нитрата. Нитрификатори су са ниским вредностима у јуну, а целулолизатори у марту, док су ниже вредности азотофиксатора и нитрификатора, као и ниске вредности амонијака, са високим нитратима карактеристични за новембар.

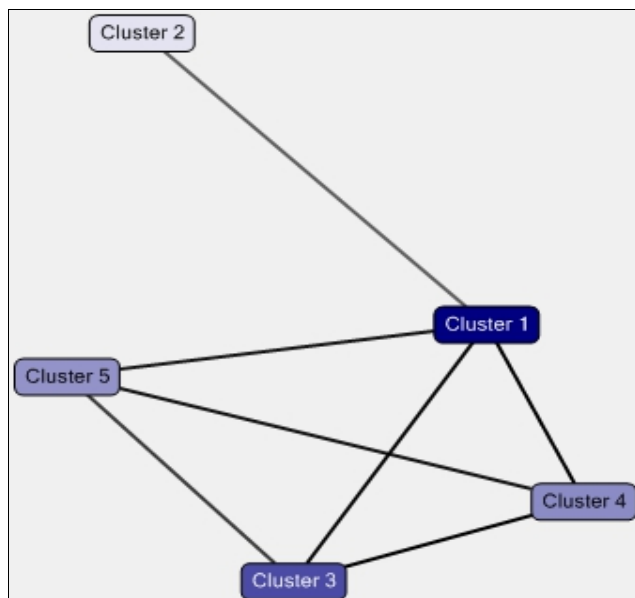
Резултати су у великој мери у сагласности са општим правилима по којима ове бактерије врше одређене процесе. Нитрификатори врше нитрификацију, биооксидацију амонијака или амонијум јона до нитрата у две етапе: оксидација до нитрита, а затим оксидација нитрита до нитрата. Процес зависи од концентрације амонијум јона, температуре, дешава се искључиво у аерисаним и неутралним воденим срединама. Азотофиксација је процес фиксације молекулског слободног азота из атмосфере. Бројност азотофиксатора расте са трофијом док их присуство амонијум јона инхибира (Ћомић, 1999).

Група - сет података 2

Подаци у овом сету нису могли у кластер анализи да се сами групишу, па је због потреба да се анализирају бактеријске заједнице и њихови односи, изабрано 5 кластера који су одређени према циљу анализе.

Резултати анализе модела Гсп2а показују да се 172 објекта распоређује тако да је кластер 1 најутицајнији са 64 податка, а затим кластер 3 са 45. Кластери 4 и 5 имају подједнаку утицајност, са 29 односно 27 података, док је кластер 2 са 7 објеката. То се јасно уочава на

кластер дијаграму на коме се види и да су везе значајне између прва четири набројана кластера, док кластер 2 показује повезаност само према кластеру 1 (Слика 6).



Слика 6. Кластер дијаграм Гружа - сет података 2, модел Гсп2а

Карактеристике кластера 1 (Табела 17) показују да просечне и ниже вредности целулолизатора, амилолизатора, протеолизатора и азотофиксатора са већом вероватноћом одређују овај кластер, а са нешто нижом вероватноћом га одређују исте такве вредности фосфоминерализатора, али и Protozoa, Rotifera и укупног зоопланктона. Ове вредности набројаних бактеријских група, укупног зоопланктона и група зоопланктона, појављују се са вероватноћом 50% на локацији Брана и ако је $Fe < 0.1 \text{ mg/cm}^3$.

Табела 17. Карактеристике кластера 1 Гружа - сет података 2, модел Гсп2а

Параметри*	Вредности	Вероватноће
целулолизатори	0-18	88 %
амилолизатори	10-511	85 %
протеолизатори	9-546	85 %
азотофиксатори	20-205	76 %
Protozoa	0-342	57 %
фосфоминерализатори	56-248	55 %
Fe	0.0-0.1	52 %
локација	9	52 %
укупан зоопланктон	472-1576	50 %
Rotifera	5-736	50 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Карактеристике кластера 3 (Табела 18) указују да исти распони вредности параметра, попут Protozoa, локације, укупног зоопланктона и Rotifera, учествују са још већом вероватноћом. Овај кластер са високим вероватноћама одређују и ниске вредности нитрата, као и друге групе зоопланктона (Cladocera, Copepoda), такође у вредностима које су ниже од

средњих вредности за ту групу. За ниже вредности зоопланктона са 50% до 52% везују се и ниже вредности укупних колиформних бактерија, хетеротрофа психрофила и мезофила. У августу и септембру за то постоји шанса 54%.

Табела 18. Карактеристике кластера 3 Гружа - сет података 2 модел Гсп2а

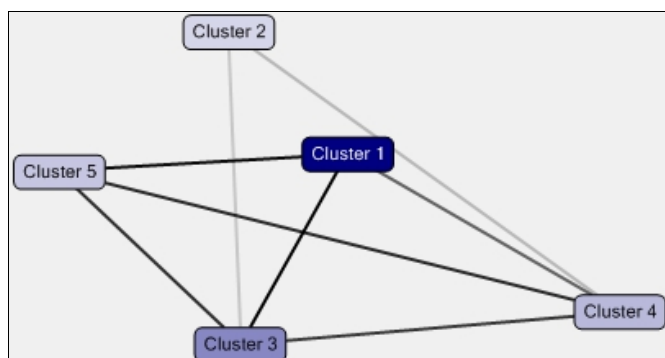
Параметри*	Вредности	Вероватноће
Protozoa	0-342	81 %
локација	9	76 %
Cladosega	28-230	73 %
нитрати	0.0-0.4	62 %
Sorperoda	47-295	60 %
укупан зоопланктон	472-1576	56 %
Rotifera	5-736	54 %
месец	VIII-IX	54 %
укупне колиформне бактерије	0-813	52 %
хетеротрофи	447-1094	51 %
хетеротрофи мезофили	87-315	50 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Из разлика најутицајних кластера 1 и кластера 3 које су приказане у Прилогу II - 4, уочавамо да су вредности азотофиксатора, протеолизатора, амилолизатора и целулолизатора ниже од просечних, са 100% до 86% у кластеру 1 у односу на кластер 3, који је са просечним и вишим вредностима набројаних физиолошких група бактерија са 82% до 60% вероватноће. Фосфоминерализатори су груписани по истом обрасцу са нижим вероватноћама. Укупне колиформне бактерије у широком распону 0-1592 MPN/100cm³ прате високе вредности физиолошких група бактерија са 69%, заједно са ниским вредностима раствореног кисеоника (57%).

Низак садржај кисеоника је последица биолошке оксидације или вишег степена трофије при чему се свакако јављају веће вредности свих физиолошких група. Органска материја у основи повећава садржај свих физиолошких група бактерија, при чему су азотофиксатори најбољи показатељ јер им бројност расте са трофијом (Živanović et al., 1981). За азотофиксаторе је посебно важна висока концентрација фосфата (Mišustin & Šiljnikova, 1968, према Simić, 1973), уз коју ће се повећати и вредности фосфоминерализатора. Амилолизатори разлажу скроб најчешће из фитопланктона, а бројност им опада кад расте концентрација раствореног кисеоника. *E. coli* је амилолизатор што може повезати укупне колиформне бактерије које прате вредности других физиолошких група (Šomić, 1999).

Резултати анализе модела Гсп2б за исти сет података показују да се 172 податка распоређују тако да је кластер 1 најутицајнији са 81 податка, а затим кластер 3 са 38. Кластери 4 и 5 су подједнако заступљени са 22 и 18 података, док је кластер 2 најмање утицајан са 13 података. На кластер дијаграму се уочава и да су везе значајне између прва четири набројана кластера док кластер 2 показује подједнаку повезаност са кластером 3 и 4 (Слика 7).



Слика 7. Кластер дијаграм Гружа - сет података 2, модел Гсп2б

Из Табеле 19 се уочава да је кластер 1 у моделу Гсп2б различит од модела Гсп2а јер има већи број података и утицајност, као и по везама са другим кластерима (није везан за кластер 2). Груписање вредности неких параметара у овом кластеру је потпуно исто као код модела Гсп2а (Rotifera, амилолизатори, амонијак, протеолизатори, локација, укупан зоопланктон, Protozoa), док се у моделу Гсп2б јављају Mn и хетеротрофи мезофили у просечним и нижим вредностима. Доминантно су заступљене врсте *Bosmina longirostris cornuta* и *B. longirostris similis* такође са просечним и нижим вредностима. *Keratella cochlearis tecta*, *Tintinnopsis lacustris* и *Polyarthra dolichoptera* са сличним вредностима прате набројане параметре са нижим вероватноћама.

Табела 19. Карактеристике кластера 1 Гружа - сет података 2, модел Гсп2б

Параметри*	Вредности	Вероватноће
<i>Bosmina longirostris cornuta</i>	0-85	84 %
Rotifera	5-736	80 %
амилолизатори	10-511	79 %
амонијак	0.0-0.3	70 %
<i>Bosmina longirostris similis</i>	0-20	65 %
протеолизатори	9-546	65 %
локација	9	61 %
укупан зоопланктон	472-1576	58 %
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	0-265	58 %
Mn	0.0-0.4	57 %
<i>Tintinnopsis lacustris</i>	0-165	57 %
Protozoa	0-342	56 %
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	0-139	55 %
хетеротрофи мезофили	87-315	53 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

У Табели 20 дате су основне и најбитније карактеристике кластера 3 за модел Гсп2б. Кластер 3 овог модела у себи обједињује мањи број утицајнијих параметара. Међу значајнијима параметрима нема бактеријских заједница.

Табела 20. Карактеристике кластера 3 Гружа - сет података 2, модел Гсп2б

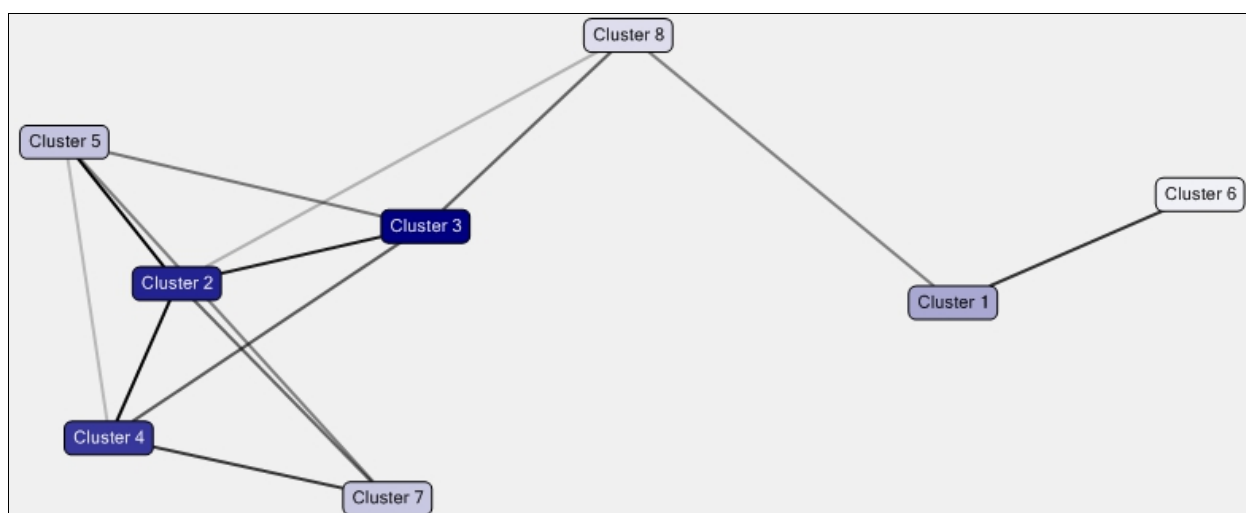
Параметри*	Вредности	Вероватноће
нитрати	0.0-0.4	69 %
локација	9	65 %
<i>Tintinnidium fluviatile</i>	0-31	63 %
<i>Daphnia cucullata</i>	0-44	54 %
Copepoda	47-295	51 %
Protozoa	0-342	50 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Разлике између кластера 1 и 3 дате су у Прилогу II - 5. Уочава се доминација врсте *Tintinnidium fluviatile* у просечним и нижим вредностима са 100% вероватноће у кластеру 3 у односу на кластер 1. Разлике су уочљиве код врсте *Bosmina longirostris cornuta* која у нижим вредностима доминира у кластеру 1 (98%), а у вишим у кластеру 3 (61%). Амилолизатори, протеолизатори и амонијак су са нижим вредностима високо значајни у кластеру 1 док врста *Bosmina longirostris similis* је са малим вредностима заступљена у кластеру 1, а са великим у кластеру 3. И за овај сет података је карактеристично да укупан број бактерија не показује повезаност са другим параметрима.

Гружа - сет података 3

У кластер анализи коришћен је модел Гсп3. Објекти којих у овом сету има 1181, груписани су аутоматски у 8 кластера. По значајности се издваја кластер 3 у коме је 326 објеката, а за њим и кластери 2 и 4 у којима су 282 и 255 објеката. Већина објеката је концентрисана у овим кластерима. Кластер 1 има 111 објеката, а кластери 5, 7, 8 и 6 су са 75, 70, 43 и 19. Приказ кластер дијаграма за овај сет података дат је на Слици 8. Најјаче везе постоје између најзначајнијих кластера, као и кластера 5 и 7. Кластер 3 са највећим бројем објеката у себи остварује јаку везу и са кластером 8.



Слика 8. Кластер дијаграм Гружа - сет података 3

Кластер 3 доминантно одређују заједнице бактерија, физички, хемијски и биолошки параметри (Табела 21). Мутноћа, са просечним и нижим вредностима заступљена са 86%, је доминантна у овом кластеру. За вредности мутноће у тим распонима, хетеротрофи, факултативни олиготрофи и електропроводљивост ће бити, исто, у просечним и нижим вредностима, са преко 80% вероватноће. Истовремено, шансе да хетеротрофи мезофили, укупне колиформне бактерије, биомаса алги, односно хлорофил *a* буду у просечним и нижим вредностима за овај сет података, су преко 70%. За све то је преко 70% шансе на локацијама које су на брани и у њеној непосредној близини. Неутрална и благо базна рН, без нитрита и са ниским концентрацијама раствореног кисеоника, при чему је м алкалинитет у границама средњих вредности за овај сет, јавиће се са преко 60% вероватноће.

Табела 21. Карактеристике кластера 3 Гужа - сет података 3

Параметри*	Вредности	Вероватноће
мутноћа	0.09 -7.15	86 %
хетеротрофи	10-2796	84 %
факултативни олиготрофи	9-2506	81 %
електропроводљивост	290-371	81 %
хетеротрофи мезофили	9-693	79 %
укупне колиформне бактерије	0.0-4645	72 %
биомаса алги	0.0-1364	71 %
локација	1-9	71 %
хлорофил <i>a</i>	0.0-21.0	70 %
рН	6.9-7.8	65 %
нитрити	0.0	63 %
растворени кисеоник	0.2-5.6	63 %
м алкалинитет	22.5-31.1	62 %
укупни фосфати	0.0-0.1	56 %
амонијак	0.3-1.1	54 %
ХПК	17.3-20.7	53 %
хлориди	9.9-11.6	53 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Карактеристике кластера 2 приказане су у Табели 22. У односу на бактеријске заједнице овај кластер групише просечне и ниже вредности за овај сет података са вероватноћама од 58% до 71%. Без обзира што су то просечне и ниже вредности за овај сет, оне у ствари представљају широк распон у појављивању ових бактеријских заједница. Може се извести само закључак да овај кластер, као и предходни, не групишу њихове високе вредности. За ове распоне бактеријских заједница везују се ниже вредности амонијака (92%), нитрита (69%), укупних фосфата (65%), средње вредности електропроводљивости (74%) и хлорида (50%), као и високе вредности рН (50%).

Карактеристике кластера 4 дате су у Табели 23. За овај кластер са 50% вероватноће заступљене су високе вредности укупних колиформних бактерија, за које се са 94% вероватноће везују велике дубине, просечне и ниже вредности амонијака, Мп, нитрита и БПК₅, локације ушћа Борачке реке, реке Гуже и притоке (64%).

Табела 22. Карактеристике кластера 2 Гружа - сет података 3

Параметри*	Вредности	Вероватноће
амонијак	0.0-0.3	92 %
Mn	0.0-0.2	76 %
електропроводљивост	290-371	74 %
Fe	0.0-0.1	73 %
хетеротрофи	10-2796	71 %
факултативни олиготрофи	9-2506	69 %
хетеротрофи мезофили	9-693	69 %
нитрити	0.0	69 %
укупни фосфати	0.0-0.1	65 %
укупне колиформне бактерије	0.0-4645	58 %
хлориди	9.9-11.6	50 %
pH	8.3-9.2	50 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 23. Карактеристике кластера 4 Гружа - сет података 3

Параметри*	Вредности	Вероватноће
дубина	27	94 %
амонијак	0.0-0.3	93 %
Mn	0.0-0.2	84 %
локација	22-32	64 %
нитрити	0.0	62 %
БПК ₅	1.2-2.4	52 %
укупне колиформне бактерије	4645-24446	50 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

У Прилогу II - 6, 7, 8, дате су разлике између доминантних кластера у сету података 3 за акумулацију Гружа. Кластер 3 у односу и на кластер 2 са 100%, као и у односу на кластер 4, са 91% вероватноће, фаворизује мале вредности укупних колиформних бактерија 0-220 MPN/100cm³ (Прилог II - 6), 0-284 MPN/100cm³ (Прилог II - 8). За кластер 3 су карактеристичне и просечне и ниже вредности хетеротрофа психрофила и мезофила, факултативних олиготрофа, такође са високим вероватноћама у односу на кластер 4. Бактеријске заједнице нису у великој мери различите у кластерима 2 и 3 (изузетак укупне колиформне бактерије). Оне су заступљене и у кластерима 2 и 3 са просечним и нижим вредностима. За ова два кластера основне разлике су у хемијским параметрима, као што су високе вредности амонијака и Mn, pH у распону 7.1-7.9 и локације од водозахвата на брани до средишњег дела акумулације и моста. Основне разлике у бактеријским заједницама ова два кластера испољавају према кластеру 4 који фаворизује високе вредности свих бактеријских група, као и локације од средишњег дела акумулације ка притокама и локације на притокама. Овај кластер форсира високе вредности за електропроводљивост, али и високе вредности за растворени кисеоник, као и просечне и ниже вредности за амонијак и Mn.

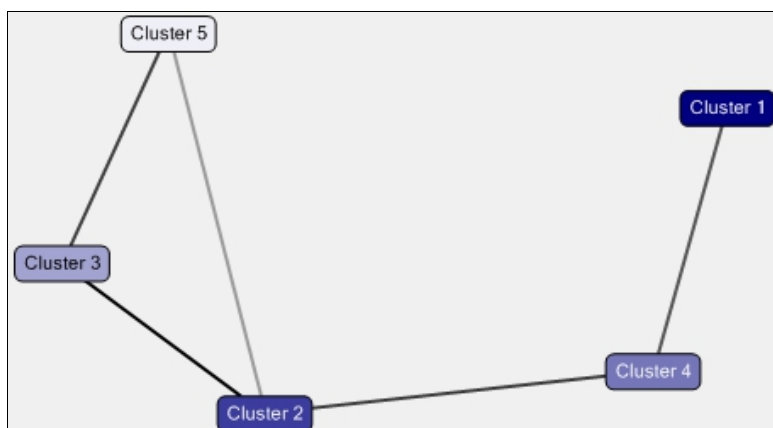
У акумулацији Гружа број укупних колиформних бактерија варира по дубини и разликује се у најдубљем и најплићем делу акумулације. Ћомић (1989) при разматрању санитарног стања акумулације Гружа пре аерације закључује да се број колиформних бактерија

смањује од изворишта реке према акумулацији. То се може објаснити мањим утицајем човека у најдубљем делу акумулације, постојањем зоне вегетације на обалном делу, већом средњом дужином. У плићем делу акумулације, нарочито на ушћима река, као и на рекама, утицај човека је велики (рекреативне активности, пољопривредно земљиште, коришћење пестицида, ферилизатора, индустријске активности у близини река, и тд). У овом случају кластер анализа директно указује да је број укупних колиформних бактерија под утицајем човекових активности.

Бројни аутори потврђују постојање јаке везе између људских активности (коришћење околног земљишта), са бројем цревних бацила у води. Тај однос може да буде директан и под утицајем површинских вода, али и индиректан због промене физичко-хемијских и биолошких фактора који на крају доводе до промене у броју цревних бацила (Fisher & Endale, 1999, Tong & Chen, 2002, Kistemann et al., 2002, Mehaffey et al., 2005, Zhang & Lulla, 2006, Derlet et al., 2008, Hong et al., 2010). Vuamakama et al. (2005) указују да стално присуство укупних колиформи у земљишту око воде има велики утицај на број укупних колиформи у води. Такође указују на значајну зависност укупних колиформи са електропроводљивошћу и укупним раствореним чврстим материјама у води које је под великим утицајем антропогених активности и загађења.

Грошница - сет података 1

Овај сет података обједињује 182 објекта. У кластер анализи коришћени су модел Wsp1a и модел Wsp1b (погледати поглавље Основни статистички преглед и креирани модели). Резултати анализе модела Wsp1a показују да су објекти груписани аутоматски у 5 кластера. По значајности се издваја кластер 1 у коме је 67 података, а за њим и кластери 2 и 4 у којима су 51 и 36 података. Већина објеката је концентрисана у овим кластерима. Кластер 3 има 24, а кластер 5, 4 податка. Приказ кластер дијаграма за овај сет података дат је на Слици 9. Постоји чврста повезаност кластера 4 са кластером 1 и кластером 2, док између ова два кластера не постоји веза. Карактеристике доминантних кластера за овај модел дате су у Табелама 24-26.



Слика 9. Кластер дијаграм Грошница - сет података 1, модел Wsp1a

Табела 24. Карактеристике кластера 1 Грошница - сет података 1, модел Vсп1а

Параметри*	Вредности	Вероватноће
Fe	0	96 %
амонијак	0.0-0.3	82 %
Mn	0.0	60 %
нитрати	0	52 %
ХПК	8.3-10.6	50%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 25. Карактеристике кластера 2, Грошница - сет података 1, модел Vсп1а

Параметар*	Вредност	Вероватноћа
Sorperoda	0-79	57 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 26. Карактеристике кластера 4 Грошница - сет података 1, модел Vсп1а

Параметри*	Вредности	Вероватноће
Sorperoda	0-79	80 %
Fe	0	79 %
Cladosega	0-60	72 %
амонијак	0.0-0.3	70 %
хлорофил <i>a</i>	3.0-4.0	65 %
укупан хлорофил	0.1-0.2	58 %
хлориди	6.6-8.8	56 %
pH	8.1-8.3	52 %
укупни фосфати	0.0	50 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

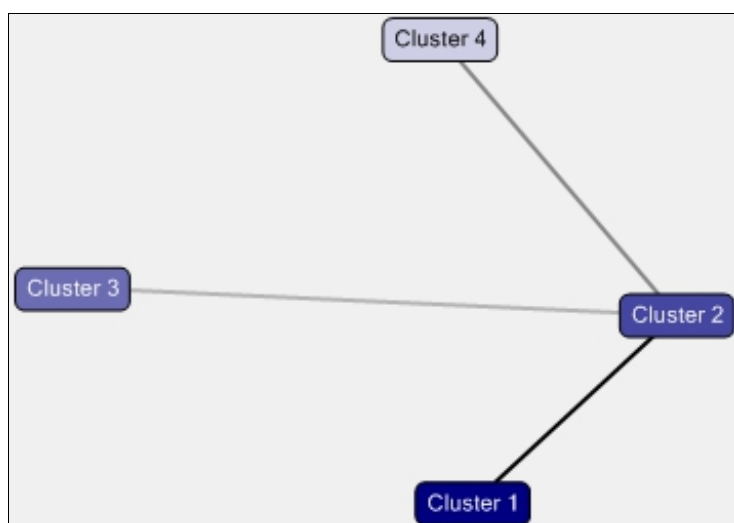
Битне карактеристике ових кластера (преко 50%) показују да се ни један доминантан кластер није одредио према некој бактеријској заједници са већим процентом вероватноће. Основне карактеристике кластера 1 су ниске вредности Fe, Mn, амонијака и нитрата, као и ХПК, док су за кластер 2 доминантне мале вредности за Sorperode. Кластер 4, осим набројаних ниских вредности за Fe и амонијак преко којих се везује за кластер 1 и малих вредности за Sorperode (веза са кластером 2), карактеришу у великим вероватноћама и ниске вредности за Cladosega, укупне фосфате, просечне вредности за хлорофил *a*, просечне и више вредности за укупан хлорофил, хлориде, као и базна pH.

Основне разлике између доминантних кластера дате су у Прилогу II - 9, 10, 11 и показују како су груписане вредности за одређене бактеријске заједнице. Кластер 4 се у односу на кластере 1 и 2 разликује по ниским вредностима за факултативне олиготрофе и хетеротрофе. Кластери 1 и 2 се по бактеријским заједницама не разликују (за оба су карактеристичне високе вредности за обе наведене заједнице). Ниске вредности бактеријских заједница у кластеру 4 прате и јако ниске вредности Cladosega, и просечне и више вредности укупног хлорофила, ако се упореде са кластером 1 и 2. За кластер 1 и 4 су карактеристичне и ниже вредности за амонијак. Разлике са високим вероватноћама уочавају се још код кластера 1 у односу на кластер 4 и то кад се посматра заједница зоопланктона. За кластер 4 су карактеристичне ниске

вредности и Copepoda, Protozoa, Rotifera и укупног зоопланктона, за разлику од кластера 1 где су те вредности високе.

Међусобна усклађеност како високих тако и ниских вредности хетеротрофа психрофила и факултативних олиготрофа, може се објаснити одређеним степеном позитивне корелације која је у овом сету података присутна. Овде се уочава иста ситуација и код укупног зоопланктона и његових група у односу на ове заједнице бактерија, међу којима није уочена значајнија корелација. Овакав однос у складу је са предаторским односима који стоје између ове две групе организама. Новевска (2002) уочава да је у Охридском језеру, у води која је ослобођена зоопланктона (филтрирана), бројност органотрофа пуно већа од оне воде у којој је присутан зоопланктон. Уколико се за све наведене заједнице и групе јавља висока бројност истовремено се јавља ниска вредност укупног хлорофила, као и хлорида и укупних фосфата. Вратбак (1987) је установио да су бактерије бољи компетитори око неорганских фосфата од алги. За пролећне месеце на акумулацији Грошница карактеристичне су падавине после којих наступа топло летње време. У јуну тада и постоје сви услови за развој алги, при чему се смањује бројност других група планктона (бактерио- и зоо-), а последично је и нижа концентрација амонијака.

Резултати анализе модела Wsp1б показују да су објекти у овом моделу груписани у 4 кластера. Најзначајнији је кластер 1 са 73 објекта, а затим кластер 2 и кластер 3 са 53 и 42 објекта. Кластер 4, најмање утицајан, има 14 објеката. Дијаграм кластера за модел 2 дат је на Слици 10. Сви кластери суповезани само са кластером 2, а најјача веза је између кластера 2 и кластера 1 који је и најутицајнији.



Слика 10. Кластер дијаграм Грошница - сет података 1, модел Wsp1б

Карактеристике доминантних кластера (у којима је већина објеката) показује да ниједан кластер није одређен неком бактеријском заједницом са значајнијим вероватноћама (преко 50%). Карактеристике доминантних кластера дате су Табелама 27-29. У сваком кластеру највећу заступљеност имају различите врсте и групе зоопланктона, а како се не везују ни за

једну бактеријску заједницу нису предмет овог истраживања. Исти резултати се налазе и ако се посматрају разлике између доминантних кластера које су дате у Прилогу II - 12, 13, 14.

Табела 27. Карактеристике кластера 1 Грошница - сет података 1, модел Всп1б

Параметри*	Вредности	Вероватноће
<i>Keratella cochlearis</i>	2-108	75 %
Copepoda	0-79	75 %
Cladocera	0-60	72 %
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	0-10	71 %
<i>Daphnia cucullata</i>	0-42	70 %
<i>Tintinnopsis lacustris</i>	0-12	69 %
локација	3	63 %
Fe	0	63 %
<i>Kellicottia longispina</i>	0-173	62 %
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	0-60	58 %
<i>Tintinnidium fluviatile</i>	9-65	53 %
укупан зоопланктон	187-959	50 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 28. Карактеристике кластера 2 Грошница - сет података 1, модел Всп1б

Параметри	Вредности	Вероватноће
Fe	0	61 %
ХПК	8.3-10.6	55 %
<i>Tintinnidium fluviatile</i>	124-321	55 %
<i>Kellicottia longispina</i>	174-462	50 %
локација	4	50 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

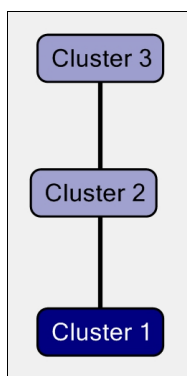
Табела 29. Карактеристике кластера 3 Грошница - сет података 1, модел Всп1б

Параметри*	Вредности	Вероватноће
<i>Keratella cochlearis hispida</i>	0-66	80 %
Copepoda	0-79	67 %
<i>Tintinnopsis lacustris</i>	0-12	63 %
месец	8	50 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Грошница - сет података 2

У овом сету има 166 објеката који су аутоматски груписани у 3 кластера. Као модел користи се Гсп2. Први најутицајнији кластер 1 у себи групише 95 објеката, док је у кластерима 3 и 2, 36 и 35 објеката, респективно. Приказ кластер дијаграма за овај сет података дат је на Слици 11. Дијаграм показује да постоје везе кластера 2 са друга два и да су оне подједнаке.



Слика 11. Кластер дијаграм Грошница - сет података 2

Основне карактеристике кластера дате су у Табелама 30-32. У односу на бактеријске заједнице једино се кластер 3 уже одређује према високим вредностима хетеротрофа мезофила. Кластер 1 са високим вероватноћама одређују просечне и ниже вредности укупних колиформних бактерија, хетеротрофа психрофила и мезофила, као и факултативних олиготрофа, али су распони вредности ипак превише велики да би одредили јасну везу према неком другом параметру. У кластеру 1 доминантне су и ниске вредности за нитрите и просечне и ниже вредности за амонијак и Мп (Табела 30). У кластеру 2, осим широког распона у вредностима за укупне колиформне бактерије заступљене су и вредности рН 7.3-7.9, као и високе вредности за амонијак и електропроводљивост (Табела 31). За кластер 3 вероватне су и просечне и високе вредности м алкалинитета, као и просечне и ниже вредности за амонијак и Мп (Табела 32).

Табела 30. Карактеристике кластера 1 Грошница - сет података 2

Параметри*	Вредности	Вероватноћа
нитрити	0	86 %
амонијак	0-0.2	80 %
Мп	0-0.1	78 %
укупне колиформне бактерије	0-914	73 %
хетеротрофи	10-780	66 %
хетеротрофи мезофили	13-180	66 %
факултативни олиготрофи	4-909	62 %
мутноћа	1-4.9	50 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 31. Карактеристике кластера 2 Грошница - сет података 2

Параметри*	Вредности	Вероватноћа
рН	7.3-7.9	68 %
укупне колиформне бактерије	0-914	65 %
електропроводљивост	403-476	59 %
амонијак	0.4-1.2	50 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 32. Карактеристике кластера 3 Грошница - сет података 2

Параметри*	Вредности	Вероватноћа
Mn	0-0.1	69 %
m алкалинитет	26.25-45.5	65 %
амонијак	0-0.2	63 %
хетеротрофи мезофили	349-927	58 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Разлике између кластера дате су у Прилогу II - 15, 16, 17. Кластер 1 се разликује од кластера 3 са ниским вредностима хетеротрофа мезофила ($4-266 \text{ cfu/cm}^3$) и укупних колиформних бактерија ($0-154 \text{ cfu/cm}^3$) које су са високим вероватноћама, док у односу на кластер 2 нема битних разлика ако се посматрају бактеријске заједнице. Вредности хетеротрофа и факултативних олиготрофа по којима се кластер 1 разликује од кластера 2 су у веома широком опсегу, па није могуће утврдити неку битнију правилност у односу на друге параметре. Кластер 2 се разликује од кластера 3 по ниским вредностима укупних колиформних бактерија које су у нешто већем опсегу ($0-241 \text{ cfu/cm}^3$).

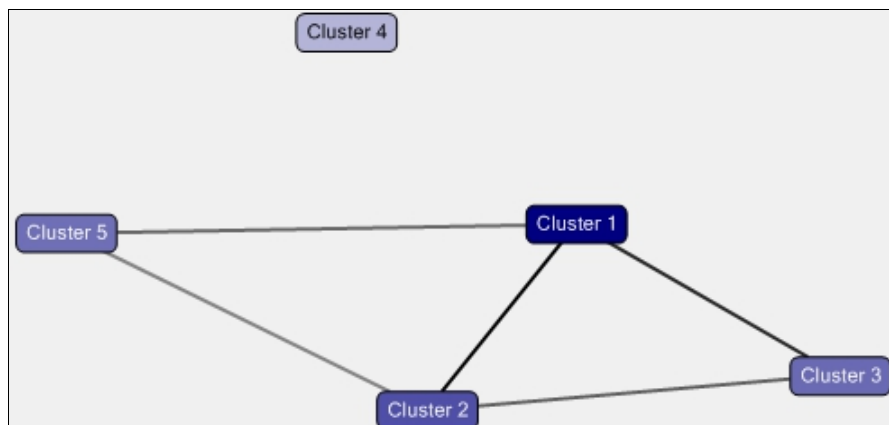
У акумулацији Грошница низак број укупних колиформи се везује за низак број хетеротрофа мезофила. Ако су за ове две бактеријске заједнице ниске вредности, ниске су и за вредности нитрита и амонијака, а високе за Mn и рН. И Mn и рН показују вертикалну стратификацију, при чему концентрација Mn расте са дубином, а рН опада са дубином. Ако се промени рН, има више органског материјала па је веће растварање слободног Mn. Велики број аутора је утврдио зависност рН и укупних колиформних бактерија, при чему се истиче да вредности рН преко 8 делују инхибиторно на укупне колиформне бактерије (Tong & Chen, 2002, Kistemann et al., 2002, Hong et al., 2010). Ниски садржај нитрита и амонијака указују и на чињеницу да је низак садржај органске материје такође битан да број укупних колиформи буде мали (Hong et al., 2010). Високе вредности хетеротрофа мезофила и, у одређеној мери, укупних колиформни повезаних са високим m алкалинитетом, указују да минерални састав ове акумулације може да одреди потенцијале патогене. За ове високе вредности карактеристична је веза са ниским вредностима амонијака и мангана.

Бован - сет података 1

Објекти којих у овом сету има 150 груписани су аутоматски у 5 кластера. За моделирање коришћен је модел Бсп1. По значајности се издваја кластер 1 у коме је 48 објеката, а за њим и кластер 2 у коме су 33 објекта. Кластер 3 и 5 су са 28 односно 27 објеката, а кластер 4 је са 14 објеката. Кластер дијаграм за овај сет података дат је на Слици 12.

Ово је једини сет података и модел у коме су као временска димензија укључене године узорковања. Разлог за то је велики распон у годинама који се појављује, па се могу пратити и разлике у појединим периодима. Пошто за овај сет података постоје вредности за тешке метале и вредности за само један параметар који се односи на бактеријске заједнице, укупне

колиформне бактерије, циљ ове анализе је био да се нађе њихова зависност и установи понашање кроз дужи временски период.



Слика 12. Кластер дијаграм Бован - сет података 1

Кластер 1 остварује најјаче везе са кластерима 2 и 3, док кластер 4 није повезан ни са једним другим кластером. За анализу и посматрање узети су кластери 1, 2 и 5 као представници кластера у којима је груписан већи број различитих објеката.

Карактеристике посматраних кластера дате су у Табелама 33-35. Кластер 1 карактерише период 1991-1993, ниске или нула вредности за Ag, Hg, нитрите и локације које су најудаљеније од бране. За овај кластер карактеристичне се просечне и ниже вредности за хлориде и укупне колиформне бактерије које у овом сету података имају изузетно широк опсег (Табела 33).

Табела 33. Карактеристике кластера 1 Бован - сет података 1

Параметри*	Вредности	Вероватноће
Ag	0	98 %
Hg	0	92 %
нитрити	0	66 %
локација	3	65 %
нитрати	0.9-2.6	58 %
укупне колиформне бактерије	0-425432	57 %
хлориди	5.5-11.47	53 %
година	1991-1993	51 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

За кластер 2 карактеристичан је период 1978-1987 (Табела 34), а за кластер 5, 1994-1998 (Табела 35). Кластер 5 групише укупне колиформне бактерије у истом опсегу као и кластер 1 са 100% вероватноће. Са њима се налазе и просечне и ниже вредности за нитрате и просечне и више вредности за хлориде. Ag, Cu, Hg и Cd су и овде у ниским вредностима.

Табела 34. Карактеристике кластера 2 Бован - сет података 1

Параметри*	Вредности	Вероватноће
Ag	0	97 %
Hg	0	92 %
нитрити	0	64 %
локација	3	53 %
година	1978-1987	50 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 35. Карактеристике кластера 5 Бован - сет података 1

Параметри*	Вредности	Вероватноће
укупне колиформне бактерије	0-425432	100 %
Ag	0	100 %
локација	3	98 %
Cu	0.0	84 %
Hg	0	80 %
нитрати	0.9-2.6	79 %
година	1994-1998	72 %
хлориди	12.2-18.9	60 %
Cd	0	59 %

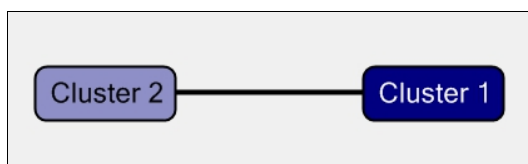
*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

У Прилогу II - 18, 19, 20, дате су разлике између кластера 1, 2 и 5. Кластер 1 се карактерише нижим вредностима укупних колиформних бактерија, али је тај опсег вредности ипак широк да би се извукли неки закључци према другим параметрима. Ниже вредности овог параметра прате широк опсег вредности за амонијак и период 1988-1996, док су за кластер 2, за кога су карактеристичне високе вредности укупних колиформних бактерија са високим вероватноћама, значајне ниже вредности за амонијак и период 1978-1987. Вредност 240000 MPN/100 cm³ за укупне колиформне бактерије спада у ниске (што није случај уопштено за друге акумулације) и она је 100% карактеристика кластера 5 када се он пореди са кластером 1 и 2. За ову вредност укупних колиформних бактерија везују се просечне и више вредности нитрита и амонијака.

Познато је да је у почетним фазама стварања акумулације квалитет воде знатно лошији, а самим тим је и бројност бактерија пуно већа. Значајно смањивање броја укупних колиформних бактерија кроз посматране периоде може бити природни след фазе пуњења и фазе стабилизације акумулације Бован, коју Straškraba & Tundisi (1999) називају лимнолошком револуцијом.

Бован - сет података 2

Овај сет од 59 објеката, анализа није могла аутоматски да групише, па су због циља (односи бактеријских заједница) и малог броја података изабрана два кластера за груписање. Коришћен је модел Бсп2. Кластер 1 у себи садржи 41 објекат и он је утицајнији од кластера 2 са 18 објеката. Кластер дијаграм је дат на Слици 13.



Слика 13. Кластер дијаграм Бован - сет података 2

Основне карактеристике кластера 1 и 2 дате су у Табелама 36 и 37. Просечне и високе вредности укупног броја бактерија и хетеротрофа својствене су за кластер 1 (Табела 36), а просечне и ниже вредности ова два параметра за кластер 2 (Табела 37) са вероватноћама преко 50%. За кластер 1 са вероватноћама преко 90% карактеристичне су веће дубине, за разлику од кластера 2 где су са сличним вероватноћама мање дубине. За веће дубине и веће вредности бактеријских заједница карактеристичне су просечне и ниже вредности за БПК₅, нитрите као и просечне вредности нитрата, а просечне и више вредности за амонијак и хетеротрофе. За те вредности у летњем периоду, од јуна до септембра, има 50% вероватноће.

Табела 36. Карактеристике кластера 1 Бован - сет података 2

Параметри*	Вредности	Вероватноће
дубина	13-24	98 %
БПК ₅	0.1-1.5	66 %
нитрити	0-0.1	65 %
амонијак	0.2-1.0	61 %
хетеротрофи	6762-17200	57 %
електропроводљивост	427-462	56 %
укупан број бактерија	3 475 790-6 150 000	56 %
месец	VI-IX	50 %
нитрати	1.3-3.3	50 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

За просечне и ниже вредности бактеријских заједница у овом сету података у кластеру 2 групишу се просечне и ниске вредности укупних фосфата, просечне и више вредности раствореног кисеоника и рН у распону 7.4-8.0. Ове вредности наведених параметара, са вероватноћом од 90%, јавиће се у површинским слојевима воде.

Табела 37. Карактеристике кластера 2 Бован - сет података 2

Параметри*	Вредности	Вероватноће
дубина	3	90 %
укупни фосфати	0-0.1	76 %
растворени кисеоник	7.0-11.5	69 %
хетеротрофи	1 430-6 761	58 %
рН	7.4-8.0	58 %
укупан број бактерија	1 350 000-3 475 789	56 %

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Разлике између кластера 1 и 2 дате су у Прилогу II - 21. Најдоминантија разлика је у заступљености мање дубине у кластеру 2 са 100% вероватноће. За њу се са мањим

вероватноћама, али ипак преко 50%, везују ниже вредности амонијака, а више вредности за температуру воде и БПК₅. У кластеру 1 се за ове параметре јављају обрнуте вредности.

Мањи број укупних бактерија и хетеротрофа у површинским слојевима воде везује се са високим садржајем раствореног кисеоника, ниском концентрацијом укупних фосфата и више базном рН (кластер 2). Високе вредности истих бактеријских група везују се за веће дубине и дно акумулације, за виши садржај нитрата и амонијака, ниске концентрације раствореног кисеоника и ниске вредности БПК₅ у летњем периоду (кластер 1). Наведено потврђује опште познате чињенице. У аеробним воденим срединама резултат активности бактерија доприноси снижењу садржаја кисеоника (Chróst, 1990). Растворени кисеоник се троши у процесу дисања и минерализације (труљења) органске материје, а обнавља се у процесу фотосинтезе и размене са атмосфером. Биолошка потрошња кисеоника говори о степену органског оптерећења. Зависи од кисеоника, микроорганизама, нитрита итд., као што и концентрација раствореног кисеоника зависи од температуре, притиска и количине соли у води. Опадање концентрације раствореног кисеоника иде са порастом дубине и температуре воде. У условима умерено континенталне климе језера се одликују температурном стратификацијом. Површински слој, епилимнион, најтоплији је у току летњег периода јер га загревају сучеви зраци. Идући ка дну језера температура воде опада и на дубини 10-15 m налази се слој воде са нижом температуром. Тај слој називамо металимнион. Због веће густине воде у њему се образује термоклина која је физичка препрека за веће мешање воде. Испод се налази основни слој са константном температуром, хиполимнион. У хиполимнион, због свега наведеног, доспева мало раствореног кисеоника, при чему могу да владају хипоксични или анаеробни услови. Зими се површински слој хлади услед ниских температура ваздуха, хладнија вода као гушћа тоне и долази до хомеотермије. Овај вид термичке стратификације карактеристичан је за димиктичка језера (Wetzel, 1983). Оваква језера одликују периоди пролећне и јесење циркулације и летње стратификације воде (Straškraba & Tundisi, 1999).

5.3. УКУПАН БРОЈ БАКТЕРИЈА

5.3.1. Класификација и анализа утицајних параметара

Гружа - сет података 1

Сет података 1 има укупно 95 објеката. Вредности су класификоване у пет класа. Прве три класе имају подједнаку, а последње две класе незнатну, скоро занемарљиву заступљеност. 46 објеката нема вредности за укупан број бактерија. Преглед је дат у Табели 38.

Табела 38. Класификација вредности за укупан број бактерија у акумулацији Гружа - сет података 1

Класа	Вредност*	Број података	Вероватноћа
1.	< 361578	14	15.02%
2.	361578-539704	18	18.62%
3.	539704-753259	12	13.21%
4.	753259-930812	2	4.20%
5.	≥ 930812	3	5.11%
-	-	46	43.84%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Анализа утицајних параметара у варијацији модела Гсп1 приказана је у Табели 39. Хетеротрофи или са најмањим или са највећим вредностима утичу са релативним утицајем 100 да се укупан број бактерија нађе у првој или у трећој класи. Максимум релативног утицаја (100) уочава се код високих вредности целулолизатора и Ушћа Борачке реке, да се укупни број бактерија нађе у другој класи. Максимум релативног утицаја целулолизатори показују и у распону 24.72-40.57 cfu/cm³, као и азотофиксатори у највећим вредностима на четврту класу укупног броја бактерија, као и дно на пету класу. Ниске концентрације Fe фаворизују да је укупан број бактерија мали (класа 1). На дубини од 3 m укупан број бактерија ће вероватно бити у другој или четвртој класи. Хетеротрофи у распону 3360-4700 cfu/cm³ и температура воде 10-12°C имају такође велики релативни утицај на другу класу укупног броја бактерија. Ако је температура воде ≥ 14°C велики је утицај да ће се укупан број бактерија наћи у трећој класи. Преко 50 релативног утицаја имају и вредности азотофиксатора у распону 48.76-72.54 cfu/cm³ да се јави четврта класа, као и вредности целулолизатори 7.67-24.72 cfu/cm³ за пету класу укупног броја бактерија. За сваку класу укупног броја бактерија присутан је већи број утицајних параметара али је највећи број њих са релативно малим утицајима (Табела 39).

Разлике у деловању утицајних параметара између класа укупног броја бактерија за акумулацију Гружа - сет података 1 дате су у Прилогу III - 1. Ниска бројност хетеротрофа врло вероватно указује на ниске вредности укупног броја бактерија и обрнуто. Ниске концентрације Fe са великим релативним утицајима одређују низак укупан број бактерија, док вредности Fe > 0.04 mg/cm³ имају велики утицај да укупан број бактерија буде у већим вредностима параметара који се пореде.

Табела 39. Кључни параметри и њихов утицај на вредности укупног броја бактерија у акумулацији Гружа - сет података 1

Параметар*	Вредност параметра	Класа укупног броја бактерија	Релативан утицај параметра
хетеротрофи	< 3360	< 361578	100
Fe	< 0.04	< 361578	80
хетеротрофи	3360-4700	< 361578	45
температура воде	10-12	< 361578	33
локација	24	< 361578	23
дубина	2	< 361578	21
целулолизатори	40.57-61.36	< 361578	17
целулолизатори	≥ 61.36	361578-539704	100
локација	19	361578-539704	100
дубина	3	361578-539704	77
хетеротрофи	3360-4700	361578-539704	61
температура воде	10-12	361578-539704	56
локација	17	361578-539704	19
хетеротрофи	≥ 9950	539704-753259	100
температура воде	≥ 14	539704-753259	51
локација	17	539704-753259	45
Fe	≥ 0.25	539704-753259	29
целулолизатори	40.57-61.36	539704-753259	28
азотофиксатори	≥ 72.54	539704-753259	28
дубина	3	539704-753259	24
хетеротрофи	4700-8380	539704-753259	12
целулолизатори	24.72-40.57	753259-930812	100
азотофиксатори	≥ 72.54	753259-930812	100
дубина	3	753259-930812	69
азотофиксатори	48.76-72.54	753259-930812	56
Fe	0.08-0.16	753259-930812	41
Fe	0.04-0.08	753259-930812	35
хетеротрофи	8380-9950	753259-930812	24
нитрификатори	0.6-2.66	753259-930812	19
локација	10	753259-930812	15
дубина	дно	≥ 930812	100
целулолизатори	7.67-24.72	≥ 930812	80
хетеротрофи	≥ 9950	≥ 930812	27
температура воде	< 8	≥ 930812	25
Fe	< 0.036	≥ 930812	16
локација	9	≥ 930812	11

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Уопштено, укупан број бактерија је праћен бројношћу хетеротрофа, као и температуром воде и садржајем гвожђа. Високе вредности азотофиксатора и средње целулолизатора везују се за већу бројност укупног броја бактерија, а раст бројности целулолизатора везује се за пад укупног броја. На делу акумулације од моста ка притокама уочавају се средње и веће вредности укупног броја бактерија.

Одређивање укупног броја бактерија (мртвих и метаболички активних) у запремини воде директним методама користи се за израчунавање биомасе и приближно одређивање степена органског загађења воде. Утицај температуре на бактерије је комплексан, температура делује и на продуктивност и на структуру заједнице. Утицај се најбрже испољава на продуктивност директно кроз ензимске реакције (Pomeroy & Wiebe, 2001, Adams et al., 2010). Други аутори истичу да је температура фактор који ограничава стопу репродукције бактерија

на вредностима нижим од 10°C. На вишим температурама, а нарочито током лета, нема зависности између овог фактора и стопе репродукције бактерија. У таквим условима главни фактор који регулише повећање броја бактерија је приступ лако асимилирајућим хранљивим материјама (Donderski, 1983, Simon & Tilzer, 1987). Количина бактериопланктона у води језера зависи пре свега од трофичности воденог тела и контаминације коју у њу доносе отпадне воде. Значајно виши број бактериопланктона везан је за део акумулације који је изложен приливу загађења антропогеног порекла (Donderski & Kalwasińska 2003). Утицај Fe и азотофиксатора у високим вредностима може се објаснити појавом да Fe гради нитрогеназе у процесу фиксације молекуларног азота (Ћомић, 1999). Велика бројност азотофиксатора најчешће је везана за повећан степен трофичности језера (Rodina, 1962, према Ћомић, 1989) и за алохтони унос притокама (Локоска, 2000).

Раст бројности целулолизатора везује се за пад укупног броја бактерија и у сагласности је са литературом. Целулоза се ствара у процесу фотосинтезе фитопланктона и макрофитске вегетације и њена количина у акватичном екосистему зависи од степена примарне продукције. У природи разградња целулозе се одвија интензивно захваљујући широко распрострањеним целулитичким микроорганизмима од којих целулолитичке бактерије могу да врше разградњу у аеробним и анаеробним условима. Фактори средине као што су температура, степен еутрофикације и рН воде утичу на деградацију целулозе (Zdanowski, 1977).

Гружа - сет података 2

Сет података 2 садржи 172 објекта. За укупан број бактерија недостају 48 вредности. Остале вредности су класификоване у пет класа. Преглед класа са вредностима и бројем података и вероватноћама дате су у Табели 40. Преглед резултата анализе утицајних параметара за варијацију модела Гсп2а дат је у Табели 41, а за варијацију модела Гсп2б у Табели 42.

Табела 40. Класификација вредности укупног броја бактерија у акумулацији Гружа - сет података 2

Класа	Вредност*	Број података	Вероватноћа
1.	< 289938	46	25.89%
2.	289938-427092	36	20.57%
3.	427092-630933	23	13.65%
4.	630933-796177	13	8.33%
5.	≥ 796177	6	4.61%
-	-	48	26.95%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Код оба модела у анализи се уочавају исти резултати. Прва класа, најмање вредности укупног броја бактерија, најчешће су у летњим месецима, са вредностима хлорида $\geq 11 \text{ mg/cm}^3$ и ниском бројношћу хетеротрофа. Утврђени утицаји за појаву друге класе вредности укупног

броја бактерија су испод релативног утицаја 50 и односе се на одређене концентрације нитрата и нитрита.

Табела 41. Кључни параметри и њихов утицај на вредности укупног броја бактерија у акумулацији Гружа - сет података 2, варијација модела Гсп2а

Параметар*	Вредност параметра	Класа укупног броја бактерија	Релативан утицај параметра
месец	VI-VII	< 289938	77
хлориди	≥ 11	< 289938	71
хетеротрофи	< 800	< 289938	54
нитрати	< 0.37	289938-427092	46
нитрити	6.44e-03-0.02	289938-427092	41
Ciliata	< 3	427092-630933	72
нитрати	0.37-1.11	427092-630933	46
азотофиксатори	< 139	427092-630933	45
месец	II-VI	427092-630933	43
Sorperoda	1311-1706	427092-630933	42
амонијак	< 0.05	427092-630933	37
амилолизатори	< 502	427092-630933	37
хлориди	< 3.5	427092-630933	34
температура воде	< 8.71	630933-796177	100
амонијак	< 0.05	630933-796177	98
месец	II-VI	630933-796177	93
хлорофил <i>a</i>	29.5-32.51	630933-796177	54
протеолизатори	< 329	630933-796177	50
азотофиксатори	< 139	630933-796177	50
хетеротрофи	800-1554	630933-796177	40
ХПК	20.64-22.67	630933-796177	37
Mn	0.1-0.22	≥ 796177	100
Fe	0.03-0.12	≥ 796177	63
фосфоминерализатори	< 147	≥ 796177	57
Sorperoda	≥ 1706	≥ 796177	53
дубина	≥ 19	≥ 796177	49
хетеротрофи	1554-2522	≥ 796177	49
укупне колиформне бактерије	220-500	≥ 796177	44
Sorperoda	1311-1706	≥ 796177	42
хлорофил <i>a</i>	20.34-23.11	≥ 796177	41
биомаса алги	1363-1548	≥ 796177	41
месец	II-VI	≥ 796177	38

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Да се укупан број бактерија јави у распону 427092-630933 bakt/cm³ (трећа класа) уочава се велики број параметара са малим утицајима. Значајан утицај имају вредности Ciliata < 3 ind/dm³, а код варијације модела Гсп2б и ако су вредности за *Filinia longiseta* 3 ind/dm³ и *Keratella cochlearis tecta* < 3 ind/dm³. Да се укупан број бактерија нађе у распону 630933-796177 bakt/cm³ (четврта класа) за варијацију модела Гсп2б издваја се утицај 100 за вредности *Keratella cochlearis tecta* < 3 ind/dm³. За исту класу значајне заједничке утицаје у оба модела имају вредности температуре воде < 9°C, амонијака < 0.05 mg/cm³ током летњих месеци. Код оба модела да се укупан број бактерија нађе у истом распону утичу и вредности хлорофил *a* 29.5-32.51 mg/m³, ниска бројност протеолизатора и азотофиксатора. Да се укупан број бактерија нађе у вредностима ≥ 796177 bakt/cm³ (пета класа) највише утицаја има

концентрација Mn 0.1-0.22 mg/m³ (100 - Гсп2а, 50 - Гсп2б). Највећи утицај на пету класу укупног броја бактерија имају вредности за *Eudiptomus gracilis* у распону 37-87 ind/dm³. Код ове класе, код варијације модела Гсп2а, постоји низ утицајних параметара који имају релативне утицаје углавном испод 50. Изузетак су одређене концентрације Fe, бројности фосфоминерализатора и Сорерода са утицајима од 63 до 53.

Код оба модела мали број утицајних параметара (један до три) је са великим релативним утицајем за сваку класу понаособ. За већи број параметара утицаји су испод 50. Разлике између модела се односе на различите утицајне параметре, њихов релативан утицај и на њихову разноликост.

Табела 42. Кључни параметри и њихов утицај на вредности укупног броја бактерија у акумулацији Гружа - сет података 2, варијација модела Гсп2б

Параметар*	Вредност параметра	Класа укупног броја бактерија	Релативан утицај параметра
месец	VI-VII	< 289938	77
хлориди	≥ 11	< 289938	71
хетеротрофи	< 800	< 289938	54
нитрати	< 0.37	289938-427092	46
нитрити	6.44e-03-0.02	289938-427092	41
<i>Ciliata</i>	< 3	427092-630933	72
<i>Flinia longiseta</i>	3	427092-630933	54
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	< 3	427092-630933	53
нитрати	0.37-1.11	427092-630933	46
азотофиксатори	< 139	427092-630933	45
месец	II-VI	427092-630933	43
<i>Synchaeta</i> sp.	31-138	427092-630933	42
Сорерода	1311-1706	427092-630933	42
амонијак	< 0.05	427092-630933	37
амилолизатори	< 502	427092-630933	37
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	< 3	630933-796177	100
температура воде	< 9	630933-796177	81
амонијак	< 0.05	630933-796177	79
месец	II-VI	630933-796177	75
<i>Synchaeta</i> sp.	16-31	630933-796177	47
<i>Keratella cochlearis macracantha</i>	< 3	630933-796177	46
хлорофил <i>a</i>	29.5-32.51	630933-796177	43
азотофиксатори	< 139	630933-796177	41
протеолизатори	< 329	630933-796177	41
<i>Eudiptomus gracilis</i>	37-87	≥ 796177	100
Mn	0.1-0.22	≥ 796177	50
<i>Flinia longiseta</i>	6	≥ 796177	44
<i>Synchaeta</i> sp.	≥ 138	≥ 796177	36

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Детаљан преглед утицајних параметара са релативним утицајима између класа укупног броја бактерија за оба модела дати су Прилогу III - 2, 3. У првом делу године од фебруара до јуна јављају се увек веће вредности, док у летњим месецима укупан број бактерија опада. Од септембра се број опет постепено повећава јер се фаворизују средње вредности. Сезонско варирање укупног броја бактерија када су највеће вредности забележене у зимско - пролећном периоду јесу резултат минерализације изумрлог фитопланктона који је најбројнији у јесен

(Gajin и сар., 1991a, 1991d). Веће вредности Ciliata и више концентрације амонијака утичу да укупан број бактерија буде мањи. Већа бројност Copepoda и више концентрација нитрата везују се за веће вредности укупног броја бактерија и обрнуто. Групи Copepoda припада и врста *Eudiaptomus gracilis*, за коју Maier, 1996, према Ostojić, 2008 наводи да преферира мезоолиготрофна језера, а трофичност утиче и на бројност бактерија. Веће дубине везују се за већи укупан број бактерија. Наведено је у складу са Ćomić (1989) да вредности бактерија расту ка дну где су у контактном слоју у највећем броју и где је минерализација материје најинтензивнија, као и са Ćurčić (2003) одакле је сет података преузет, али који је у том раду анализиран другачијим методама. Концентрација Mn у распону 0.1-0.22 mg/cm³ са великим релативним утицајем указује на највеће вредности укупног броја бактерија. Код модела Гсп2б вредности за *Keratella cochlearis tecta* < 3 ind/dm³ и *Eudiaptomus gracilis* 37-87 ind/dm³, значајно утичу да укупан број бактерија буде већи, док број *Brachionus angularis* < 32 ind/dm³ утиче да укупни број бактерија буде мањи.

Наведено се може објаснити тиме да у акумулацији Гружа у испитиваном периоду Rotatoria представљају доминантну групу (Ostojić, 2000), а овој групи припадају врсте *Filinia longiseta*, *Keratella cochlearis tecta*, *Brachionus angularis*. *Keratella cochlearis tecta* је типична за еутрофне воде (према Ostojić, 2008), као и род *Brachionus* (Макарцева, 1983, према Ostojić, 2008). Појава мале бројности врсте *Filinia longiseta*, уз средње вредности укупних бактерија може се подржати њеним налазима само у хладнијим слојевима воде или током хладнијих месеци (Остојић, 2000).

Разлика код утицајних параметара за укупан број бактерија у акумулацији Гружа - сет података 2 у односу на сет података 1, је да физиолошке групе бактерија утичу са ниским вредностима на различите класе укупних бактерија, али им је утицајност релативно ниска. Уместо утицајног Fe овде срећемо значајан утицај Mn у већим концентрацијама на више класе. Хетеротрофи су утицајни само са ниским вредностима на ниске вредности укупних бактерија, док се правилност код високих бројности и једних и других не уочава што је био случај код сета података 1.

Грошница - сет података 1

Сет садржи укупно 172 објекта који су за укупан број бактерија сврстани у пет класа од којих су најзначајније прве три класе. Не постоји 28 вредности за укупан број бактерија. Преглед груписања вредности у класе са бројем података у њима као и процентуалном заступљеношћу дат је у Табели 43. Резултати варијације модела Всп1а и Всп1б дати су у Табелама 44 и 45.

Табела 43. Класификација вредности укупног броја бактерија у акумулацији Грошница - сет података 1

Класа	Вредност*	Број података	Вероватноћа
1.	< 3206895	44	23.57%
2.	3206895-4769531	57	30.13%
3.	4769531-6593695	36	19.53%
4.	6593695-9398500	13	7.91%
5.	≥ 9398500	4	3.37%
-	-	28	15.49%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 44. Кључни параметри и њихов утицај на вредности укупног броја бактерија у акумулацији Грошница - сет података 1, варијација модела Всп1а

Параметар*	Вредност параметра	Класа укупног броја бактерија	Релативан утицај параметра
pH	≥ 8.22	< 3206895	100
дубина	3	< 3206895	98
БПК ₅	≥ 4.06	< 3206895	95
растворени кисеоник	≥ 10	< 3206895	67
укупан хлорофил	0.13-0.17	< 3206895	59
факултативни олиготрофи	< 307	< 3206895	47
амонијак	< 0.06	< 3206895	47
хетеротрофи	< 181	< 3206895	41
месец	I	< 3206895	32
ИФА	3.90-4.86	3206895-4769531	61
укупан хлорофил	< 0.07	3206895-4769531	49
хлорофил <i>a</i>	< 3.22	3206895-4769531	31
месец	VII	3206895-4769531	29
месец	II	4769531-6593695	91
хетеротрофи	800-1255	4769531-6593695	91
амонијак	≥ 3.13	4769531-6593695	62
укупан хлорофил	0.07-0.087	4769531-6593695	50
ИФА	< 1.42	4769531-6593695	41
Mn	≥ 0.42	6593695-9398500	100
растворени кисеоник	< 2.00	6593695-9398500	96
дубина	19	6593695-9398500	82
ИФА	2.94-3.90	6593695-9398500	82
Fe	0.08	6593695-9398500	74
хетеротрофи	≥ 1255	6593695-9398500	70
pH	7.18-7.55	6593695-9398500	61
pH	7.55-8.00	6593695-9398500	60
амонијак	0.06-2.61	6593695-9398500	60
нитрити	< 0.004	6593695-9398500	53
растворени кисеоник	2.00-6.55	6593695-9398500	49
Protozoa	≥ 859	6593695-9398500	47
Mn	0.17-0.24	6593695-9398500	31
дубина	19	≥ 9398500	100
дубина	20	≥ 9398500	90
укупни фосфати	≥ 0.246	≥ 9398500	74
Mn	0.17-0.24	≥ 9398500	74
амонијак	2.61-3.13	≥ 9398500	54
амонијак	0.06-2.61	≥ 9398500	42
нитрати	0.2	≥ 9398500	36
хетеротрофи	≥ 1255	≥ 9398500	31
електропроводљивост	415-458	≥ 9398500	31

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Да се јави прва класа укупног броја бактерија, код оба модела, највише утицаја имају вредности $pH \geq 8.22$, мале дубине, ако је $BPK_5 \geq 4.06 \text{ mg/cm}^3$, растворени кисеоник $\geq 10 \text{ mg/cm}^3$ и укупан хлорофил у распону $0.13-0.17 \text{ mg/dm}^3$. Релативни утицај мањи од 50 да се јави прва класа укупног броја бактерија има већи број различитих параметара. На другу класу укупног броја бактерија највећи утицај има вредност ИФА $3.90-4.86 \text{ } \mu\text{mol/s/dm}^3$, док су други параметри са релативним утицајем испод 50. Код варијације модела Всп1а јавља се више утицајних параметара на ову класу. На трећу класу укупног броја бактерија могу да укажу неколико параметара који се јављају код оба модела и имају релативан утицај преко 50 и неколико који се разликују, а имају релативан утицај испод 50. Најзначајнији утицаји на ову класу код оба модела су еколошки услови у фебруару, хетеротрофи у распону $800-1255 \text{ cfu/cm}^3$, концентрација амонијака $\geq 3.13 \text{ mg/cm}^3$ и укупан хлорофил $0.07-0.087 \text{ mg/dm}^3$. Укупан хлорофил срећемо у обрнутој пропорцији у односу на укупан број бактерија што Вратбак (1987) објашњава конкуренцијом у односу на неорганске фосфате. Највеће разлике између модела срећемо код утицаја на четврту класу укупног броја бактерија. Код оба модела имамо низ истих утицајних параметара који се разликују по степену утицајности. Код оба модела они имају релативан утицај преко 50 и то су: $Mn \geq 0.42 \text{ mg/cm}^3$, растворени кисеоник $< 2 \text{ mg/cm}^3$, веће дубине, ИФА $2.94-3.90 \text{ } \mu\text{mol/s/dm}^3$, $Fe 0.08 \text{ mg/cm}^3$ и хетеротрофи $\geq 1255 \text{ cfu/cm}^3$.

Варијација модела Всп1б за четврту класу даје примаран утицај одсуства врсте *Polyarthra vulgaris*. Насупрот томе, високе вредности других врста групе Rotatoria као што су *Brachionus diversicornis diversicornis*, *B. diversicornis homoceros* и ниска бројност *Synchaeta* sp., као и *Carshesium polypinum* код овог модела имају исто значајан утицај преко 50. Нижа бројност *Synchaeta* sp. која је карактеристична за ниже степене трофије (Shumka et al., 1998, према Ostojić, 2008), и високе вредности *Brachionus diversicornis*, карактеристичних за еутрофне воде (Макарцева, 1983, према Ostojić, 2008), може преко већег степена трофије да објасни већу бројност укупних бактерија. За ову класу укупног броја бактерија постоји још низ истих утицајних параметара код оба модела који имају мали утицај. Пету класу укупног броја бактерија код оба модела најзначајније одређују веће дубине, вредности за Mn у распону $0.17-0.24 \text{ mg/cm}^3$ и концентрације укупних фосфата $\geq 0.25 \text{ mg/cm}^3$. Ако је *Synchaeta* sp. у максималној бројности и *Kellicottia longispina* у ниској, највероватније ће укупан број бактерија бити $\geq 9398500 \text{ bakt/cm}^3$, односно у петој класи. Оваква ситуација код наведених врста указује на ниже степене трофије и није у складу са објашњењем датим за четврту класу, али са обзиром на заступљеност пете класе, може се сумњати у валидност закључака. Код варијације модела Всп1а мање релативне утицаје испољава већи број параметара. Садржај амонијака са два опсега вредности, јавља се и код варијације модела Всп1б, али му се релативни утицај да одреди пету класу незнатно разликује.

Табела 45. Кључни параметри и њихов утицај на вредности укупног броја бактерија у акумулацији Грошница - сет података 1, варијација модела Всп1б

Параметар*	Вредност параметра	Класа укупног броја бактерија	Релативан утицај параметра
pH	≥ 8.22	< 3206895	100
дубина	3	< 3206895	98
БПК ₅	≥ 4.06	< 3206895	95
растворени кисеоник	≥ 10	< 3206895	67
укупан хлорофил	0.13-0.17	< 3206895	59
факултативни олиготрофи	< 307	< 3206895	47
амонијак	< 0.06	< 3206895	47
ИФА	3.90-4.86	3206895-4769531	61
укупан хлорофил	< 0.07	3206895-4769531	49
хетеротрофи	800-1255	4769531-6593695	91
месец	II	4769531-6593695	91
амонијак	≥ 3.13	4769531-6593695	62
укупан хлорофил	0.07-0.09	4769531-6593695	50
ИФА	< 1.42	4769531-6593695	41
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	0	6593695-9398500	100
Мп	≥ 0.42	6593695-9398500	74
растворени кисеоник	< 2.00	6593695-9398500	71
дубина	19	6593695-9398500	61
ИФА	2.94-3.90	6593695-9398500	61
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	41 или 71	6593695-9398500	55
<i>B. diversicornis homoceros</i>	39 или 108	6593695-9398500	55
Fe	0.08	6593695-9398500	55
<i>Synchaeta</i> sp.	4	6593695-9398500	55
<i>Carchesium polypinum</i>	5	6593695-9398500	55
хетеротрофи	≥ 1255	6593695-9398500	52
pH	7.18-7.55	6593695-9398500	46
pH	7.55-8.00	6593695-9398500	45
амонијак	0.06-2.61	6593695-9398500	44
нитрити	< 0.004	6593695-9398500	40
растворени кисеоник	2.00-6.55	6593695-9398500	37
<i>Keratella cochlearis hispida</i>	≥ 435	6593695-9398500	35
<i>Synchaeta</i> sp.	20	≥ 9398500	100
дубина	19	≥ 9398500	87
дубина	20	≥ 9398500	78
Мп	0.17-0.24	≥ 9398500	65
укупни фосфати	≥ 0.25	≥ 9398500	65
<i>Kellicottia longispina</i>	< 3	≥ 9398500	63
амонијак	2.61-3.13	≥ 9398500	47

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Разлике у деловању утицајних параметара између класа укупног броја бактерија за оба модела дате су у Прилогу III - 4, 5. Вредности pH < 8 фаворизују веће вредности укупног броја бактерија, а pH ≥ 8.21 фаворизују најмање вредности. Ако је растворени кисеоник у вредностима ≥ 10 mg/cm³ укупан број бактерија ће најчешће бити мали, док ако је он < 2 mg/cm³, вредности за укупан број бактерија ће увек бити веће. Наведено је да се растворени кисеоник троши у процесу дисања и минерализације органске материје, а обнавља се у процесу фотосинтезе и размене са атмосфером. Опадање концентрације раствореног кисеоника иде са порастом дубине (вертикална дистрибуција) у дубљем хиполимнону. Смањење количине раствореног кисеоника у води и подлози је резултат активности бактерија. pH је у вези са кисеоником и показује вертикалну стратификацију, опада са дубином, Регулише га равнотежа

угљендиоксида и карбоната, а на њу утичу хумусне супстанце, биолошка активност биљака, соли које хидролизирају. У условима осветљења раст фотосинтезе у епилимниону доводи до узимања угљендиоксида што доводи до раста рН. *Cyanobacteria* су отпорне на раст рН па се само оне даље размножавају (Sharigo, 1990). Правилност се уочава у периоду од фебруара до јула када се увек јављају веће вредности поређених параметара, док мање дубине фаворизују најмање вредности укупног броја бактерија и обрнуто, што је у складу са ситуацијом у акумулацији Гружа. Правилност је пронађена само код најмање и највеће дубине и за прву и пету класу. Број хетеротрофа прати укупан број бактерија, тако да већа вредност једних прати већу вредност других и обратно, што је такође у сагласности са акумулацијом Гружа у ранијем периоду. За разлику од акумулације Гружа код које концентрације амонијака не прате укупан број података, у акумулацији Грошница се уочава јасна зависност ова два параметра.

Бован - сет података 2

Сет садржи укупно 57 објеката. За укупан број бактерија постоје све вредности и оне су сврстане у пет класа. Детаљан преглед класа са вредностима и бројем података као и њиховом заступљеношћу у процентима дат је у Табели 46.

Табела 46. Класификација вредности укупног броја бактерија у акумулацији Бован - сет података 2

Класа	Вредност *	Број података	Вероватноћа
1.	< 2187659	9	16.71%
2.	2187659-3238331	15	24.93%
3.	3238331-4027137	12	20.82%
4.	4027137-4803648	14	23.56%
5.	≥ 4803648	7	13.97%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Извештај анализе утицајних параметара дат је у Табели 47. Прва класа укупног броја бактерија значајно је везана за прва три месеца године и за концентрације нитрата < 0.01 mg/cm³. Висок утицај имају и вредности хетеротрофа < 3875 cfu/cm³. За прву класу укупног броја бактерија везани су и други параметри, али је њихов утицај мањи. Ако су вредности нитрита < 0.005 mg/cm³ највероватније је да ће укупан број бактерија имати вредности друге класе. Утицај других параметара је готово занемарљив. Ако је концентрација амонијака у распону 0.15-0.38 mg/cm³ и рН < 7.14 са високим утицајима, вредност укупног броја бактерија ће бити у трећој класи. За ову класу значајне су и вредности хлорофил *a* ≥ 21.8 mg/m³ и електропроводљивости у распону 429-446 μS/cm. Анализа за ову класу даје још неке утицајне параметре, али су њихови утицаји занемарљиво мали. Ако је током лета концентрација хлорофила *a* < 13.2 mg/m³, укупан број бактерија ће врло вероватно бити у четвртој класи. Пета класа укупног броја бактерија ће се скоро сигурно јавити на већим дубинама. Низ различитих параметара се јавља у одређивању ове класе са ниским релативним утицајима.

Ако расте концентрација амонијака, нитрита и нитрата онда то указује да има више органског материјала, при чему се мења рН. рН показује и вертикалну стратификацију, опада са дубином. И хлорофил (овде хлорофил *a*) стоји у обрнутој пропорцији са укупним бројем бактерија, што се објашњава сезонском сукцесијом и компетиторским односима. Bird & Kalff (1984) су установили близак математички однос између укупног броја бактерија и алгалне биомасе (хлорофила *a*), а све у вези са поклапањем примарне и секундарне продуктивности.

Табела 47. Кључни параметри и њихов утицај на вредности укупног броја бактерија у акумулацији Бован - сет података 2

Параметар*	Вредност параметра	Класа укупног броја бактерија	Релативан утицај параметра
месец	I-III	< 2187659	100
нитрити	0.005-0.01	< 2187659	94
хетеротрофи	< 3875	< 2187659	63
дубина	3	< 2187659	36
амонијак	< 0.15	< 2187659	31
растворени кисеоник	≥ 9.61	< 2187659	21
нитрати	2.93-4.22	< 2187659	8
температура воде	< 7	< 2187659	7
нитрити	< 0.005	2187659-3238331	97
рН	7.53-7.77	2187659-3238331	20
нитрити	0.01-0.03	2187659-3238331	11
амонијак	0.15-0.38	3238331-4033012	100
рН	< 7.14	3238331-4033012	94
хлорофил <i>a</i>	≥ 21.8	3238331-4033012	73
електропроводљивост	429-446	3238331-4033012	53
БПК ₅	2.07-2.77	3238331-4033012	36
укупни фосфати	≥ 0.1	3238331-4033012	4
хетеротрофи	≥ 12745	3238331-4033012	3
хлорофил <i>a</i>	< 13.2	4033012-4771063	100
месец	VI-VIII	4033012-4771063	78
дубина	24	≥ 4771063	100
температура воде	7.26-10.63	≥ 4771063	48
амонијак	≥ 0.90	≥ 4771063	28
растворени кисеоник	2.51-6.04	≥ 4771063	17
БПК ₅	0.77-1.38	≥ 4771063	14
растворени кисеоник	< 2.51	≥ 4771063	12
нитрити	0.03-0.07	≥ 4771063	7
хлорофил <i>a</i>	19.5-21.8	≥ 4771063	5
месец	VI-VIII	≥ 4771063	3

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Разлике деловања утицајних параметара између класа укупног броја бактерија за овај сет података детаљно су приказане у Прилогу III - 6. На најмањим дубинама уочавају се најмање, а на највећим највеће вредности укупног броја података. Правилност се не уочава код других дубина као и код других вредности за укупан број, што је исто као код акумулације Грошница. У летњем периоду су увек веће вредности укупног броја бактерија, што је такође уочено и код акумулације Грошница где је највећа бројност у јулу. Интересантно је да када се пореде најниже (класа 1) или највише (класа 5) вредности укупног броја бактерија са другим

класама, вредности нитрита у распону 0.03-0.07 mg/cm³ увек фаворизују или класу 1 или класу 5. У поређењу прве и пете класе нема фаворизације у односу на концентрацију нитрита.

5.3.2. Анализа сценарија

Анализе сценарија су рађене на сетовима података, за све три акумулације који приказују најскорије стање бактеријских заједница. Резултати анализе су приказани само за неке објекте због великог броја објеката.

Гружа - сет података 3 и Грошница - сет података 2 не садрже податке за укупан број бактерија. За Бован - сет података 2 постоје подаци за укупан број бактерија и приказани резултати (Табеле 48 и 49) односе се на локацију брана, дубине 3, 13, 24 m, у VI, VII, VIII и IX месецу, 2005. године. Због могуће примене у пракси као утицајни хемијски параметри су изабрани растворени кисеоник, нитрати и укупни фосфати. Анализа сценарија нуди две могућности. Прва је да се постави одређени циљ, нпр. смањење укупног броја бактерија за 5%, а анализа ће да одреди да ли то из понуђених вредности може да се оствари и ако може колике би биле препоручене вредности хемијског параметра. Друга могућност је да се изабере хемијски параметар на кога се утиче, нпр. ако се повећа концентрација кисеоника за 5%, да се утврди како се мења укупан број бактерија.

Ако нам је циљ смањење укупног броја бактерија за 5%, концентрације раствореног кисеоника, нитрата и укупних фосфата треба да промене своје вредности (Табела 48). Некада је то могуће (у табели ознака: 1) а некада не (-1). За задати циљ концентрације и раствореног кисеоника и нитрата треба да су знатно ниже од измерених вредности, што у неким случајевима није могуће постићи. Код укупних фосфата постоји више позитивних решења и њихова вредност се за успешан резултат негде повећава а негде смањује. Анализа даје поверење 56.67 (Табела 49). Уочава се да повећање концентрација раствореног кисеоника негде доводи до смањења, а негде до повећања укупног броја бактерија. Истиче се правилност да даљим повећањем концентрације раствореног кисеоника се наставља правац у кретању броја (ако се укупан број бактерија смањује, наставља да се смањује, а уколико се повећава, наставља да се повећава). Ситуација је слична и ако се концентрација нитрата или укупних фосфата смањи. Укупан број бактерија се негде повећава, а негде смањује. Код ова два параметра за даље смањење вредности, укупан број бактерија који се прво смањио на даље се увек повећава.

Табела 48. Анализа сценарија за Тражени циљ смањење укупног броја бактерија у акумулацији Бован - сет података 2

Измерене вредности за параметре*				Циљ: укупан број бактерија-5%	Препоручен: растворени кисеоник	Циљ: укупан број бактерија-5%	Препоручен: нитрати	Циљ: укупан број бактерија-5%	Препоручен: укупни фосфати
растворени кисеоник	нитрати	укупни фосфати	укупан број бактерија						
8.7	4.3	0.071	4050000	-1	2.9	-1	0.97	1	0.192
5.1	3.8	0.034	4650000	1	0.9	1	0.2	1	0.006
4.5	3.8	0.053	5250000	1	0.9	1	0.2	1	0.006
7.2	1.3	0.01	4200000	-1	2.9	-1	0.97	1	0.415
2.3	2.9	0.045	4650000	-1	2.9	-1	0.97	1	0.192
2	2.4	0.051	5550000	1	0.9	1	0.2	1	0.006
6.4	1.1	0.006	3150000	-1	2.9	-1	0.97	1	0.869
0.9	1.2	0.69	3750000	1	0.9	1	0.2	1	0.641
0.95	1.4	0.097	5250000	1	0.9	1	0.2	1	0.006
7.2	0.6	0.024	2100000	-1	2.9	-1	0.97	-1	0.869

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 49. Анализа сценарија, Шта ако, за укупан број бактерија у акумулацији Бован - сет података 2

Измерене вредности за параметре*				Ако је растворен кисеоник +5% онда је укупан број бактерија	Ако је растворен кисеоник +10% онда је укупан број бактерија	Ако су нитрати -5% онда је укупан број бактерија	Ако су нитрати -10% онда је укупан број бактерија	Ако су укупни фосфати -5% онда је укупан број бактерија	Ако су укупни фосфати -10% онда је укупан број бактерија
растворен кисеоник	нитрати	укупни фосфати	укупан број бактерија						
8.7	4.3	0.071	4050000	3715619	3652189	3860247	3941445	3786955	3794860
5.1	3.8	0.034	4650000	2937868	2900685	3046807	3118563	2978837	2982622
4.5	3.8	0.053	5250000	2693696	2660888	2798261	2870017	2732406	2738307
7.2	1.3	0.01	4200000	4457232	4404738	4534275	4558823	4510840	4511953
2.3	2.9	0.045	4650000	4651006	4634237	4722536	4777297	4672785	4677796
2	2.4	0.051	5550000	4167414	4152832	4227315	4272634	4187674	4193352
6.4	1.1	0.006	3150000	4875087	4828426	4942520	4963292	4922417	4923085
0.9	1.2	0.69	3750000	3045582	3039021	3074804	3097464	3128970	3205795
0.95	1.4	0.097	5250000	4462779	4455853	4496142	4522579	4480506	4491306
7.2	0.6	0.024	2100000	4142167	4089672	4205991	4217320	4197333	4200005

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед; Поверење 56.67

5.3.3. Вештачке неуронске мреже

За моделирање вештачким неуронским мрежама коришћен је *Гружа - сет података 5* са комплетних 258 података за већи број параметара. Урађена је анализа осетљивости која је издвојила неке од параметара као значајне за моделирање. Од резултата добијених анализом осетљивости, покушај да се направи валидан модел за предвиђање укупног броја бактерија у овој акумулацији није био успешан. Од пет направљених модела са улазима по препоруци анализе осетљивости ни један није имао добар коефицијент корелације за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података. Модел који је за улазе користи параметре добијене стандардним физичко-хемијским и биолошким анализама има добре особине. За моделирање укупног броја бактерија направљен је модел Гсп5убб који као улазе користи: температуру воде, рН, растворени кисеоник, Мп, Fe, хлориде, електропроводљивост, нитрате, нитрите, амонијак, укупне фосфате, хлорофил *a*, ХПК, БПК₅, ИФА, хетеротрофе психрофиле, хетеротрофе мезофиле. Параметри коришћени за моделирање, као и њихов однос са укупним бројем бактерија, објашњени су током анализе утицаја за сваки сет података. Корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији *Гружа - сет података 5* и структура мреже дати су у Табели 50. Уочава се да је и код овог модела лоша валидација.

Табела 50. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији *Гружа - сет података 5*, модел Гсп5убб

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
17-30-1	0.998	0.661	0.854	0.865

За акумулацију *Грошница - сет података 5* такође је урађена анализа осетљивости. Ни један конструисан модел није дао задовољавајуће резултате. Један од разлог за то може бити недостатак хетеротрофа мезофила и ИФА као улазних параметара. Висока зависност ИФА и укупног броја бактерија нађена је у анализи утицајних параметра за акумулацију *Грошница*. Немогућност конструисања валидног модела може се објаснити и чињеницом да је укупан број бактерија, коришћен у овим анализама и моделирањима, врло непрецизан параметар (у себи обухвата и мртве и живе бактерије, велика могућност грешке при бројању, превелика бројност у односу на остале параметре).

Због разноликости метаболичких путева и начина живота, као и велике пластичности у одвијању биохемијских процеса, не постоји универзална подлога на којој би се могла утврдити целокупна бројност бактерија присутних у некој средини. Чињеница је да одгајивачким методама откривамо само један незнатни део бактеријске популације одређених метаболичких својстава, и да једино директним методама можемо одредити бројност свих присутних бактерија неког узорка (Petrović i sar., 1998). Број бактерија (мртвих и метаболички активних) зависи од климатских услова, пре свега од количине падавина (унос алохтоног материјала спирањем са земљишта) и температуре (Ћурчић, 2003). Укупан број бактерија варира по

сезонама (Gajin i sar., 1990, 1991a,d) и по локалитетима. Значајно виши број бактериопланктона везан је за део акумулације који је изложен приливу антропогеног загађења (Donderski & Kalwasińska, 2003). Сезонско варирање, када су највеће вредности забележене у зимско - пролећном периоду, је резултат минерализације изумрлог фитопланктона који је најбројнији у јесен (Gajin i sar., 1991a, d). Ако укупан број бактерија не показује никакву правилност то је последица јаког антропогеног утицаја (Gajin i sar., 1991b, c).

5.4. ХЕТЕРОТРОФИ (ПСИХРОФИЛИ)

5.4.1. Класификација и анализа утицајних параметара

Гружа - сет података 1

Сет података има укупно 95 објеката. За хетеротрофе психрофиле не постоји 22 вредности. Остале вредности су класификоване у пет класа подједнаке значајности. Преглед класификације са класама, њиховим вредностима, бројем података и вероватноћама дат је у Табели 51.

Табела 51. Класификација вредности хетеротрофа психрофила у акумулацији Гружа - сет података 1

Класа	Вредност*	Број података	Вероватноћа
1.	< 3360	14	15.02%
2.	3360-4700	14	15.02%
3.	4700-8380	15	15.92%
4.	8380-9950	14	15.02%
5.	≥ 9950	16	16.82%
-	-	22	22.22%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Преглед утицајних параметара и њихов утицај на вредности хетеротрофа у акумулацији Гружа – сет података 1 за варијацију модела Гсп1 дат је у Табели 52. Анализа утицајних параметара показала је да су на дубини од 8 m хетеротрофи у првој класи са релативним утицајем 100. Да се јави иста класа значајан утицај имају: мутноћа 50, низак укупан број бактерија, ниска концентрација Fe и pH < 7.33. Ниже вредности раствореног кисеоника, мања бројност азотофиксатора као и веће вредности ортофосфата такође су међу параметрима који су утицајни за ову класу хетеротрофа, али су њихови утицаји релативно слаби. Да се вредности хетеротрофа нађу у другој класи, релативан утицај 100 ће имати вредности нитрата < 0.2 mg/cm³. Битан утицај имају и вредности температуре воде 12-14°C. За појаву ове класе постоји и већи број других параметара чији су релативни утицаји испод 50. Ако су азотофиксатори у распону 38-49 cfu/cm³ хетеротрофи психрофили ће се вероватно наћи у трећој класи. И за ову класу постоји већи број утицајних параметара чији је утицај испод 50. Ако су азотофиксатори у високом броју, хетротрофи ће највероватније бити у четвртој класи. На ову класу утиче растворени кисеоник 6.91-8.04 mg/cm³ и врло ниске вредности нитрита. Као и код предходних класа и овде срећемо већи број различитих параметара и њихових опсега који имају релативно мали утицај, испод 50. На највеће вредности највише указују вредности укупног броја бактерија у распону 539704-753259 bakt/cm³. Друге вредности бактерија и други параметри су са знатно нижим утицајима.

Разлике деловања утицајних параметара између класа хетротрофа за овај сет података приказане су у Прилогу IV - 1. На мањим дубинама (3 m) се чешће налазе веће вредности

хетеротрофа од поређених, а на дубинама 8 m, мање. За друге дубине и вредности хетеротрофа, анализа не налази правилност. Вредности за укупан број бактерија прате вредности за хетеротрофе, тако да најмање вредности за укупан број бактерија фаворизују најмање вредности за хетеротрофе, средње фаворизују средње и тд. рН < 7.33 увек фаворизује нижу бројност хетеротрофа док више вредности рН фаворизују више класе хетеротрофа од поређених. Током месеца јула срећу се увек веће вредности, а током новембра мање. Ниже вредности Mn, Fe и нитрита фаворизују ниже вредности хетеротрофа, као и неке мање и средње вредности нитрификатора, азотофиксатора и раствореног кисеоника.

Табела 52. Кључни параметри и њихов утицај на вредности хетеротрофа психрофила у акумулацији Гружа - сет података 1

Параметар*	Вредност параметра	Класа хетеротрофа психрофила	Релативан утицај параметра
дубина	8	< 3360	100
мутноћа	50	< 3360	76
укупан број бактерија	< 361578	< 3360	76
Fe	< 0.04	< 3360	60
рН	< 7.33	< 3360	50
растворени кисеоник	< 4.13	< 3360	35
азотофиксатори	< 15	< 3360	28
нитрати	< 0.2	3360-4700	100
температура воде	12-14	3360-4700	57
азотофиксатори	15-38	3360-4700	48
укупан број бактерија	361578-539704	3360-4700	48
укупан број бактерија	< 361578	3360-4700	45
дубина	3	3360-4700	36
азотофиксатори	38 -49	4700-8380	100
ортофосфати	1.15-2.08	4700-8380	37
рН	≥ 8.47	4700-8380	37
амонијак	< 0.05	4700-8380	28
азотофиксатори	≥ 73	8380-9950	100
растворени кисеоник	6.91-8.04	8380-9950	91
нитрити	< 4.78E-03	8380-9950	55
рН	7.75-7.96	8380-9950	48
дубина	3	8380-9950	46
локација	19	8380-9950	44
локација	17	8380-9950	44
температура воде	≥ 14	8380-9950	42
Mn	0.02-0.04	8380-9950	42
БПК ₅	< 1.17	8380-9950	27
Fe	0.04-0.08	8380-9950	27
укупан број бактерија	539704-753259	≥ 9950	100
укупан број бактерија	≥ 930812	≥ 9950	46
азотофиксатори	49-73	≥ 9950	40

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Утицај укупног броја бактерија и азотофиксатора, чије бројности у одређеној мери прате бројност хетеротрофа, утицај различитих концентрација Fe, као и раствореног кисеоника и температуре, објашњен је у анализи укупног броја бактерија за акумулацију Гружа - сет података 1. рН може имати утицај кроз доступност јона и метала у траговима. Флукуација у

вредностима рН може такође утицати и кроз директне биолошке механизме (Stepanauskas et al., 2003, Yannarell & Triplett, 2005).

Гружа - сет података 2

Сет података садржи укупно 172 објекта, од којих за хетеротрофе недостају 48 вредности. Преглед класификованих вредности за овај сет података дат је у Табели 45. Приказане су класе са вредностима и бројем података у њима, као и вероватноће. Најзначајнија је прва класа.

Табела 53. Класификација вредности хетеротрофа психрофила у акумулацији Гружа - сет података 2

Класа	Вредност*	Број података	Вероватноћа
1.	< 800	62	34.40%
2.	800-1554	35	20.04%
3.	1554-2522	18	10.99%
4.	2522-4409	7	5.14%
5.	≥ 4409	2	2.48%
-	-	48	26.95%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

За овај сет података као модели употребљени су варијације модела Гсп2а и Гсп2б. Најзначајнији утицајни параметри и степен њиховог утицаја су исти за оба модела за свих пет класа хетеротрофа у овом сету података. Разлике се налазе код параметара са малим степеном утицаја за било које вредности хетеротрофа, као и код другог модела где се врсте зоопланктона јављају као утицајне за одређене вредности хетеротрофа (Табела 54 и 55).

Хетеротрофи мезофили у овом сету података имају примаран утицај на сваку класу хетеротрофа психрофила, што се може објаснити постојањем значајног степена позитивне корелације између ове две групе у акумулацији Гружа - сет података 2 (0.82). Ако су хетеротрофи мезофили < 284 cfu/cm³ број психрофила је највероватније < 800 cfu/cm³, ако су мезофили 284-731 cfu/cm³, психрофили су највероватније 1554-2522 cfu/cm³. Ако су мезофили у распону 1127-1974 cfu/cm³, психрофили су врло вероватно 2522-4409 cfu/cm³, док ако су мезофили ≥ 1974 cfu/cm³, психрофили су највероватније ≥ 4409 cfu/cm³. Хетеротрофи мезофили у наведеним вредностима имају релативан утицај 100. Само код друге класе хетеротрофа психрофила нема ове правилности. Прву класу хетеротрофа одређује само један, већ наведени параметар. Код других класа јавља се већи број утицајних параметара.

На другу класу хетеротрофа највеће утицаје имају ниске вредности амиллизатора и целулолизатора. На хетеротрофе психрофиле у распону 1554-2522 cfu/cm³, осим примарног утицаја једне вредности мезофила, и други распон истог параметра (731-1127 cfu/cm³) може да има нешто мањи утицај. На појаву треће класе утичу веће дубине и висок укупан број бактерија. У варијацији модела Гсп2б срећемо и утицај *Eudiptomus gracilis* 37-87 ind/dm³ и *Bosmina longirostris similis* ≥ 163 ind/dm³. Код истог модела код четврте класе хетеротрофа

налазимо значајне утицаје одређене бројности врста *Flinia longiseta*, *Keratella cochlearis macracantha*, *Brachionus diversicornis diversicornis* и *Tintinnidium fluviatile*.

Табела 54. Кључни параметри и њихов утицај на вредности хетеротрофа психрофила у акумулацији Гружа - сет података 2, варијација модела Гсп2а

Параметар*	Вредност параметра	Класа хетеротрофа психрофила	Релативан утицај параметра
хетеротрофи мезофили	< 284	< 800	100
амилолизатори	< 502	800-1554	72
целулолизатори	< 11	800-1554	50
хетеротрофи мезофили	284-731	800-1554	48
протеолизатори	< 329	800-1554	44
БПК ₅	1.66-2.95	800-1554	31
азотофиксатори	< 139	800-1554	30
фосфоминерализатори	147-358	800-1554	30
ИФА	< 0.91	800-1554	30
укупан број бактерија	630933-796177	800-1554	30
хетеротрофи мезофили	284-731	1554-2522	100
хетеротрофи мезофили	731-1127	1554-2522	87
укупан број бактерија	≥ 796177	1554-2522	54
дубина	≥ 19	1554-2522	51
температура воде	< 8.71	1554-2522	48
нитрати	≥ 5.66	1554-2522	40
нитрити	≥ 0.05	1554-2522	37
хетеротрофи мезофили	1127-1974	2522-4409	100
ХПК	25.99-29.68	2522-4409	84
хетеротрофи мезофили	731-1127	2522-4409	65
протеолизатори	≥ 4144	2522-4409	61
хлориди	3.5-8.60	2522-4409	59
ИФА	2.71- 3.74	2522-4409	38
укупан број бактерија	427092- 630933	2522-4409	31
нитрати	< 0.37	2522-4409	29
азотофиксатори	751-912	2522-4409	29
протеолизатори	2274-4144	2522-4409	29
хетеротрофи мезофили	≥ 1974	≥ 4409	100
хетеротрофи мезофили	1127-1974	≥ 4409	63
растворени кисеоник	3.00-6.09	≥ 4409	61
БПК ₅	1.66-2.95	≥ 4409	51
укупне колиформне бактерије	220-500	≥ 4409	38

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Код оба модела за четврту класу најутицајнији су, као што смо навели, хетеротрофи мезофили који и у другом распону вредности (731-1127 cfu/cm³) имају нешто мање утицаја. Значајан утицај има ХПК у распону 25.99-29.68 mg/cm³. Утицај на ову класу има велики број параметара од којих се са значајнијим утицајима, преко 50, издвајају високе вредности протеолизатора и хлориди у распону 3.5-8.60 mg/cm³. На пету класу хетеротрофа психрофила срећемо утицаје, као и код треће и четврте класе, од мезофила који и код ове класе значајно утичу и у распону 1127-1974 cfu/cm³. Осим овог, јављају се и значајни утицаји ниских вредности раствореног кисеоника, као и БПК₅ (1.66-2.95 mg/cm³). Утицаји других параметара код оба модела су мање значајни.

Табела 55. Кључни параметри и њихов утицај на вредности хетеротрофа психрофила у акумулацији Гружа - сет података 2, варијација модела Гсп2б

Параметар*	Вредност параметра	Класа хетеротрофа психрофила	Релативан утицај параметра
хетеротрофи мезофили	< 284	< 800	100
амилолизатори	< 502	800-1554	72
целулолизатори	< 11	800-1554	50
хетеротрофи мезофили	284-731	800-1554	48
протеолизатори	< 329	800-1554	44
хетеротрофи мезофили	284-731	1554-2522	100
хетеротрофи мезофили	731-1127	1554-2522	87
<i>Eudiptomus gracilis</i>	37-87	1554-2522	54
укупан број бактерија	≥ 796177	1554-2522	54
<i>Bosmina longirostris similis</i>	≥ 163	1554-2522	52
дубина	≥ 19	1554-2522	51
температура воде	< 8.71	1554-2522	48
хетеротрофи мезофили	1127-1974	2522-4409	100
<i>Flinia longiseta</i>	9	2522-4409	84
ХПК	25.99-29.68	2522-4409	84
<i>Keratella cochlearis macracantha</i>	40-68	2522-4409	74
хетеротрофи мезофили	731-1127	2522-4409	65
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	60-342	2522-4409	61
<i>Tintinnidium fluviatile</i>	217-270	2522-4409	61
протеолизатори	≥ 4144	2522-4409	61
хлориди	3.5-8.60	2522-4409	59
<i>Keratella cochlearis</i>	195-226	2522-4409	47
<i>Carchesium polypinum</i>	≥ 386	2522-4409	47
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	69-123	2522-4409	47
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	≥ 1061	2522-4409	47
<i>Synchaeta</i> sp.	31-138	2522-4409	47
хетеротрофи мезофили	≥ 1974	≥ 4409	100
хетеротрофи мезофили	1127-1974	≥ 4409	63
растворени кисеоник	3.00-6.09	≥ 4409	61
БПК ₅	1.66-2.95	≥ 4409	51
<i>Daphnia cucullata</i>	192-582	≥ 4409	51
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	30-90	≥ 4409	42

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Корелација између хетеротрофа психрофила и мезофила је логична јер су иста група организама која користи широк спектар органске материје али са различитом температурном валенцом. Полазећи од чињенице да су скроб, пектин и целулоза природне компоненте водених биљака које бактерије активно користе као извор угљеника и енергије не чуди податак да амилонитичке бактерије представљају релативно бројну физиолошку групу бактерија (Borsodi et al., 1988, Prieur, 1989). Амилолизатори, целулолизатори и протеолизатори у малом броју, са хетеротрофима психрофилима и мезофилима такође у малим вредностима указују да је количина аутохтоног органског материјала у исто време ниска. Протеини, од комплексних једињења, биолошки се најлакше деградирају. Бактериопланктон са протеолитичким способностима је од укупног броја хетеротрофних бактерија у воденим срединама једна од најзаступљенијих физиолошких група бактерија (Saava, 1985, Stilinović & Futač, 1985, Sugita et al., 1987, Donderski & Strzelczyk, 1992, Donderski & Kalwsińska, 2003). Исти аутори наводе да је протеолитичка активност највећа лети, а најмања у јесен. То се објашњава оптималном

температуром (18°C) за синтезу протеаза током лета (Helmke & Weyland, 1991), док је јесења температура воде нижа. Овде се преко бактеријских заједница (протеолизатора и хетротрофа мезофила) посредно уочава темературна повезаност и условљеност. Високе бројности хетеротрофа повезане су са низом врста зоопланктона које указују на еутрофни карактер испитиване воде. То је у складу са повећаним садржајем органског материјала (ХПК) и већим бројем хетеротрофних бактерија који као најбројнији микроорганизми у воденим екосистемима обављају процес разлагања органске материје (Donderski et al., 1984, Kim & Hoppe, 1984, Chróst, 1991, Karner et al., 1992).

Разлике у деловању утицајних параметара између класа хетеротрофа психрофила за оба модела дати су у Прилогу IV - 2, 3. Осим изразито доминантног и примарног утицаја мезофила у различитим распонима деловања, на све класе хетеротрофа психрофила види се и утицај вредности БПК₅. Ако је БПК₅ < 1.66 mg/cm³ фаворизују се увек ниже вредности хетеротрофа од поређених, а ако је БПК₅ > 1.66 mg/cm³ веће. Правилност се уочава до вредности 2.95 mg/cm³ за БПК₅. Код варијације модела Гсп2б ниске вредности врсте *Keratella cochlearis tecta* и високе *Daphnia cucullata* везују се за највеће вредности хетеротрофа психрофила. Иако су обе врсте индикатори еутрофних вода или на прелазу из мезо у еутрофију (Макарцева, 1983, према Ostoјић, 2008) високе вредности *Daphnia cucullata* могу се објаснити предаторским односима према бактериопланктону.

Гружа - сет података 3

Сет садржи 1181 објекат од којих за хетеротрофе недостају 218 вредности. Број класа, вредности које им припадају, број података и вероватноће дате су у Табели 56. Најзаступљенија и најзначајнија је прва класа.

Табела 56. Класификација вредности хетеротрофа психрофила у акумулацији Гружа - сет података 3

Класа	Вредност*	Број података	Вероватноћа
1.	< 2872	757	63.46%
2.	2872-9363	130	11.08%
3.	9363-20742	57	4.98%
4.	20742-39809	11	1.14%
5.	≥ 39809	8	0.89%
-	-	218	18.43%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Преглед кључних параметра и њихов утицај на вредности хетеротрофа у акумулацији Гружа - сет података 3 за варијацију модела Гсп3 дат је у Табели 57. Постоји примаран утицај групе факултативних олиготрофа за све класе хетеротрофа психрофила што се може објаснити значајним степеном позитивне корелације (0.87) између ових бактеријских заједница у акумулацији Гружа - сет података 3.

Табела 57. Кључни параметри и њихов утицај на вредности хетеротрофа психрофила у акумулацији Гружа - сет података 3

Параметар*	Вредност параметра	Класа хетеротрофа психрофила	Релативан утицај параметра
факултативни олиготрофи	< 2876	< 2872	100
хетеротрофи мезофили	< 1418	< 2872	61
укупне колиформне бактерије	22-150	< 2872	27
факултативни олиготрофи	2876-13912	2872-9363	100
дубина	27	2872-9363	44
локација	22-27	2872-9363	40
факултативни олиготрофи	2876-13912	9363-20742	100
факултативни олиготрофи	13912-27088	9363-20742	95
дубина	27	9363-20742	92
укупне колиформне бактерије	≥ 1500	9363-20742	78
локација	22-27	9363-20742	74
хетеротрофи мезофили	1418-6997	9363-20742	60
мутноћа	≥ 11.99	9363-20742	34
ХПК	< 15.66	9363-20742	34
хетеротрофи мезофили	6997-16363	9363-20742	33
Мп	< 0.22	9363-20742	32
нитрати	3.51-6.15	9363-20742	32
нитрати	6.15-11.42	9363-20742	24
електропроводљивост	561-672	9363-20742	23
рН	7.93-8.23	9363-20742	22
факултативни олиготрофи	27088-54152	20742-39809	100
хетеротрофи мезофили	1418-6997	20742-39809	51
укупне колиформне бактерије	≥ 1500	20742-39809	33
факултативни олиготрофи	13912-27088	20742-39809	27
факултативни олиготрофи	27088-54152	≥ 39809	100
нитрати	≥ 11.42	≥ 39809	77
Fe	0.39-1.16	≥ 39809	71
укупне колиформне бактерије	≥ 1500	≥ 39809	62
факултативни олиготрофи	≥ 54152	≥ 39809	61
укупни фосфати	≥ 0.12	≥ 39809	56
нитрити	0.29-0.52	≥ 39809	49
електропроводљивост	≥ 672	≥ 39809	44
хетеротрофи мезофили	1418-6997	≥ 39809	40
мутноћа	≥ 11.99	≥ 39809	34
температура воде	< 7	≥ 39809	32
хетеротрофи мезофили	16363-24650	≥ 39809	28
локација	22-27	≥ 39809	28

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Најсигурнији релативни утицај 100 је код најзаступљеније прве класе, што опет значајно повећава сам утицај. Ниске вредности факултативних олиготрофа < 2876 cfu/cm³ фаворизују ниске вредности хетеротрофа < 2872 cfu/cm³. И код других класа хетеротрофа је примаран утицај од стране факултативних олиготрофа, али у другим распонима, са тим да бројност првих скоро правилно прати бројност анализираних. Велики утицај на хетеротрофе психрофиле имају и мезофили чији распон 1418-6997 cfu/cm³ значајно утиче на појаву треће и четврте класе психрофила (9363-20742 cfu/cm³ и 20742-39809 cfu/cm³). Уочава се и утицај вредности укупних колиформних бактерија које са малом бројношћу фаворизују малу бројност психрофила. Њихови утицаји значајно се повећавају од треће класе хетеротрофа па на даље, а њих фаворизују екстремно висока бројност укупних колиформних бактерија (≥ 1500 MPN/100cm³). Ако одређујемо хетеротрофе на притокама и највећим дубинама то ће значајно

утицати да они буду у трећој класи, односно $9363-20742 \text{ cfu/cm}^3$. Код треће и пете класе хетеротрофа психрофила уочавамо да постоји већи број параметара који имају малу значајност. За пету класу постоји већи број значајних утицаја и то за високе концентрације нитрата $\geq 11.42 \text{ mg/cm}^3$, Fe $0.39-1.16 \text{ mg/cm}^3$ и укупних фосфата $\geq 0.12 \text{ mg/cm}^3$, што се објашњава високим садржајем органских материја које утичу да вредности хетеротрофа буду високе. Обзиром на бројност пете класе ове утицаје треба узети са резервом. Локације и дубине значајно одређују бројност хетеротрофа психрофила у акумулацији Гружа. Веће дубине и контактни слој као и локације са већом количином органских материја везују се за већу бројност хетеротрофа.

Просторан распоред хетеротрофа везан за дубине и локације, утврдили су бројни аутори. Истиче се да су локације са већом количином органских материја и под утицајем човековог загађења као и контактни слој воде где се одвија интензивна минерализација, са знатно већим бројем хетеротрофних бактерија (Laird & Scavia, 1990, Новевска, 2002, Lobova et al., 2007).

Везу између укупних колиформних бактерија и хетеротрофа психрофила код воде за пиће истраживали су Edberg & Smith (1989). Они нису нашли зависност између ове две групе бактерија. Интересантно је да се степен корелације за ове две групе повећавао од пречишћене и дезинфиковане воде спремне за људску употребу, према сировој непрерађеној води. Тенденција повећања степена корелације може навести на закључак да у природним водама постоји одређени степен зависности између ове две бактеријске заједнице.

Разлике у деловању утицајних параметара између класа хетеротрофа психрофила у акумулацији Гружа - сет података 3 приказани су Прилогу IV - 4. Осим већ објашњених утицаја нема других правилности.

Грошница - сет података 1

Сет има 182 објекта од којих за хетеротрофе психрофиле недостаје 37 вредности. Вредности су класификоване у пет класа. Класе са вредностима, бројем података и вероватноћама су приказане у Табели 58. Најзаступљенија је прва класа.

Табела 58. Класификација вредности хетеротрофа психрофила у акумулацији Грошница - сет података 1

Класа	Вредност*	Број података	Вероватноћа
1.	< 181	65	34.18%
2.	181-475	37	20.03%
3.	475-800	24	13.47%
4.	800-1255	10	6.40%
5.	≥ 1255	9	5.89%
-	-	37	20.03%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Због разноврсности улазних параметара и овде су направљена два модела (варијација модела Всп1а и Всп1б). Резултати анализа утицајних параметара за ова два модела дати су у Табелама 59 и 60.

Модели за одређене параметре и утицаје дају исте резултате, али постоје и значајне разлике, како у параметрима тако и у јачини утицаја. Најзначајније утицаје на одређене вредности хетеротрофа психрофила испољавају одређене вредности факултативних олиготрофа и временска димензија, односно месеци. Факултативни олиготрофи у неким распонима вредности прате одређене вредности хетеротрофа психрофила. Између ових бактеријских заједница у овом сету података јавља се нижа позитивна корелација (0.63). Они су најутицајнији на прве две класе психрофила (ту је и највећи број вредности за исте, што повећава значајност утицаја). Временска димензија је значајно утицајна код друге, треће и четврте класе хетеротрофа па је тако у фебруару врло вероватно да ће хетеротрофи бити 800-1255 cfu/cm³, у августу 475-800 cfu/cm³, а у септембру 181-475 cfu/cm³, при чему се очекује да бројност хетеротрофа психрофила у току године постепено опада и да је зависна од падавина. Да ће се хетеротрофи јавити у првој класи релативан утицај од 66 и 50 имају и вредности хлорофила *a* у распону 3.22-4.39 mg/m³, као и концентрације амонијака < 0.06 mg/cm³. Код варијације модела Всп1а срећемо и друге утицајне параметре са малим значајностима. Да се хетеротрофи психрофили јаве у другој класи или у распону 181-475 cfu/cm³ код варијације модела Всп1б, значајан је утицај ниских вредности врста *Lecane closterocerca*, *Gastropus styliifer*, *Keratella cochlearis micracantha* и високе бројности *Filinia longiseta*. Веза високих вредности *Filinia longiseta* и друге класе хетеротрофа може да буде нижа температура. Она условљава појаву ове врсте у акумулацији Грошница (Остојић, 2000) и ограничавајући је фактор за појаву високог броја хетеротрофа. Утицаји других параметара на ову класу код оба модела су занемарујући. За одређивање треће класе хетеротрофа чији је опсег 475-800 cfu/cm³, осим времена, нема других значајно утицајних параметара. Релативни утицај ових параметара у оба модела је мањи од 50. Код четврте класе такође са изузетком временске димензије, већу значајност дају екстремно високе концентрације амонијака. Други параметри за ову класу су са доста мањим утицајима. Да се хетеротрофи нађу у високим вредностима ≥ 1255 cfu/cm³ или у петој класи најзначајнији утицај код оба модела су високе концентрације амонијака и већа бројност *Soropoda*. За велики број параметара је установљен утицај на ову класу хетеротрофа али је већина са релативним утицајем испод 50. Код модела Всп1б нешто су значајнији утицаји просечних вредности врсте *Brachionus diversicornis diversicornis* и нешто виших вредности *Diaphanosoma brachyurum*. Врсте *Gastropus styliifer*, *Filinia longiseta*, *Diaphanosoma brachyurum* су карактеристика мезотрофних вода и оних на прелазу из мезу- у еутрофију, док су *Brachionus diversicornis*, *Keratella cochlearis* карактеристични за еутрофне воде (према Остојић, 2008).

Табела 59. Кључни параметри и њихов утицај на вредности хетеротрофа психрофила у акумулацији Грошница - сет података 1, варијација модела Wsp1a

Параметар*	Вредност параметра	Класа хетеротрофа психрофила	Релативан утицај параметра
факултативни олиготрофи	< 307	< 181	100
хлорофил <i>a</i>	3.22-4.39	< 181	66
амонијак	< 0.06	< 181	50
укупан број бактерија	< 3206895	< 181	30
месец	VI	< 181	29
електропроводљивост	≥ 458	< 181	29
факултативни олиготрофи	673-1267	181-475	84
месец	IX	181-475	76
растворени кисеоник	< 2.00	181-475	41
фосфоминерализатори	≥ 118	181-475	34
pH	7.18-7.55	181-475	32
месец	VIII	475-800	100
БПК ₅	2.94-4.06	475-800	42
нитрити	< 0.004	475-800	41
факултативни олиготрофи	307-673	475-800	37
Sorperoda	53-188	475-800	37
Mn	0.06-0.17	475-800	33
Sladosega	40-179	475-800	31
месец	II	800-1255	100
амонијак	≥ 3.13	800-1255	51
ИФА	< 1.42	800-1255	40
факултативни олиготрофи	1267-1852	800-1255	35
фосфоминерализатори	37.33-118	800-1255	32
укупан број бактерија	4769531-6593695	800-1255	31
амонијак	2.61-3.13	≥ 1255	100
Sorperoda	345-689	≥ 1255	78
Mn	≥ 0.42	≥ 1255	74
хлорофил <i>a</i>	≥ 8.62	≥ 1255	74
Sladosega	306-491	≥ 1255	61
факултативни олиготрофи	1267- 1852	≥ 1255	56
месец	II	≥ 1255	56
Fe	0.08	≥ 1255	53
фосфоминерализатори	< 4.67	≥ 1255	50
pH	8.00-8.22	≥ 1255	42
укупан број бактерија	6593695-9398500	≥ 1255	41
ИФА	< 1.42	≥ 1255	37
хлорофил <i>a</i>	5.55-8.62	≥ 1255	31
нитрати	0.2	≥ 1255	31

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Утицајни параметри на количину органског материјала, укључујући и сезонску динамику, у овој акумулацији се не разликују значајно од оних у акумулацији Гружа у истом периоду. Основна разлика је да у акумулацији Гружа највећу зависност хетеротрофи психрофили остварују са мезофилима и укупним колиформним бактеријама, док у акумулацији Грошница остварују са факултативним олиготрофима. Наведено указује на изражен антропогени утицај који трпи акумулација Гружа у том периоду испитивања.

Табела 60. Кључни параметри и њихов утицај на вредности хетеротрофа психрофила у акумулацији Грошница - сет података 1, варијација модела Всп1б

Параметар*	Вредност параметра	Класа хетеротрофа психрофила	Релативан утицај параметра
факултативни олиготрофи	< 307	< 181	100
хлорофил <i>a</i>	3.22-4.39	< 181	66
амонијак	< 0.06	< 181	50
<i>Lecane closterocerca</i>	0	181-475	100
<i>Gastropus stylifer</i>	< 21	181-475	90
<i>Flinia longiseta</i>	≥ 60	181-475	60
<i>Keratella cochlearis micracantha</i>	< 4	181-475	56
факултативни олиготрофи	673-1267	181-475	55
месец	IX	181-475	49
месец	VIII	475-800	100
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	14-32	475-800	49
БПК ₅	2.94-4.06	475-800	42
нитрити	< 0.004	475-800	41
<i>Trichocerca similis</i>	≥ 263	475-800	40
факултативни олиготрофи	307-673	475-800	37
Соперода	53-188	475-800	37
месец	II	800-1255	100
амонијак	≥ 3.13	800-1255	51
ИФА	< 1.42	800-1255	40
факултативни олиготрофи	1267-1852	800-1255	35
амонијак	2.61-3.13	≥ 1255	78
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	21	≥ 1255	74
Соперода	345-689	≥ 1255	60
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	93-178	≥ 1255	58
хлорофил <i>a</i>	≥ 8.62	≥ 1255	58
Mn	≥ 0.42	≥ 1255	58
Cladocera	306-491	≥ 1255	47
<i>Keratella cochlearis hispida</i>	337-435	≥ 1255	47
факултативни олиготрофи	1267-1852	≥ 1255	43
месец	II	≥ 1255	43
<i>Polyarthra vulgaris</i>	43	≥ 1255	41
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	30	≥ 1255	41
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	71	≥ 1255	41
<i>Polyarthra vulgaris</i>	58	≥ 1255	41
Fe	0.08	≥ 1255	41
<i>Polyarthra vulgaris</i>	55	≥ 1255	41
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	≥ 236	≥ 1255	41
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	18	≥ 1255	41
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	171-236	≥ 1255	41

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

У Прилогу IV - 5, 6, дати су прегледи за разлике у деловању утицајних параметара између класа хетеротрофа психрофила у акумулацији Грошница - сет података 1, за оба модела. Осим раније наведених уочава се правилност код вредности за рН. Ако су вредности рН у распону 8.00-8.22, фаворизују се веће вредности психрофила. Ако је вредност рН > 8.22 фаворизују се ниже вредности. За вредности рН < 8.00 није уочена зависност. Вредности ИФА < 1.42 $\mu\text{mol/s/dm}^3$ фаворизују увек веће вредности хетеротрофа психрофила, док за веће вредности ИФА нису нађене правилности. Ако је хлорофил *a* $\geq 8.62 \text{ mg/m}^3$ вредности психрофила ће најчешће бити врло високе, док ако је у распону 3.22-4.39 mg/m^3 биће увек ниже. Код варијације модела Всп1б уочавају се одређене правилности и у односу на број врста

зоопланктона. Срећемо да ниже вредности *Keratella cochlearis tecta* и *Diaphanosoma brachyurum* фаворизују ниже вредности хетеротрофа психрофила и обрнуто.

Грошница - сет података 2

Сет података има 166 објеката. За хетеротрофе психрофиле недостаје једна вредност. Вредности су класификоване у пет класа, а њихов преглед са вредностима, бројем података и вероватноћама дати су у Табели 61. Све класе су равномерно заступљене.

Табела 61. Класификација вредности хетеротрофа психрофила у акумулацији Грошница - сет података 2

Класа	Вредност*	Број података	Вероватноћа
1.	< 110	30	17.95%
2.	110-235	35	20.70%
3.	235-490	32	19.05%
4.	490-1190	33	19.60%
5.	≥ 1190	35	20.70%
-	-	1	2.01%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Резултати анализе утицајних параметара дати су Табели 62. Утврђен је значајан утицај факултативних олиготрофа на све класе хетеротрофа који је резултат врло високе корелације (0.96) између ових бактеријских заједница у акумулацији Грошница - сет података 2.

Утицај факултативних олиготрофа је најчешће испољен у вредностима < 1003 cfu/cm³ за вредности хетеротрофа < 490 cfu/cm³, а има утицаја и у опсегу > 1003 cfu/cm³ на вредности хетеротрофа > 490 cfu/cm³. За сваку класу вредности хетеротрофа психрофила постоји велики број утицајних параметара, али осим поменутог утицаја факултативних олиготрофа само неколико има значајније деловање. Да се хетеротрофи нађу у опсегу 235-490 cfu/cm³ (класа 3) најзначајнији ће бити укупни фосфати у вредности 0.01 mg/cm³. Током марта ако је растворени кисеоник ≥ 11.44 mg/cm³ и БПК₅ 2.35-3.05 mg/cm³ највероватније вредности хетеротрофа биће у распону 490-1190 cfu/cm³.

Разлике у деловању утицајних параметара између класа хетеротрофа у акумулацији Грошница - сет података 2 дате су у Прилогу IV - 7. Мањи садржај нитрита фаворизују мање вредности хетротрофа и обрнуто, а мутноћа ≥ 7 NTU фаворизује увек веће вредности. Правилност се, осим код раније споменутих факултативних олиготрофа, не уочава у односу на друге параметре. Високе вредности хетеротрофа су условљене већим органским материјалом који у месецу марту доноси кише, отапање снега, бујице. Последица струјања и турбуленције воде може бити и висок кисеоник исто као и већа мутноћа.

Табела 62. Кључни параметри и њихов утицај на вредности хетеротрофа психрофила у акумулацији Грошница - сет података 2

Параметар*	Вредност параметра	Класа хетеротрофа психрофила	Релативан утицај параметра
факултативни олиготрофи	< 1003	< 110	66
м алкалинитет	< 3.05	< 110	45
укупни фосфати	0	< 110	26
мутноћа	2.1-2.8	< 110	24
мутноћа	< 2.1	< 110	18
нитрити	0.02-0.09	< 110	18
Fe	0.03-0.04	< 110	9
Mn	0.50-0.84	< 110	5
факултативни олиготрофи	< 1003	110-235	100
хетеротрофи мезофили	< 135	110-235	23
Fe	0.04-0.06	110-235	22
БПК ₅	≥ 3.05	110-235	19
месец	IV	110-235	19
нитрати	< 0.94	110-235	18
локација	2	110-235	9
Mn	< 0.07	110-235	6
укупни фосфати	0.01	235-490	100
факултативни олиготрофи	< 1003	235-490	75
месец	VII	235-490	34
амонијак	≥ 1.63	235-490	16
укупни фосфати	0.05	235-490	16
растворени кисеоник	≥ 11.44	490-1190	100
месец	III	490-1190	86
факултативни олиготрофи	1003-2617	490-1190	86
БПК ₅	2.35- 3.05	490-1190	60
мутноћа	≥ 7	490-1190	46
локација	6	490-1190	28
нитрати	≥ 4.13	490-1190	19
факултативни олиготрофи	2617-7470	≥ 1190	53
факултативни олиготрофи	1003-2617	≥ 1190	24
месец	X	≥ 1190	17
Fe	≥ 0.06	≥ 1190	10
локација	3	≥ 1190	9
Mn	0.07-0.50	≥ 1190	9
хетеротрофи мезофили	620-1050	≥ 1190	8
месец	IX	≥ 1190	5

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Бован - сет података 2

Сет има укупно 57 објеката. За хетеротрофе психрофиле постоје све вредности. Вредности су класификоване у пет класа које су подједнако заступљене са изузетком пете класе која је по бројности скоро занемарљива. Преглед класа са вредностима, бројем података и вероватноћама приказане су у Табели 63. Резултати анализе утицајних параметара на класе хетеротрофа психрофила приказани су у Табели 64.

Табела 63. Класификација вредности хетеротрофа психрофила у акумулацији Бован - сет података 2

Класа	Вредност*	Број података	Вероватноћа
1.	< 3875	16	26.30%
2.	3875-7600	16	26.30%
3.	7600-9391	13	22.19%
4.	9391-13029	10	18.08%
5.	≥ 1190	2	7.12%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 64. Кључни параметри и њихов утицај на вредности хетеротрофа психрофила у акумулацији Бован - сет података 2

Параметар*	Вредност параметра	Класа хетеротрофа психрофила	Релативан утицај параметра
месец	III-VI	< 3875	100
pH	≥ 7.77	< 3875	65
нитрати	≥ 4.22	< 3875	62
растворени кисеоник	≥ 9.61	< 3875	39
укупан број бактерија	< 2187659	< 3875	33
дубина	3	< 3875	18
нитрити	0.01-0.03	< 3875	15
нитрати	2.93-4.22	< 3875	11
температура воде	< 7.26	< 3875	7
месец	VI-VIII	3875-7600	100
хлорофил <i>a</i>	13.2-15.45	3875-7600	58
растворени кисеоник	2.51-6.04	3875-7600	40
растворени кисеоник	7.74-9.61	3875-7600	15
температура воде	16-20	7600-9484	100
електропроводљивост	< 408	7600-9484	76
растворени кисеоник	6.04-7.74	7600-9484	37
нитрати	< 1.06	7600-9484	37
нитрити	< 0.005	7600-9484	14
месец	VIII-X	9484-12745	100
растворени кисеоник	< 2.51	9484-12745	82
нитрати	< 1.06	9484-12745	28
хлорофил <i>a</i>	19.5-21.8	9484-12745	24
амонијак	≥ 0.90	9484-12745	20
pH	< 7.14	9484-12745	16
дубина	24	9484-12745	12
температура воде	11-16	≥ 12745	100
растворени кисеоник	< 2.51	≥ 12745	100
месец	VIII-X	≥ 12745	81
амонијак	0.68-0.90	≥ 12745	66
хлорофил <i>a</i>	≥ 21.8	≥ 12745	53
дубина	13	≥ 12745	36
амонијак	0.38-0.68	≥ 12745	32
БПК ₅	2.07-2.77	≥ 12745	18
pH	< 7.14	≥ 12745	12
нитрити	0.03-0.07	≥ 12745	7
укупни фосфати	0.04-0.053	≥ 12745	7

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

На сваку класу хетеротрофа утиче по неколико параметара, а они су различити код различитих класа. Током пролећа, ако је вредност pH ≥ 7.77 и висок садржај нитрата хетеротрофи ће се врло вероватно наћи у броју < 3875 cfu/cm³, односно првој класи. У условима великог осветљења раст фотосинтезе у епилимниону доводи до узимања

угљендиоксида што доводи до повећања pH. *Syano*bacteria су отпорне на раст pH па се само оне даље размножавају (Shapiro, 1990) што тренутно због конкуренције може да ограничава број хетеротрофа. Током летњих месеци, пораст температуре, нешто нижи минерални садржај и ниже вредности за хлорофил *a* утичу да се вредности хетеротрофа повећавају (друга и трећа класа). Током јесени у условима екстремно ниских концентрација раствореног кисеоника и температуре воде 11-16°C највероватнија вредност хетеротрофа биће у четвртој класи или петој класи. Ако је амонијак у већим концентрацијама, може се закључити да су вредности хетеротрофа високе. Поред наведених постоји велики број параметара који утичу на различите класе, али су њихови утицаји релативно мали.

Разлике у деловању утицајних параметара између класа хетеротрофа психрофила у акумулацији Бован - сет података 2 дате су у Прилогу IV - 8. Осим истакнутих битних утицаја и мале концентрације нитрата везују се за велику бројност хетеротрофа и обрнуто. Других правилности нема. Извештај анализе утицајних параметара на хетеротрофе у акумулацији Бован је пример из уџбеника за понашања хетеротрофне заједнице у воденом систему кроз сезоне.

Анализа утицајних параметара за све три акумулације из различитих периода показује висок степен слагања у односу на друге ауторе нарочито за варирање бројности хетеротрофа како по сезонама, тако и по локалитетима или по дубини (Laird & Scavia, 1990, Gajin et al., 1991a-d, Новевска, 2002). Велики број хетеротрофа у контактном слоју је резултат велике количине органске материје и интензивне минерализације.

5.4.2. Анализа сценарија

Анализа сценарија за хетеротрофе психрофиле рађена је на последњим сетовима података за све три акумулације. Због великог броја објеката резултати су приказани само за изабране објекте. За утицајне хемијске параметре, као и код укупног броја бактерија, изабрани су растворени кисеоник, нитрати и укупни фосфати.

У акумулацији Гружа - сет података 3 постоје подаци за хетеротрофе психрофиле и приказани резултати (Табеле 65 и 66) се односе на локације од моста ка притокама, дубине 3, 8, 11, 13, 16 и 27 m, у VII месецу 2005. године. За смањење хетеротрофа од 5% постоје решења која би се тешко спровела у пракси, јер подразумевају веома низак садржај кисеоника, док захтевани нитрати и укупни фосфати не треба да буду присутни. Насупрот томе, свако повећање кисеоника и смањивање нитрита и укупних фосфата у распону 5-10% доводи до пада броја хетеротрофа у драстичној мери (у већини примера они не би ни били присутни). Из наведеног се изводи закључак да се у односу на хетеротрофе не може применити анализа сценарија у акумулацији Гружа.

За акумулацију Грошница - сет података 2 постоје подаци за хетеротрофе психрофиле и приказани резултати (Табеле 67 и 68) се односе се на локацију брана, дубине 3, 8, 13, 16, 19 m у VIII и XI месецу 2005. године. За смањење броја хетеротрофа од 5% у акумулацији Грошница

постоје делимично изводљиви резултати. Они се односе на садржај укупних фосфата који би у концентрацији 0.01 mg/dm^3 имали успешан утицај на смањење хетеротрофа. У односу на кисеоник и нитрате понавља се ситуација као у акумулацији Гружа. Насупрот томе, свако повећање вредности кисеоника или смањење вредности нитрата и укупних фосфата у највећем броју утиче да се број хетеротрофа значајно повећа. Наведено може да се објасни чињеницом да хетеротрофи психрофили нису бројни у акумулацији Грошница и да постоји мало или нимало могућности за њихово смањење.

За Бован - сет података 2 постоје подаци за хетеротрофе психрофиле и приказани резултати (Табеле 69 и 70) односе се на локацију брана, дубине 3, 13, 24 m у VI, VII, VIII и IX месецу 2005. године. У овој акумулацији сама анализа даје мањи број повољних исхода. Да би се хетеротрофи смањили за 5% и овде је потребно драстично смањити концентрације раствореног кисеоника и нитрата. То је могуће извести на локацијама на којима су они већ ниски. За укупне фосфате постоји већи број позитивних исхода у односу на тражени циљ. Овај параметар негде треба повећати а негде смањити, при чему се не уочава никаква правилност. Ако се на истом узорку спроведе анализа Шта ако се повећа растворени кисеоник, прво повећање од 5% даје значајно смањен број хетеротрофа. Даље повећање од 10% значајно повећава хетеротрофе (чак и више од полазних вредности). У случају смањења концентрације нитрата и укупних фосфата за 5-10% добијамо смањење броја хетеротрофа само у случају да су им вредности драстично велике. У супротном добија се раст броја хетеротрофа упркос смањивању количине нутријената. За акумулацију Бован приметан је већи степен поверења за анализу сценарија Шта ако (> 50).

Табела 65. Анализа сценарија за Тражени циљ смањење хетеротрофа психрофила у акумулацији Груза - сет података 3

Измерене вредности за параметре				Циљ: хетеротрофи психрофили - 5%	Препоручен: растворени кисеоник	Циљ: хетеротрофи психрофили - 5%	Препоручен: нитрати	Циљ: хетеротрофи психрофили - 5%	Препоручен: укупни фосфати
растворени кисеоник	нитрати	укупни фосфати	хетеротрофи психрофили						
9.58	0.42	0.02	90	1	0.2	1	0	1	0
1.97	0.5	0.03	420	1	0.2	1	0	1	0
1.14	3.18	0.04	640	1	0.2	1	0	1	0
1.53	3.25	0.06	1140	1	0.2	1	0	1	0
9.18	0.42	0.02	65	1	0.2	1	0	1	0
1.3	0.36	0.04	500	1	0.2	1	0	1	0
1.65	2.29	0.07	520	1	0.2	1	0	1	0
8.86	0.37	0.02	155	1	0.2	-1	-1.97	1	0.52
8.95	0.3	0.03	210	1	0.2	-1	-1.97	1	0.29
8.64	2.08	0.08	9840	1	0.2	1	0	1	0

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 66. Анализа сценарија, Шта ако, за хетеротрофе психрофиле у акумулацији Груза - сет података 3

Измерене вредности за параметре				Ако је растворен кисеоник +5% онда су хетеротрофи психрофили	Ако је растворен кисеоник+10% онда су хетеротрофи психрофили	Ако су нитрати -5% онда су хетеротрофи психрофили	Ако су нитрати -10% онда су хетеротрофи психрофили	Ако су укупни фосфати 0.1 онда су хетеротрофи психрофили	Ако су укупни фосфати 0.2 онда су хетеротрофи психрофили
растворен кисеоник	нитрати	укупни фосфати	хетеротрофи психрофили						
9.58	0.42	0.02	90	0	0	0	0	0	0
1.97	0.5	0.03	420	0	0	0	0	0	0
1.14	3.18	0.04	640	0	0	0	0	0	0
1.53	3.25	0.06	1140	0	0	0	0	0	0
9.18	0.42	0.02	65	0	0	0	0	0	0
1.3	0.36	0.04	500	115	122	111	112	105	107
1.65	2.29	0.07	520	1070	1078	1073	1083	1056	1059
8.86	0.37	0.02	155	0	0	0	0	0	0
8.95	0.3	0.03	210	486	530	443	444	439	440
8.64	2.08	0.08	9840	6439	6481	6406	6415	6389	6392

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед; Поверење 30.30

Табела 67. Анализа сценарија за Тражени циљ смањење хетеротрофа психрофила у акумулацији Грошница - сет података 2

Измерене вредности за параметре				Циљ: хетеротрофи психрофили - 5%	Препоручен: растворени кисеоник	Циљ: хетеротрофи психрофили - 5%	Препоручен: нитрати	Циљ: хетеротрофи психрофили - 5%	Препоручен: укупни фосфати
растворени кисеоник	нитрати	укупни фосфати	хетеротрофи психрофили						
9.33	1.08	0.02	1340	1	0.47	1	0	1	0.01
8.54	1.59	0.02	1280	-1	0	1	0	1	0.01
2.4	3.59	0.03	3460	1	0.47	1	0	1	0.01
2.3	3.23	0.07	2840	1	0.47	1	0	1	0.01
1.43	1.53	0.09	2820	-1	0	-1	0.73	1	0.07
8.41	2.13	0.02	1190	1	0.47	1	0	1	0.01
8.27	2.22	0.02	1200	1	0.47	1	0	1	0.01
8.1	2.19	0.02	1190	1	0.47	1	0	1	0.01
8.25	2.2	0.02	2800	1	0.47	1	0	1	0.01
8.42	2.24	0.02	750	-1	0	1	0	1	0.01

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 68. Анализа сценарија, Шта ако, за хетеротрофе психрофиле у акумулацији Грошница - сет података 2

Измерене вредности за параметре				Ако је растворен кисеоник +5% онда су хетеротрофи психрофили	Ако је растворен кисеоник +10% онда су хетеротрофи психрофили	Ако су нитрати -5% онда су хетеротрофи психрофили	Ако су нитрати -10% онда су хетеротрофи психрофили	Ако су укупни фосфати 0.1 онда су хетеротрофи психрофили	Ако су укупни фосфати 0.2 онда су хетеротрофи психрофили
растворен кисеоник	нитрати	укупни фосфати	хетеротрофи психрофили						
9.33	1.08	0.02	1340	2293	2287	2313	2296	2300	2298
8.54	1.59	0.02	1280	2082	2076	2100	2083	2088	2085
2.4	3.59	0.03	3460	3144	3143	3149	3133	2972	3140
2.3	3.23	0.07	2840	534	533	539	524	3252	530
1.43	1.53	0.09	2820	3850	3849	3853	3845	2845	3848
8.41	2.13	0.02	1190	2144	2138	2162	2142	2150	2146
8.27	2.22	0.02	1200	1918	1912	1936	1916	1924	1920
8.1	2.19	0.02	1190	1866	1861	1883	1864	1872	1868
8.25	2.2	0.02	2800	3044	3038	3061	3042	3050	3046
8.42	2.24	0.02	750	1234	1228	1252	1232	1240	1236

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед; Поверење 37.07

Табела 69. Анализа сценарија за Тражени циљ смањење хетеротрофа психрофила у акумулацији Бован - сет података 2

Измерене вредности за параметре*				Циљ: хетеротрофи психрофили - 5%	Препоручен: растворени кисеоник	Циљ: хетеротрофи психрофили - 5%	Препоручен: нитрати	Циљ: хетеротрофи психрофили - 5%	Препоручен: укупни фосфати
растворени кисеоник	нитрати	укупни фосфати	хетеротрофи психрофили						
8.7	4.3	0.071	3400	-1	2.90	-1	0.97	1	0.006
5.1	3.8	0.034	5940	-1	2.90	-1	0.97	-1	0.87
4.5	3.8	0.053	7120	-1	2.90	-1	0.97	1	0.64
7.2	1.3	0.01	4254	-1	2.90	-1	0.97	1	0.19
2.3	2.9	0.045	7980	1	0.9	-1	0.97	1	0.006
2	2.4	0.051	8260	1	2.43	-1	0.97	1	0.19
6.4	1.1	0.006	8120	1	0.9	1	0.2	1	0.006
0.9	1.2	0.69	14503	1	0.9	1	0.2	1	0.006
0.95	1.4	0.097	12470	1	0.9	1	0.2	1	0.006
7.2	0.6	0.024	8920	-1	2.90	1	0.2	1	0.006

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

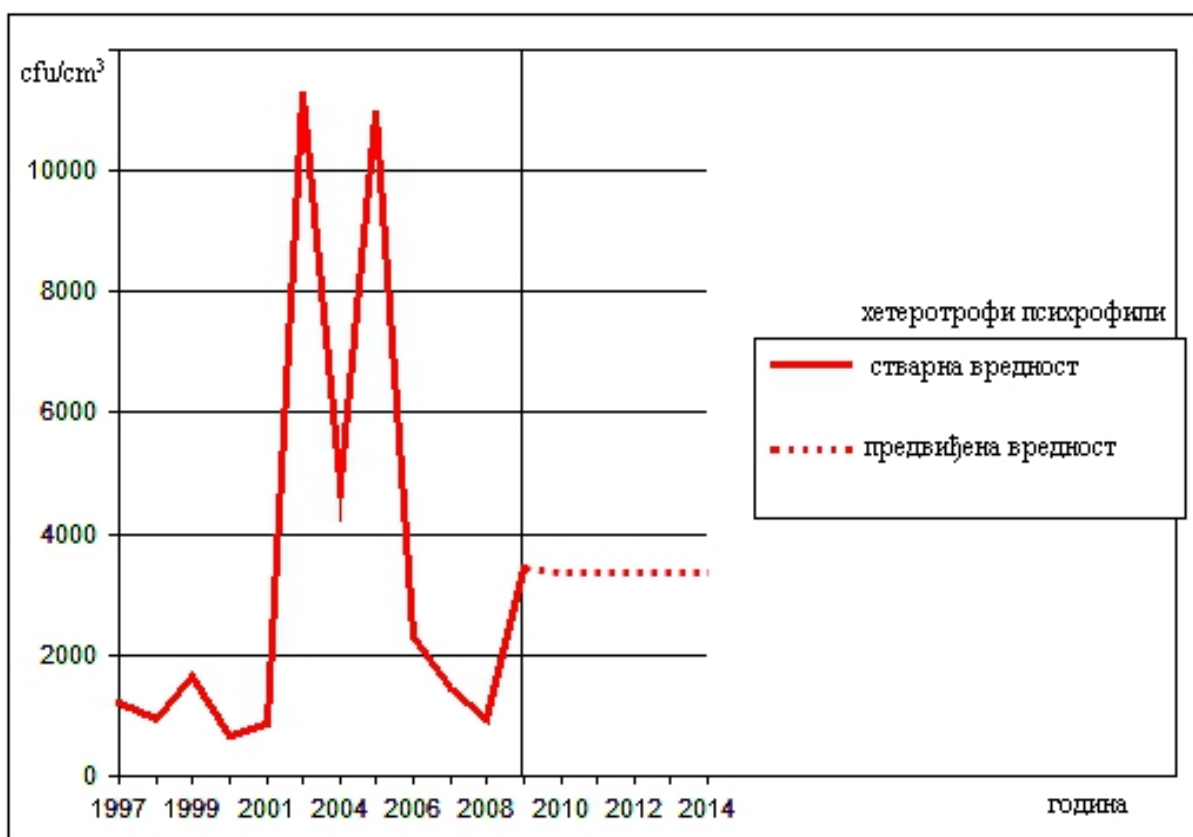
Табела 70. Анализа сценарија Шта ако за хетеротрофе психрофиле у акумулацији Бован - сет података 2

Измерене вредности за параметре*				Ако је растворен кисеоник +5% онда су хетеротрофи психрофили	Ако је растворен кисеоник +10% онда су хетеротрофи психрофили	Ако су нитрати -5% онда су хетеротрофи психрофили	Ако су нитрати -10% онда су хетеротрофи психрофили	Ако су укупни фосфати -5% онда су хетеротрофи психрофили	Ако су укупни фосфати -10% онда су хетеротрофи психрофили
растворен кисеоник	нитрати	укупни фосфати	хетеротрофи психрофили						
8.7	4.3	0.071	3400	1673	5498	6256	6541	5990	6008
5.1	3.8	0.034	5940	9576	5040	5569	5821	5326	5335
4.5	3.8	0.053	7120	8417	4963	5459	5711	5221	5235
7.2	1.3	0.01	4254	4578	9082	9560	9646	9476	9479
2.3	2.9	0.045	7980	7055	10364	10681	10873	10501	10513
2	2.4	0.051	8260	7764	9630	9898	10057	9752	9766
6.4	1.1	0.006	8120	5905	10676	11097	11170	11026	11028
0.9	1.2	0.69	14503	8644	8321	8449	8529	8550	8729
0.95	1.4	0.097	12470	9301	11574	11718	11811	11650	11676
7.2	0.6	0.024	8920	7573	8754	9185	9225	9152	9158

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед; Поверење 56.26

5.4.3. Временско предвиђање

Временске серије као алат предвиђања омогућавају да се неки параметар посматра кроз одређени период и да му се предвиди будуће понашање. Временски тренд хетеротрофа психрофила у акумулацији Гружа приказан је на Слици 14. На основу њега може се утврдити да просечно хетеротрофи у периоду од десет година варирају од минималних око 1000 cfu/cm^3 до максималних скоро 12000 cfu/cm^3 . Најмање просечне вредности забележене су током периода 1997-2001. година и 2008. године, док су највеће вредности забележене у периоду 2001-2007. година. Године са највећим вредностима су 2002. и 2005. За период после 2009. године, за који не постоје подаци, уочава се тренд незнатног раста бројности и стабилизације.



Слика 14. Временски тренд просечних вредности хетеротрофа психрофила у акумулацији Гружа

5.4.4. Вештачке неуронске мреже

За конструкцију вештачких неуронских модела који предвиђају хетеротрофе психрофиле у акумулацији Гружа коришћен је *Гружа - сет података 4*. Овај сет има 455 комплетних података. Покушај да се направи модел где би улази били сви доступни параметри из овог сета, дао је незадовољавајуће резултате. Анализом осетљивости хетеротрофа психрофила према параметрима из сета добијени су резултати приказани у Табели 71.

Табела 71. Резултати анализе осетљивости (r) хетеротрофа психрофила за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Гружа - сет података 4

Параметри	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
факултативни олиготрофи	0.81015	0.65064	0.78721	0.7537
хетеротрофи мезофили	0.78346	0.76159	0.54374	0.7578
ХПК	0.4508	0.18428	0.45072	0.38463
температура воде	0.41619	0.12767	0.12804	0.27932
растворени кисеоник	0.43684	0.02872	0.33732	0.22197
амонијак	0.43251	0.32392	0.072081	0.26604
pH	0.35423	0.44396	0.023387	0.21673
нитрити	0.38535	0.079185	0.20928	0.26661
укупни фосфати	0.23574	0.1623	0.28069	0.2221
електропроводљивост	0.31634	0.053597	0.12793	0.20564
м алкалинитет	0.22897	0.27755	0.15354	0.16384
Mn	0.22943	0.017891	0.30067	0.12847
Fe	0.24465	0.057515	0.020737	0.10942
хлорофил <i>a</i>	0.031873	0.33484	0.036404	0.030045
БПК ₅	0.026043	0.071986	0.09022	0.021098

Најмање утицајнији параметри хлорофил *a* и БПК₅ (Табела 71) су елиминисани из улаза и добио се добар модел Гсп4хпа код кога су корелациони коефицијенти за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података сви преко 0.900 (Табела 72).

Табела 72. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Гружа - сет података 5 код модела Гсп4хпа

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
13-30-1	0.996	0.918	0.901	0.954

Поступним смањивањем броја улазних варијабли по резултатима анализе осетљивости добијена су још три валидна модела, од којих модел Гсп4хпб показује најбоље особине са најмањим бројем улаза (Табела 73). Улази за овај модел су: факултативни олиготрофи, хетеротрофи мезофили и ХПК. Модели без бактеријске заједнице као улаза нису са добрим особинама.

Табела 73. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Гружа - сет података 5 код модела Гсп4хпб

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
3-30-1	0.991	0.922	0.974	0.970

За моделирање хетеротрофа психрофила у акумулацији Грошница коришћени су сетови података 3 и 4. *Грошница - сет података 3* има 304 комплетна податка, а *Грошница - сет података 4* има 199 комплетних података. Разлика између ова два сета, осим броја података, је и то што сет података 4 има параметре којих нема у сету података 3 (хетеротрофе

мезофиле, м алкалинитет, Fe и Mn). За хетеротрофе психрофиле је урађена анализа осетљивости за оба сета и она је приказана у Табелама 74 и 75.

Табела 74. Резултати анализе осетљивости (г) хетеротрофа психрофила за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Грошница - сет података 3

Параметар	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
факултативни олиготрофи	0.903	0.75015	0.70825	0.81913
температура воде	0.49678	0.069211	0.033138	0.31147
хлорофил <i>a</i>	0.39936	0.10422	0.17822	0.29641
растворени кисеоник	0.4052	0.31321	0.0156	0.28274
pH	0.47662	0.087377	0.19701	0.27957
електропроводљивост	0.44528	0.22841	0.15899	0.2573
ХПК	0.33585	0.22709	0.097475	0.25765
нитрити	0.50107	0.15592	0.026466	0.20267
амонијак	0.28239	0.066377	0.057635	0.19474
БПК ₅	0.27684	0.1606	0.14509	0.23278
укупни фосфати	0.3699	0.11254	0.0020115	0.22777

Табела 75. Резултати анализе осетљивости (г) хетеротрофа психрофила за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Грошница - сет података 4

Параметар	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
факултативни олиготрофи	0.9398	0.90539	0.54111	0.89126
хетеротрофи мезофили	0.69141	0.35497	0.02339	0.50208
температура воде	0.54199	0.0012419	0.24108	0.36766
Fe	0.36602	0.66084	0.12823	0.3152
укупни фосфати	0.43335	0.030531	0.29382	0.36786
ХПК	0.37031	0.05387	0.26215	0.28659
pH	0.53049	0.11775	0.08498	0.23571
хлорофил <i>a</i>	0.34918	0.15436	0.10453	0.1172
нитрити	0.43682	0.10747	0.1745	0.095582
амонијак	0.40226	0.051302	0.068582	0.18889
растворени кисеоник	0.47549	0.037668	0.14778	0.23598
БПК ₅	0.41286	0.11098	0.021381	0.26836
електропроводљивост	0.43876	0.15787	0.046691	0.25405
Mn	0.37365	0.05941	0.19657	0.25143
м алкалинитет	0.29471	0.015032	0.022269	0.020922

Резултати анализе осетљивости се разликују код ова два сета података. У оба сета најзначајнији утицај имају факултативни олиготрофи, температура воде, pH и ХПК. Међутим ако се само они користе као улази за моделирање код оба сета, не добијају се валидни модели. За *Грошница - сет података 3* најбољи модел Всп3хп за хетеротрофе психрофиле као улазе укључује најзначајније параметре по анализи осетљивости за овај сет података: факултативни олиготрофи, температура воде, pH и хлорофил *a*. Структура мреже и корелациони коефицијент за обучавање, проверу, тестирање и комплетан скуп података дати су у Табели 76.

Код *Грошница - сет података 4* сви добри резултати по анализи осетљивости дају добар модел. Смањивањем улазних варијабли добија се модел Всп4хп. Улази за овај модел су факултативни олиготрофи, температура воде, укупни фосфати и Fe. Структура мреже и корелациони коефицијент за обучавање, проверу, тестирање и комплетан скуп података дати су у Табели 77.

Табела 76. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Грошница - сет података 3, модел Всп3хп

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
4-10-1	0.948	0.840	0.912	0.915

Табела 77. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Грошница - сет података 4, модел Всп4хп

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
4-30-1	0.967	0.904	0.944	0.944

Хетеротрофне бактерије остварују процес разлагање органске материје и оне су најбројнија група микроорганизама у воденим екосистемима (Donderski et al., 1984, Kim & Норре, 1984, Karner et al., 1992). Обављају почетне ступњеве разградње и контролишу кретање главног дела органске материје. Ситни су организми и имају кратак генерацијски период, као и висок биогени потенцијал са једним од највиших метаболичких ступњева по јединици биомасе (Chróst, 1990). Из резултата се уочава да су факултативни олиготрофи најзначајнији за моделирање хетеротрофа психрофила без обзира на акумулацију.

У акумулацији Гружа, која има еутрофни карактер и где је антропогени утицај изражен кроз велики прилив органске материје са често потенцијалним патогенима, моделирање је било успешно уз помоћ још два параметра која директно одражавају њено стање (ХПК и хетеротрофи мезофили). Из наведеног се може закључити да је број хетеротрофа у акумулацији Гружа значајно одређен човековим утицајем. Lobova et al. (2007) уз помоћ вештачких неуронских мрежа, а преко броја хетеротрофних бактерија, успешно предвиђају стање језерског екосистема који је изложен утицајима човека. Начин за то они налазе у одређивању броја хетеротрофа који јесу или нису вишеструко отпорни на антибиотике. Утицај човека у овом случају је проценат хетеротрофа који јесу отпорни на антибиотике.

У акумулацији Грошница, која има мезотрофни карактер и у којој утицај човека није изражен у великој мери, за моделирање хетеротрофа психрофила поред факултативних олиготрофа неопходна је температура воде. У овом случају претпоставка је да се температура јавља као фактор који ограничава стопу репродукције бактерија на нивоима нижим од 10°C. На вишим температурама, нарочито током лета, нема зависности између овог фактора и стопе репродукције бактерија. Тада главни фактор који регулише повећање броја бактерија је приступ лако асимилирајућим хранљивим материјама (Simon & Tilzer, 1987). У моделу Вхп3 коришћени су хлорофил a и рН. Хлорофил a представља индикатор масе фитопланктона и интензитета примарне продукције и у директној је вези са рН. У условима осветљења раст фотосинтезе доводи до узимања угљендиоксида при чему рН расте. Према многим истраживачима (Maurin et al., 1997) фитопланктон игра важну улогу у процесу унутрашњег обогаћивања воде у растворљивим органским материјама. Од 37 до 70 % примарне продукције фитопланктона може бити асимиловано од стране хетеротрофних бактерија (Gajewski &

Chróst, 1995). У моделу Vsp4xp коришћени су укупни фосфати и Fe. Њихова веза са хетеротрофима се објашњава чињеницом да су укупни фосфати лимитирајући фактор примарне продукције. У анаеробним условима у хиполимниону долази до нарушавања оксидације микронеоне и до ослобађања фосфата и фери јона из седимента у води и тако долази до интензивног ђубрења воде. Бактерије разлажу остатке организама, врше минерализацију при чему добијамо неорганске фосфате - ортофосфате који су доступни ратсворљиви облик. Све наведено доводи до закључка да је у акумулацији Грошница број хетеротрофа одређен унутрашњим утицајима воденог екосистема.

Неки аутори успешно моделирају раст хетеротрофа психрофила у резервоарима пијаће воде (Jegatheesan et al., 2004). Модел користи угљеник, фосфор и азот, време смрти и лизе бактерија и време конверзије мање доступног органског угљеника у лако доступан.

У односу на целокупно моделирање, анализа и предвиђање хетеротрофа психрофила у три акумулације из различитих периода, уочава се висок степен поклапања резултата са доступном литературом. Разлика се уочава у односу на ИФА који није показао значајнији однос са хетеротрофним бактеријама што није у складу са другим ауторима. Висок степен корелације између вредности ИФА и хетеротрофа уочио је већи број аутора (Petrović i sar., 1998, Василеска, 2002, Ћурчић, 2003). Разлози за одступања могу бити бројни. Један од њих је употреба података у целини и без прераде (нпр. упоређивање средњих вредности) или изоловање и коришћење резултата само од једног аутора или извора, или његовог дела.

5.5. ХЕТЕРОТРОФИ МЕЗОФИЛИ

5.5.1. Класификација и анализа утицајних параметара

Гружа - сет података 2

Сет података има укупно 172 објеката. За хетеротрофе мезофиле не постоји 48 вредности. Остале вредности су класификоване у пет класа од којих је најзаступљенија прва класа. Преглед класификације са класама, њиховим вредностима, бројем података и вероватноћама дат је у Табели 78.

Табела 78. Класификација вредности хетеротрофа мезофила у акумулацији Гружа - сет података 2

Класа	Вредност *	Број података	Вероватноћа
1.	< 284	84	46.10%
2.	284-731	28	16.31%
3.	731 -1127	7	5.14%
4.	1127-1974	4	3.55%
5.	≥ 1974	1	1.95%
-	-	48	26.95%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Конструисана су два модела, варијација модела Гсп2а и Гсп2б (Табела 79 и 80). У оба модела међу три најутицајнија параметара истичу се хетеротрофи психрофили. Карактеристично је и постојање низа параметара који су са малом утицајношћу на дату класу хетеротрофа мезофила. Као најутицајнији параметри јављају су различити распони вредности хетеротрофа психрофила што је подржано значајним степеном корелације. За прву, другу и пету класу хетеротрофа мезофила највећу утицајност показују само различити распони психрофила. Код треће класе осим овог утицаја као значајан се јавља утицај нитрата и протеолизатора у високим вредностима, а код четврте садржај Fe у широком распону 0.03-0.12 mg/cm³ које су за овај сет података просечне. Модели се у резултатима разликују само по најмање утицајним параметрима. Код модела Гсп2б јављају се различите врсте зоопланктона али је њихова утицајност релативно мала. Изузетак је врста *Bosmina longirostris similis* у распону 106-163 ind/dm³ (више вредности) чији је релативни утицај на четврту класу хетеротрофа мезофила већи од 50. *Bosmina longirostris similis* је карактеристична за еутрофне воде (према Ostojić, 2008). Параметри чији је утицај мањи на прву и другу класу хетеротрофа мезофила због бројности ових класа могу се сматрати значајнијим од оних чији је утицај већи за друге класе. Из тога се може закључити да су високо утицајне и ниске вредности амиллизатора, фосфоминерализатора и азотофиксатора на малу бројност хетеротрофа мезофила, као и да високе вредности ХПК, већа дубина, ниска концентрација нитрита, мали број целулолизатора и нешто виши Mn значајно повећавају број мезофила.

Табела 79. Кључни параметри и њихов утицај на вредности хетеротрофа мезофила у акумулацији Гружа - сет података 2, варијација модела Гсп2а

Параметар *	Вредност параметра	Класа хетеротрофа мезофила	Релативан утицај параметра
хетеротрофи	< 800	< 284	100
амилолизатори	< 502	< 284	40
фосфоминерализатори	< 147	< 284	25
азотофиксатори	< 139	< 284	23
хетеротрофи	1554-2522	284-731	78
хетеротрофи	800-1554	284-731	67
ХПК	≥ 29.68	284-731	57
дубина	≥ 19	284-731	44
нитрити	≥ 0.06	284-731	43
Mn	0.22-0.53	284-731	43
целулолизатори	< 11	284-731	43
хетеротрофи	1554-2522	731-1127	100
нитрати	≥ 5.66	731-1127	84
хетеротрофи	2522-4409	731-1127	65
протеолизатори	≥ 4144	731-1127	61
нитрити	≥ 0.06	731-1127	37
ХПК	20.64-22.67	731-1127	32
целулолизатори	≥ 230	731-1127	29
целулолизатори	40-230	731-1127	22
хетеротрофи	2522-4409	1127-1974	100
Fe	0.03-0.12	1127-1974	89
хетеротрофи	≥ 4409	1127-1974	83
ХПК	25.99-29.68	1127-1974	33
електропроводљивост	299-328	1127-1974	33
нитрати	< 0.37	1127-1974	32
хетеротрофи	≥ 4409	≥ 1974	100
нитрити	0.02-0.03	≥ 1974	45
растворени кисеоник	3.00-6.09	≥ 1974	32
ХПК	25.99-29.68	≥ 1974	30
Mn	0.22-0.53	≥ 1974	23
амонијак	≥ 0.34	≥ 1974	22

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Наведено је у складу са тврдњом да количина бактериопланктона у води језера зависи пре свега од степена трофичности и контаминације коју у њу доносе отпадне воде (Donderski & Kalwasińska, 2003). Повећањем органског садржаја у води повећава се број хетеротрофа, а бројност различитих физиолошких група у већој или мањој мери прати тај раст. Приметно је да да температура није утицајан фактор, већ се испољава преко других утицаја параметара чија вредност зависи од одређене температуре. Бројност хетеротрофа мезофила који су условљени вишом темературом је праћена већим бројем протеолизатора и укупних колиформних бактерија, док је мали број праћен малим број целулолизатора. Вероватан разлог је оптимална температура за синтезу протеаза која износи 18°C (Helmke & Weyland, 1991), док је деградација целулозе изразито већа када температура воде је релативно висока (Zdanowski, 1977, Donderski & Kalwasińska, 2003).

Табела 80. Кључни параметри и њихов утицај на вредности хетеротрофа мезофила у акумулацији Гружа - сет података 2, варијација модела Гсп2б

Параметар *	Вредност параметра	Класа хетеротрофа мезофила	Релативан утицај параметра
хетеротрофи	< 800	< 284	100
амилолизатори	< 502	< 284	40
хетеротрофи	1554-2522	284-731	78
хетеротрофи	800-1554	284-731	67
ХПК	≥ 29.68	284-731	57
дубина	≥ 19	284-731	44
нитрити	≥ 0.06	284-731	43
Mn	0.22-0.53	284-731	43
целулолизатори	< 11	284-731	43
хетеротрофи	1554-2522	731-1127	100
нитрати	≥ 5.66	731-1127	84
хетеротрофи	2522-4409	731-1127	65
протеолизатори	≥ 4144	731-1127	61
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	≥ 1061	731-1127	47
<i>Synchaeta</i> sp.	31-138	731-1127	47
нитрити	≥ 0.053875	731-1127	37
<i>Bosmina longirostris similis</i>	106-163	731-1127	37
ХПК	20.64-22.67	731-1127	32
целулолизатори	≥ 230	731-1127	29
хетеротрофи	2522-4409	1127-1974	100
Fe	0.03-0.12	1127-1974	89
хетеротрофи	≥ 4409	1127-1974	83
<i>Bosmina longirostris similis</i>	106-163	1127-1974	58
ХПК	25.99- 29.68	1127-1974	33
електропроводљивост	299-328	1127-1974	33
нитрати	< 0.37	1127-1974	32
хетеротрофи	≥ 4409	≥ 1974	100
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	21-37	≥ 1974	47
нитрити	0.02-0.03	≥ 1974	45
растворени кисеоник	3.00-6.09	≥ 1974	32
ХПК	25.99- 29.68	≥ 1974	30

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Разлике у деловању утицајних параметара између класа хетеротрофа мезофила потврђују највећи утицај хетеротрофа психрофила код оба модела (Прилог V - 1, 2). Ниже вредности хетеротрофа психрофила прате ниже вредности хетеротрофа мезофила, средње прате средње, а високе прате високе вредности. Осим већ набројаних утицајних параметара (Табеле 79 и 80) значајан је утицај укупних колиформних бактерија у распону 220-500 MPN/100cm³, на високе вредности хетеротрофа мезофила, док су више вредности Mn и нитрита високо утицајне на највеће вредности. Високу утицајност имају и хлориди у распону 3.5-8.6 mg/cm³ на трећу и четврту класу ако се оне пореде са другом класом. Код модела Гсп2б на пету класу хетеротрофа мезофила значајан је утицај врсте *Eudiaptomus gracilis* у вишим вредностима. Друге правилности се не уочавају.

Гружа - сет података 3

Сет у себи обједињује 1181 објекта. За хетеротрофе мезофиле нема 218 вредности. Остале вредности су класификоване у 5 класа од којих је најзаступљенија прва класа. Приказ класа, распони њихових вредности са бројем података и вероватноћама дате су у Табели 81.

Табела 81. Класификација вредности хетеротрофа мезофила у акумулацији Гружа - сет података 3

Класа	Вредност *	Број података	Вероватноћа
1.	< 1418	863	72.32%
2.	1418-6997	87	7.49%
3.	6997 -16363	8	0.89%
4.	16363-24650	3	0.47%
5.	≥ 24650	2	0.39%
-	-	218	18.43%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

У Табели 82 дати су резултати анализе утицајних параметара на хетеротрофе мезофиле у акумулацији Гружа - сет података 3.

Табела 82. Кључни параметри и њихов утицај на вредности хетеротрофа мезофила у акумулацији Гружа - сет података 3

Параметар *	Вредност параметра	Класа хетеротрофа мезофила	Релативан утицај параметра
хетеротрофи	< 2872	< 1418	81
факултативни олиготрофи	< 2876	< 1418	61
укупне колиформне бактерије	< 150	< 1418	46
укупне колиформне бактерије	≥ 1500	1418-6997	100
pH	7.93-8.23	1418-6997	68
локација	22-27	1418-6997	57
хетеротрофи	9363-20742	1418-6997	37
факултативни олиготрофи	13912-27088	1418-6997	34
ортофосфати	≥ 0.07	1418-6997	27
хетеротрофи	20742-39809	1418-6997	22
хетеротрофи	2872-9363	1418-6997	19
факултативни олиготрофи	27088-54152	1418-6997	19
хетеротрофи	≥ 39809	1418-6997	16
хетеротрофи	9363-20742	6997-16363	100
локација	22-27	6997-16363	52
ортофосфати	0.03-0.07	6997-16363	46
pH	7.93-8.23	6997-16363	40
укупне колиформне бактерије	≥ 1500	6997-16363	33
ортофосфати	≥ 0.07	6997-16363	18
хетеротрофи	≥ 39809	16363-24650	100
хетеротрофи	9363-20742	16363-24650	88
факултативни олиготрофи	13912-27088	16363-24650	60
pH	7.93-8.23	16363-24650	57
ортофосфати	≥ 0.07	16363-24650	51
укупне колиформне бактерије	≥ 1500	16363-24650	26
локација	22-27	16363-24650	24
хетеротрофи	20742-39809	≥ 24650	100
факултативни олиготрофи	27088-54152	≥ 24650	94
укупне колиформне бактерије	≥ 1500	≥ 24650	50
ортофосфати	≥ 0.07	≥ 24650	22

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

За сваку класу, осим за четврту, постоји мали број параметара са високим релативним утицајима. У већини случајева постоји много већи број параметара који имају ниске релативне утицаје. И у овом сету података се различити распони вредности хетеротрофа психрофила налазе као јако утицајни. Међу најутцајнијима такође су и факултативни олиготрофи, укупне колиформне бактерије, локација и рН. Укупне колиформне бактерије у вредностима ≥ 1500 MPN/100ml најзначајније утичу на другу класу. Факултативни олиготрофи и хетеротрофи психрофили својим вредностима не прате јасно вредности хетеротрофа мезофила. Изражен је утицај најмањих вредности на прву класу и већих вредности (али не и највећих) на пету класу. Локације на притокама (22-27) и базна рН (7.93-8.23) најутцајније су према другој класи а нешто ниже и према трећој и четвртој класи хетеротрофа мезофила.

Из прилога V - 3, уочава се да значајније разлике у деловању утицајних параметара између класа хетеротрофа мезофила постоје код различитих локација. Локације од бране до моста заједно са њима (8-12) увек форсирају ниже вредности за хетеротрофе мезофиле насупрот локацијама на притокама (22- 27) које форсирају више, са изузетком локација које су изнад моста а које обухватају и ушћа река (12-22) и форсирају највише вредности. Осим раније објашњених не уочавају се друге правилности. У акумулацији Гружа, у најскоријем периоду обухваћеног анализа, постоји изражена просторна дистрибуција хетеротрофа мезофила, што указује да је повећање њиховог броја под антропогеним утицајима (пољопривреда, индустрија, туризам и тд.).

Грошница - сет података 2

Сет података у себи обједињује 166 објеката. За хетеротрофе мезофиле нема једне вредности, док су остале сврстане у пет класа. Најзаступљенија је прва класа. Преглед класа, вредности, број података, вероватноће дати су Табели 83.

Табела 83. Класификација вредности хетеротрофа мезофила у акумулацији Грошница - сет података 2

Класа	Вредност *	Број података	Вероватноћа
1.	< 135	110	61.90%
2.	135-402	30	17.95%
3.	402 -620	12	8.06%
4.	620-1050	10	6.96%
5.	≥ 1050	3	3.11%
-	-	1	2.01%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

У Табели 84 дати су резултати анализе утицајних параметара за хетеротрофе мезофиле у акумулацији Грошница - сет података 2 који показује да је мали број утицајних параметара који имају висок релативни утицај. Међу најзначајнијим су укупне колиформне бактерије које на прву класу хетеротрофа мезофила, која је и најзначајнија, имају релативан утицај 100. Висок утицај укупне колиформе имају и на другу класу. Осим њих висок релативан утицај имају и

факултативни олиготрофи за све класе хетеротрофа мезофила, са изузетком пете класе за коју анализа не налази утицајне параметре. То се може објаснити малим бројем објеката у тој класи. Најмање вредности укупних колиформних бактерија имају највећи утицај на најмање вредности хетеротрофних мезофила, док њихове највеће вредности форсирају другу класу. Осим ова два параметра само још различити распони нитрита имају висок степен утицаја на другу и трећу класу хетеротрофа мезофила. Ниже вредности нитрита форсирају ниже вредности мезофила и обрнуто.

Табела 84. Кључни параметри и њихов утицај на вредности хетеротрофа мезофила у акумулацији Грошница - сет података 2

Параметар *	Вредност параметра	Класа хетеротрофа мезофила	Релативан утицај параметра
укупне колиформне бактерије	< 22	< 135	100
факултативни олиготрофи	< 1003	< 135	82
укупне колиформне бактерије	≥ 50	135-402	93
нитрити	0.02-0.19	135-402	80
факултативни олиготрофи	2617-7470	135-402	23
нитрити	0.19-0.26	402-620	100
факултативни олиготрофи	2617-7470	402-620	77
факултативни олиготрофи	7470-10000	620-1050	100
факултативни олиготрофи	2617-7470	620-1050	12

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Разлике у деловању утицајних параметара између класа хетеротрофа мезофила потвршују исте утицајне параметре (Прилог V – 4). Анализа је детаљнија и уочава се који распони, којих утицајних параметара, фаворизују тачно коју класу. Једини утицај на пету класу хетеротрофа мезофила имају факултативни олиготрофи у вредности < 1003 cfu/cm³, што је за овај сет података њихова просечна вредност или, гледано по класама, њихова прва класа. Ове вредности факултативних олиготрофа форсирају и прву и пету класу хетеротрофа мезофила када се она пореди са трећом и четвртом класом. Уколико се пореде прва и пета класа, вредности факултативних олиготрофа ≥ 10000 cfu/cm³ са релативним утицајем 100, фаворизују прву класу хетеротрофа мезофила. Иако су факултативни олиготрофи у овом сету података у високој корелацији са хетеротрофима психрофилима, они показују и висок степен зависности према хетеротрофима мезофилима. И док број укупних колиформи прати број хетеротрофа мезофила, висок број факултативних олиготрофа може да укаже и на малу бројност мезофила. Веза укупних колиформи и хетеротрофа мезофила може се објаснити оптималном темепратуром раста, док карактеристика факултативних олиготрофа да у великом броју насељавају олиготрофна, чиста језера као аутохтона микрофлора (Moaledj & Overbeck, 1980, Ishida & Kadota, 1981, Gajin et al., 1988, Новевска, 2002, 2006, Lokoska & Novevska, 2005, 2008, Novevska & Lokoska, 2009) директно објашњава малу бројност хетеротрофа мезофила у исто време.

5.5.2. Анализа сценарија

Анализа сценарија за хетеротрофе мезофиле, као и код предходних бактеријских заједница, рађена је на последњим сетовима података за обе акумулације јер је у њима стање најновије. Резултати су, као и раније, приказани само за неке објекте због њиховог великог броја. За утицајне хемијске параметре, као и раније, изабрани су растворени кисеоник, нитрати и укупни фосфати.

За акумулацију Гружа - сет података 3, постоје подаци за хетеротрофе мезофиле и приказани резултати (Табеле 85 и 86) се односе на локације од моста ка притокама, дубине 3, 8, 11, 13, 16 и 27 m, у VII месецу 2005. године. Анализа сценарија и овде даје делимично успешна решења као и код хетеротрофа психрофила. За смањење хетеротрофа мезофила од 5% у акумулацији Гружа уочава се да растворени кисеоник и укупни фосфати треба драстично да се смање што није изводљиво у пракси. Код нитрата се не уочава правилност. У овој ситуацији за успешна а непримењива решења разлог може бити и релативно низак број мезофила од кога је започета анализа. Део података који је изабран за приказ је део позитивних решења анализе. У деловима где су били заступљене велике бројности мезофила анализа није могла да понуди решење. У ситуацији шта ће се десити са мезофилима ако повећамо кисеоник или смањимо нитрате и укупне фосфате уочавамо позитивна решења која уместо жељеног смањења доводе до повећања броја мезофила.

За акумулацију Грошница - сет података 2, постоје подаци за хетеротрофе мезофиле и приказани резултати (Табеле 87 и 88) односе се на локацију брана, дубине 3, 8, 13, 16, 19 m у VIII и XI месецу 2005. године. И за ову акумулацију резултати дају решења која у пракси у великој мери нису изводљива. Ако нам је циљ да смањимо мезофиле за 5%, кисеоник и нитрати теба да буду драстично смањени. Укупни фосфати у истој ситуацији дају реална решења која не испољавају правилност. Ако у анализи повећавамо кисеоник или смањујемо концентарцију нитрата и укупних фосфата уочиће се идентично понашање за свако повећање или смањење. Анализа даје позитивна решења за велики број објеката али она у већем броју доводе до повећања броја хетеротрофа мезофила него до смањења. Разлог за то може бити исти као код акумулације Гружа, то да је приказани узорак у ствари са већ ниским вредностима мезофила. У овом случају је у акумулацији Грошница највећи број објеката исте бројности.

Табела 85. Анализа сценарија за Тражени циљ смањење хетеротрофа мезофила у акумулацији Гружа - сет података 3

Измерене вредности за параметре*				Циљ: хетеротрофи мезофили - 5%	Препоручен: растворени кисеоник	Циљ: хетеротрофи мезофили - 5%	Препоручен: нитрати	Циљ: хетеротрофи мезофили - 5%	Препоручен: укупни фосфати
растворен кисеоник	нитрати	укупни фосфати	хетеротрофи мезофили						
9.58	0.42	0.02	36	1	0.2	1	0	1	0
1.97	0.5	0.03	28	1	0.2	1	0	1	0
1.14	3.18	0.04	45	1	0.2	1	0	1	0
1.53	3.25	0.06	100	1	0.2	1	1.55	1	0
9.18	0.42	0.02	43	1	0.2	1	0	1	0
1.3	0.36	0.04	62	1	0	1	4.66	1	0
1.65	2.29	0.07	87	1	0	1	5.43	1	0
8.86	0.37	0.02	40	1	0.2	1	0	1	0
8.95	0.3	0.03	44	1	0.2	1	3.10	1	0
8.64	2.08	0.08	1050	1	0	1	5.43	1	0

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 86. Анализа сценарија, Шта ако, за хетеротрофе мезофиле у акумулацији Гружа - сет података 3

Измерене вредности за параметре*				Ако је растворен кисеоник +5% онда су хетеротрофи мезофили	Ако је растворен кисеоник +10% онда су хетеротрофи мезофили	Ако су нитрати -5% онда су хетеротрофи мезофили	Ако су нитрати -10% онда су хетеротрофи мезофили	Ако су укупни фосфати 0.1 онда су хетеротрофи мезофили	Ако су укупни фосфати 0.2 онда су хетеротрофи мезофили
растворен кисеоник	нитрати	укупни фосфати	хетеротрофи мезофили						
9.58	0.42	0.02	36	0	0	0	0	0	0
1.97	0.5	0.03	28	0	0	0	0	0	0
1.14	3.18	0.04	45	0	0	0	0	0	0
1.53	3.25	0.06	100	0	0	0	0	0	0
9.18	0.42	0.02	43	0	0	0	0	0	0
1.3	0.36	0.04	62	434	431	431	435	431	431
1.65	2.29	0.07	87	375	371	372	397	372	371
8.86	0.37	0.02	40	0	0	0	0	0	0
8.95	0.3	0.03	44	228	214	215	218	215	214
8.64	2.08	0.08	1050	1302	1288	1289	1312	1289	1288

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед; Поверење 63.65

Табела 87. Анализа сценарија за Тражени циљ смањење хетеротрофа мезофила у акумулацији Грошница - сет података 2

Измерене вредности за параметре*				Циљ: хетеротрофи мезофили - 5%	Препоручен: растворени кисеоник	Циљ: хетеротрофи мезофили - 5%	Препоручен: нитрати	Циљ: хетеротрофи мезофили - 5%	Препоручен: укупни фосфати
растворен кисеоник	нитрати	укупни фосфати	хетеротрофи мезофили						
9.33	1.08	0.02	50	-1	0	-1	0	-1	0.08
8.54	1.59	0.02	50	-1	0	-1	0	-1	0.08
2.4	3.59	0.03	146	1	0	1	0	1	0.06
2.3	3.23	0.07	284	1	0.47	1	0	1	0.01
1.43	1.53	0.09	224	1	0.47	1	0	1	0.01
8.41	2.13	0.02	58	1	0.47	1	0	1	0.01
8.27	2.22	0.02	72	1	0	1	0	1	0
8.1	2.19	0.02	69	1	0.47	1	0	1	0.01
8.25	2.2	0.02	328	1	0.47	1	0	1	0.01
8.42	2.24	0.02	62	1	0	1	0	1	0.06

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

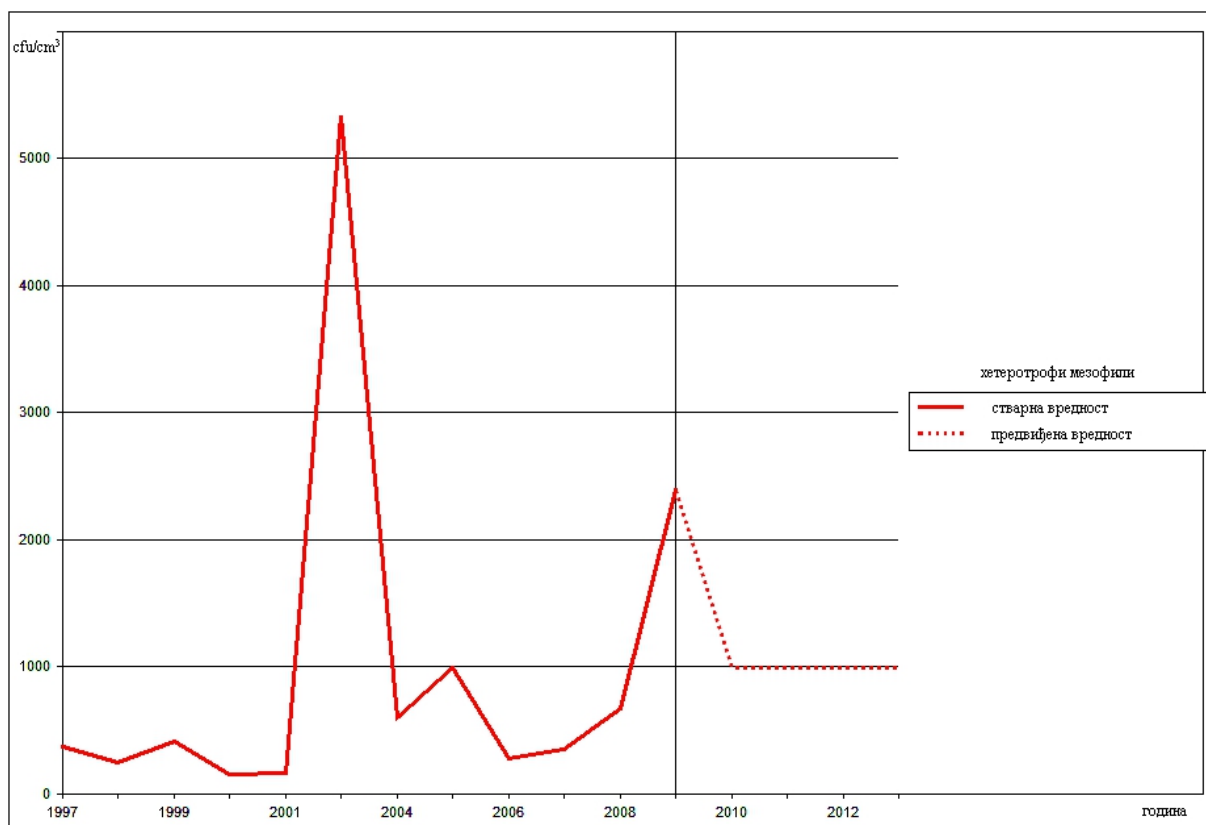
Табела 88. Анализа сценарија, Шта ако, за хетеротрофе мезофиле у акумулацији Грошница-сет података 2

Измерене вредности за параметре*				Ако је растворен кисеоник +5% онда су хетеротрофи мезофили	Ако је растворен кисеоник +10% онда су хетеротрофи мезофили	Ако су нитрати -5% онда су хетеротрофи мезофили	Ако су нитрати -10% онда су хетеротрофи мезофили	Ако су укупни фосфати 0.2 онда су хетеротрофи мезофили	Ако су укупни фосфати 0.1 онда су хетеротрофи мезофили
растворен кисеоник	нитрати	укупни фосфати	хетеротрофи мезофили						
9.33	1.08	0.02	50	317	320	315	314	315	307
8.54	1.59	0.02	50	431	433	428	428	429	421
2.4	3.59	0.03	146	272	273	270	269	214	206
2.3	3.23	0.07	284	159	159	157	156	79	71
1.43	1.53	0.09	224	135	136	134	134	74	66
8.41	2.13	0.02	58	64	66	61	60	62	54
8.27	2.22	0.02	72	113	116	111	110	111	104
8.1	2.19	0.02	69	0	0	0	0	0	0
8.25	2.2	0.02	328	134	136	131	131	132	124
8.42	2.24	0.02	62	280	282	277	276	278	270

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед; Поверење 34.39

5.5.3. Временско предвиђање

Временски тренд хетеротрофа мезофила у акумулацији Гружа приказан је на Слици 15. У периоду од десет година просечне вредности хетеротрофа мезофила варирају од минималних око 200 cfu/cm³ до максималних скоро 5200 cfu/cm³. Хетеротрофи мезофили у акумулацији Гружа су били са просечно најнижим вредностима у периоду 1997-2001. година, као и у 2004. и 2006. години. Велики раст бројности се уочава 2003., 2005. и 2009. године. За период после 2009. године, за који не постоје подаци, предвиђа се тренд значајног раста бројности и стабилизације на вредностима близу 1000 cfu/cm³.



Слика 15. Временски тренд просечних вредности хетеротрофа мезофила по годинама у акумулацији Гружа

5.5.4. Вештачке неуронске мреже

За моделирање хетеротрофа мезофила у акумулацији Гружа коришћен је *Гружа - сет података 4* са 455 комплета података. Ако се за улаз при моделирању узму сви расположиви параметри не добија се добар модел, па је урађена анализа осетљивости. Резултати анализе су дати у Табели 89. Направљени модел за улазе узима боље рангиране параметре по анализи осетљивости (факултативни олиготрофи, хетеротрофи психрофили, ХПК, температура воде, електропроводљивост, растворени кисеоник, амонијак, БПК₅, укупни фосфати), али и он није задовољавајући. Најбоље резултате имају параметри: факултативни олиготрофи, хетеротрофи психрофили, ХПК, температура воде, растворени кисеоник и БПК₅ који као улази дају валидан

модел Гсп4хма. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података за овај модел приказани су у Табели 90.

Табела 89. Резултати анализе осетљивости (r) хетеротрофа мезофила за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Гружа - сет података 4

Параметар	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
факултативни олиготрофи	0.70716	0.64055	0.16674	0.47058
хетеротрофи психрофили	0.92883	0.62338	0.82915	0.79849
ХПК	0.62485	0.2353	0.4496	0.51873
електропроводљивост	0.39843	0.16849	0.1805	0.33758
температура воде	0.37782	0.24812	0.277	0.32624
растворени кисеоник	0.35099	0.17657	0.36826	0.27995
амонијак	0.3087	0.11573	0.23297	0.21258
БПК ₅	0.20527	0.23831	0.41658	0.23165
укупни фосфати	0.26367	0.15158	0.29761	0.23963
нитрити	0.26755	0.10156	0.10091	0.15825
м алкалинитет	0.25307	0.17863	0.14501	0.18811
pH	0.24436	0.017129	0.21867	0.14165
Mn	0.24837	0.039512	0.1208	0.084323
хлорофил а	0.17355	0.022486	0.016239	0.018822
Fe	0.15941	0.23337	0.099722	0.15508

Табела 90. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Гружа - сет података 4, модел Гсп4хма

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
6-30-1	0.913	0.875	0.937	0.881

За моделирање хетеротрофа мезофила у акумулацији *Грошница* коришћен је *сет података 4* са 199 комплекта података. Анализом осетљивости (Табела 91) издавајају се факултативни олиготрофи, хетеротрофи психрофили, температура воде, електропроводљивост, растворени кисеоник, Fe, Mn као улази за валидан модел Всп4хма.

Табела 91. Резултати анализе осетљивости (r) хетеротрофа мезофила за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Грошница - сет података 4

Параметар	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
факултативни олиготрофи	0.58799	0.42571	0.54755	0.51364
температура воде	0.5045	0.11866	0.37119	0.37128
хетеротрофи психрофили	0.68741	0.23566	0.005745	0.32754
електропроводљивост	0.46601	0.32296	0.11769	0.28815
растворени кисеоник	0.37192	0.19761	0.12879	0.24543
Fe	0.36617	0.01258	0.35682	0.14772
Mn	0.26557	0.25811	0.17081	0.24125
pH	0.53342	0.10911	0.001284	0.24911
ХПК	0.37218	0.16332	0.058125	0.15468
нитрити	0.22706	0.05633	0.007305	0.02611
амонијак	0.19674	0.07842	0.10834	0.03493
БПК ₅	0.2537	0.20867	0.005117	0.12197
укупни фосфати	0.33937	0.36341	0.01233	0.15147
хлорофил а	0.42317	0.30942	0.000374	0.33887
м алкалинитет	0.41255	0.1806	0.045552	0.22982

Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података за модел Всп4хма дати су у Табели 92.

Табела 92. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, проверу, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Грошница - сет података 4, модел Всп4хма

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
7-30-1	0.980	0.878	0.945	0.935

Модел Всп4хма је успешно примењен и за акумулацију *Гружа - сет података 4*. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података за модел Всп4хма примењен у акумулацији *Гружа - сет података 4* дати су у Табели 93.

Табела 93. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији *Гружа - сет података 4*, модел Всп4хма

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
7-30-1	0.956	0.893	0.985	0.944

Однос других бактеријских заједница (факултативни олиготрофи и хетеротрофи психрофили), као и однос раствореног кисеоника и температуре воде према хетеротрофима мезофилима, разматран је у анализи утицајних параметара за обе акумулације. За акумулацију *Гружа* у модел улазе и параметри хемијске и биолошке потрошње кисеоника. ХПК је изражена преко количине органске и неорганске материје коју калијум перманганат може да оксидише. Високе вредности су последица уноса алохтоног материјала из околине (обрадиво земљиште и притоке богате отпадним материјама). Вредности ХПК и БПК₅ прате једна другу и указују на висок утицај садржаја органског материјала у води на број хетеротрофа мезофила. Садржај Fe и Mn заједно са температуром и раствореним кисеоником одликују се просторном стратификацијом (Straškraba & Tundisi, 1999) која је у обе акумулације мање или више присутна. Електропроводљивост се односи на минерални састав акумулације, на њу утиче температура, количина органских материја и рН. У акумулацији *Гружа* је уочено да садржај електролита обично расте са повећањем дубине (Ћигчић, 2003). Веза електропроводљивости и Mn изражена је преко промене рН и количине органског материјала. Уколико расте садржај органских материја, мења се рН па је веће растварање слободног Mn. Садржај Mn је праћен садржајем Fe. У еутрофним водама нарочито при дну где је дефицит кисеоника, Fe се јавља у тешко растворљивом феро облику.

Модел који успешно предвиђају хетеротрофе мезофиле у акумулацији *Грошница* могу успешно да се примене за предвиђање у акумулацији *Гружа*. Насупрот томе модели који успешно предвиђају хетеротрофе мезофиле у акумулацији *Гружа* не могу се успешно применити у акумулацији *Грошница*. То се може објаснити мањим бројем мезофила у акумулацији *Грошница*, стабилнијом средином и нижим антропогеним утицајем. У исто време

број хетеротрофа мезофила у акумулацији Гружа осцилује и високо је специфичан за саму акумулацију.

Код хетеротрофа психрофила могућност примене успешних модела за предвиђање стања хетеротрофа психрофила из акумулације Грошница и у акумулацији Гружа није могућа. Разлог томе може бити чињеница да хетеротрофи психрофили нису доминантна бактеријска заједница у Грошници, у њој немају изражену правилност бројности и динамике која је присутна у акумулацији Гружа.

5.6. ФАКУЛТАТИВНИ ОЛИГОТРОФИ

5.6.1. Класификација и анализа утицајних параметара

Гружа - сет података 3

Сет података има 1181 објекта. За факултативне олиготрофе нема 219 вредности. Остале вредности су класификоване у пет класа од којих је најзаступљенија прва класа. Преглед класа са вредностима, бројем података и вероватноћама дат је у Табели 94.

Табела 94. Класификација вредности факултативних олиготрофа у акумулацији Гружа - сет података 3

Класа	Вредност *	Број података	Вероватноћа
1.	< 2876	771	64.63%
2.	2876-13912	150	12.75%
3.	13912-27088	26	2.39%
4.	27088-54152	13	1.31%
5.	≥ 54152	2	0.39%
-	-	219	18.52%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Анализа утицаја различитих параметара на факултативне олиготрофе дата је у Табели 95. За већину класа факултативних олиготрофа најутицајнији параметар су хетеротрофи психрофили. Изузетак је пета класа код које су најутицајнији нитрити у високим вредностима. За ову класу значајан релативан утицај имају високе вредности за електропроводљивост и садржај Fe, али се ти утицаји могу довести у питање због изузетно мале бројности ове класе. Изузетно велика утицајност, као и појава да ниске вредности хетеротрофа психрофила прате ниске вредности факултативних олиготрофа, као и обрнуто, у складу је са високим степеном корелације између ова два параметра у овом сету података. Од других параметра чији је релативни утицај већи од 50 издвајају се: ниже и средње вредности хетеротрофа мезофила за прву и трећу класу; дубине преко 25 m за другу класу; укупне колиформне бактерије у ниским вредностима за прву класу а у високим вредностима за остале класе. Приметан је и велики број параметара са малим релативним утицајима за сваку класу посебно.

Резултати анализе разлика у деловању утицајних параметара између класа факултативних олиготрофа (Прилог VI - 1) потврђују пронађене правилности. Поред тога анализа показује значај просторне дистрибуције са већим вредностима на притокама и нижим вредностима од бране до моста. Утврђена је правилност у деловању хетеротрофа мезофила: вредности < 1418 cfu/cm³ прогнозирају увек ниже, а вредности у распону 1418-6997 cfu/cm³ увек више вредности факултативних олиготрофа. Високе вредности БПК₅ у распону 7.02-9.49 mg/cm³ и Mn у распону 1.16 -1.89 mg/cm³, као и релативно ниске вредности за растворени кисеоник 4.29-7.96 mg/cm³, указују на велику бројност факултативних олиготрофа. За неке

распоне електропроводљивости уочава се повезаност са одређеним распонима вредности факултативних олиготрофа.

Табела 95. Кључни параметри и њихов утицај на вредности факултативних олиготрофа у акумулацији Гружа - сет података 3

Параметар *	Вредност параметра	Класа факултативних олиготрофа	Релативан утицај параметра
хетеротрофи	< 2872	< 2876	100
хетеротрофи мезофили	< 1418	< 2876	50
укупне колиформне бактерије	22-150	< 2876	23
хетеротрофи	2872-9363	2876-13912	100
дубина	27	2876-13912	50
локација	22-27	2876-13912	34
укупне колиформне бактерије	≥ 1500	2876-13912	30
хетеротрофи	9363-20742	2876-13912	24
Mn	< 0.22	2876-13912	20
хетеротрофи	9363-20742	13912-27088	100
хетеротрофи мезофили	1418-6997	13912-27088	57
дубина	27	13912-27088	37
мутноћа	≥ 11.99	13912-27088	35
Fe	0.12-0.39	13912-27088	31
нитрати	6.15-11.42	13912-27088	24
укупне колиформне бактерије	≥ 1500	13912-27088	22
локација	≥ 27	13912-27088	22
хетеротрофи	20742-39809	13912-27088	21
локација	22-27	13912-27088	20
хетеротрофи	20742-39809	27088-54152	100
хетеротрофи	≥ 39809	27088-54152	88
укупне колиформне бактерије	≥ 1500	27088-54152	50
хетеротрофи мезофили	1418-6997	27088-54152	43
нитрати	≥ 11.42	27088-54152	38
локација	22-27	27088-54152	33
Fe	0.39-1.16	27088-54152	33
хетеротрофи мезофили	≥ 24650	27088-54152	24
мутноћа	≥ 11.99	27088-54152	22
нитрити	0.29-0.52	≥ 54152	100
хетеротрофи	≥ 39809	≥ 54152	85
електропроводљивост	≥ 672	≥ 54152	67
Fe	0.39-1.16	≥ 54152	56
хетеротрофи мезофили	1418-6997	≥ 54152	35
БПК ₅	7.02-9.49	≥ 54152	35
Mn	1.16-1.89	≥ 54152	31
хлориди	16.32-23.14	≥ 54152	27
растворени кисеоник	4.29-7.96	≥ 54152	25
м алкалинитет	≥ 56.95	≥ 54152	23
нитрати	6.15-11.42	≥ 54152	23

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

У акумулацији Гружа због велике количине, како ауто- тако и алохтоног органског материјала, заједница факултативних олиготрофа се одликује хоризонталним и делимично вертикалним просторним распоредом. Својом бројношћу прате бројност хетеротрофа психрофила који су у овој акумулацији доминантни. Слично остварује и са другим заједницама у којима се налазе потенцијални патогени. Олиготрофне бактерије насељавају станишта са ниском концентрацијом растворених органских материја (Poindexter, 1981), али као

факултативни организми могу опстајати и у условима са већом количином растворених органских материја (Petrovic et al., 1998, Novevska & Naumoski, 2002) што је тренутна ситуација у акумулацији Гружа.

Грошница - сет података 1

Сет има укупно 182 објекта. За факултативне олиготрофе недостаје 28 вредности. Остале вредности су класификоване у 5 класа. Класификација, вредности за класе и број података са вероватноћама дати су у Табели 96.

Табела 96. Класификација вредности факултативних олиготрофа у акумулацији Грошница - сет података 1

Класа	Вредност *	Број података	Вероватноћа
1.	< 307	63	33.16%
2.	307-673	42	22.56%
3.	673-1267	31	17.00%
4.	1267-1852	10	6.40%
5.	≥ 1852	8	5.39%
-	-	28	15.49%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Анализа утицајних параметара на вредности факултативних олиготрофа у акумулацији Грошница - сет података 1, дати су у Табелама 97 и 98. За овај сет података направљена су два модела. Код варијације модела Всп1б у односу на варијацију модела Всп1а улази су и већи број врста зоопланктона. Анализе показују да оба модела дају исте најутицајније параметре. Разлике за најутицајније параметре постоје код модела Всп1б који за другу, трећу и пету класу факултативних олиготрофа као утицајне даје и одређене врсте зоопланктона. На прву класу највећи утицај имају високе вредности за електропроводљивост и ниске вредности хетеротрофа психрофила. Висок степен утицајности показују и просечне и ниже вредности хлорофила *a* и еколошки услови јуна. За другу класу факултативних олиготрофа карактеристично је то да нема високог утицајног параметра који је заједнички за оба модела. У моделу Всп1б издваја се утицај *Keratella cochlearis hispida* у високој бројности, карактеристичан за топлије месеце (Остојић, 2000). За трећу класу факултативних олиготрофа за оба модела заједнички су високи утицаји просечних и нижих вредности ИФА и хетеротрофа психрофила, просечних и виших вредности Fe, као и виших вредности Cladocera. Код модела Всп1б показан је значајан утицај *Gastropus stylifer* ако је бројност < 21 ind/dm³. Код четврте класе факултативних олиготрофа утицаји су исти у оба модела и сви су релативно високо значајни. На ову класу факултативних олиготрофа високо утичу ниске вредности ИФА, амонијак у високим вредностима и еколошки услови у фебруару. На пету класу код оба модела високо утиче већа бројност Сорепода. Код модела Всп1б висок утицај има одсуство врсте *Brachionus angularis* или ако је врста *Diaphanosoma brachyurum* у распону 64-93 ind/dm³. Овакво стање одликује мезотрофне воде и потврђује раније налазе (Остојић, 2000, 2008).

Табела 97. Кључни параметри и њихов утицај на вредности факултативних олиготрофа у акумулацији Грошница - сет података 1, модел Wsp1a

Параметар *	Вредност параметра	Класа факултативних олиготрофа	Релативан утицај параметра
електропроводљивост	≥ 458	< 307	100
хетеротрофи	< 181	< 307	96
хлорофил <i>a</i>	< 3.22	< 307	60
месец	VI	< 307	52
хлориди	≥ 6.86	< 307	41
Sorperoda	< 53	< 307	37
укупан број бактерија	< 3206895	< 307	33
Fe	0	< 307	29
амонијак	< 0.06	< 307	28
хетеротрофи	475-800	307-673	45
месец	III	307-673	30
Sorperoda	53-188	307-673	29
ИФА	1.42-2.94	673-1267	100
Fe	0.05	673-1267	76
хетеротрофи	181-475	673-1267	58
Cladosega	306-491	673-1267	50
фосфоминерализатори	≥ 118	673-1267	41
фосфоминерализатори	4.67-14.67	673-1267	31
ИФА	2.94-3.90	673-1267	30
ИФА	< 1.42	1267-1852	100
амонијак	2.61-3.13	1267-1852	85
месец	II	1267-1852	72
хетеротрофи	800- 1255	1267-1852	33
температура воде	< 8	1267-1852	31
фосфоминерализатори	37-118	1267-1852	31
Sorperoda	345-689	≥ 1852	77
Fe	0.08	≥ 1852	51
дубина	3	≥ 1852	51
температура воде	≥ 21	≥ 1852	47
ХПК	< 8.4	≥ 1852	44
ИФА	< 1.42	≥ 1852	39
нитрати	0.2	≥ 1852	33
електропроводљивост	< 368	≥ 1852	30
Cladosega	179-306	≥ 1852	29
хетеротрофи	≥ 1255	≥ 1852	29
Protozoa	542-859	≥ 1852	29
хлорофил <i>a</i>	≥ 8.62	≥ 1852	28
Mn	≥ 0.42	≥ 1852	28
укупан зоопланктон	≥ 4403	≥ 1852	28
pH	< 7.18	≥ 1852	28

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Заједничко за оба модела су и нижи утицаји већег броја различитих параметара код свих класа изузев друге. Релативно висок утицај хетеротрофа психрофила на прву, другу и трећу класу факултативних олиготрофа потврђује нижу позитивну корелацију између њих у акумулацији Грошница - сет података 1.

Табела 98. Кључни параметри и њихов утицај на вредности факултативних олиготрофа у акумулацији Грошница - сет података 1, модел Всп1б

Параметар *	Вредност параметра	Класа факултативних олиготрофа	Релативан утицај параметра
електропроводљивост	≥ 458	< 307	100
хетеротрофи	< 181	< 307	96
хлорофил <i>a</i>	< 3.22	< 307	60
месец	VI	< 307	52
хлориди	≥ 6.86	< 307	41
Сорепода	< 53	< 307	37
<i>Keratella cochlearis</i>	< 72	< 307	35
<i>Keratella cochlearis hispida</i>	142-337	307-673	71
хетеротрофи	475-800	307-673	45
<i>Bosmina coregoni</i>	< 6	307-673	35
ИФА	1.42- 2.94	673-1267	100
<i>Gastropus stylifer</i>	< 21	673-1267	98
Fe	0.05	673-1267	76
хетеротрофи	181-475	673-1267	58
<i>Keratella cochlearis hispida</i>	337-435	673-1267	50
Cladocera	306-491	673-1267	50
<i>Keratella cochlearis hispida</i>	≥ 435	673-1267	48
фосфоминерализатори	≥ 118	673-1267	41
ИФА	< 1.42	1267-1852	100
амонијак	2.61-3.13	1267-1852	85
месец	II	1267-1852	72
<i>Brachionus angularis</i>	0	≥ 1852	82
Сорепода	345-689	≥ 1852	61
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	64-93	≥ 1852	57
<i>Trichocerca similis</i>	< 35	≥ 1852	49
<i>Keratella cochlearis micracantha</i>	7-23	≥ 1852	47
Fe	0.08	≥ 1852	40
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	108	≥ 1852	40
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	30	≥ 1852	40
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	71	≥ 1852	40
<i>Polyarthra vulgaris</i>	6	≥ 1852	40
<i>Polyarthra vulgaris</i>	58	≥ 1852	40
<i>Polyarthra vulgaris</i>	2	≥ 1852	40
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	171-236	≥ 1852	40
дубина	3	≥ 1852	40
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	14-32	≥ 1852	37
температура воде	≥ 21	≥ 1852	37
<i>Lecane closterocerca</i>	0	≥ 1852	37
<i>Tintinnopsis lacustris</i>	21-72	≥ 1852	35
ХПК	< 8.4	≥ 1852	34

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Разлике у деловању утицајних параметара између класа факултативних олиготрофа показују велике сличности код оба модела (Прилог VI - 2, 3). Генерално вредности хетеротрофних психрофила прате вредности факултативних олиготрофа (веће форсирају веће и обрнуто). У фебруару се јављају веће вредности факултативних олиготрофа, у јуну мање, али највеће максималне вредности су карактеристичне за јул. Највећа бројност факултативних олиготрофа је на дубини од 3 m. Висока бројност факултативних олиготрофа је условљена ниским садржајем амонијака и обрнуто. Ниже температуре (< 8°C) и бројност Сорепода < 53 ind/dm³ фаворизују ниже вредности факултативних олиготрофа, а високе температуре воде (≥

21°C) и висока бројност Copepoda (345-689 ind/dm³) фаворизују високе вредности факултативних олиготрофа. Мања бројност *Gastropus stylifer* < 21 ind/dm³, *Trichocerca similis* < 35 ind/dm³ и одсуство врсте *Brachionus angularis*, узрокује веће вредности факултативних олиготрофа и обрнуто. Друге правилности нису јасно изражене.

У акумулацији Грошница повезаност електропроводљивости са хлорофилом *a* може се објаснити преко вредности рН. Хлорофил *a* као индикатор масе фитопланктона и интензитета примарне продукције (Blaženčić, 1997) у директној је вези са угљендиоксидом, односно рН, док електропроводљивост показује минерални статус и на њу директно утиче температура, количина органских материја и рН. рН директно утиче и на ниво активности киселих, неутралних или алкалних фосфатаза у води (ИФА). Ћурчић (2003) је утврдила добар степен слагања између ИФА и аеробних хетеротрофа, а Василеска (2002) висок степен позитивне корелације између активности алкалне фосфатазе са бројем хетеротрофних бактерија и факултативних олиготрофних бактерија у Охридском језеру. Исти аутори налазе повећану активност фосфатаза при крају вегетационе сезоне која је резултат прилива раствореног органског фосфора насталог услед разлагања одумрлог планктона. Велики број аутора је дошао и до закључка да постоји висок степен корелације између структуре бактериопланктона и фитопланктона што је у вези са примарном и секундарном продуктивношћу (Bird & Kalff, 1984, Peng et al., 2007, Kent et al., 2007).

Факултативни олиготрофи испољавају просторну дистрибуцију у акумулацији Гружа, а у акумулацији Грошница сезонску.

Грошница - сет података 2

Сет података обједињује укупно 166 објеката. За факултативне олиготрофе недостаје једна вредност. Остале вредности су класификоване у пет класа од којих је прва класа најзаступљенија. Преглед класа са вредностима, бројем података и вероватноћама дат је у Табели 99.

Табела 99. Класификација вредности факултативних олиготрофа у акумулацији Грошница - сет података 2

Класа	Вредност	Број података	Вероватноћа
1.	< 1003	121	67.95%
2.	1003-2617	29	17.40%
3.	2617-7470	13	8.61%
4.	7470-10000	1	2.01%
5.	≥ 10000	1	2.01%
-	-	1	2.01%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Хетеротрофи психрофили су једини утицајни параметар за све класе факултативних олиготрофа (Табела 100). За прву, четврту и пету класу факултативних олиготрофа хетеротрофи психрофили имају мале релативне утицаје (испод 50), док су за другу и трећу

класу они високо значајни. Са сигурношћу се може рећи да када је вредност хетеротрофа психрофила ≥ 1190 cfu/cm³ факултативни олиготрофи у акумулацији Грошница ће бити > 1003 cfu/cm³.

Табела 100. Кључни параметри и њихов утицај на вредности факултативних олиготрофа у акумулацији Грошница - сет података 2

Параметар *	Вредност параметра	Класа факултативних олиготрофа	Релативан утицај параметра
хетеротрофи	110-235	< 1003	24
хетеротрофи	< 110	< 1003	19
хетеротрофи	235-490	< 1003	14
хетеротрофи	≥ 1190	1003-2617	100
хетеротрофи	490-1190	1003-2617	34
хетеротрофи	≥ 1190	2617-7470	100
хетеротрофи	≥ 1190	7470-10000	44
хетеротрофи	≥ 1190	≥ 10000	44

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Појава само једног утицајног параметра на факултативне олиготрофе у овом сету података може се делимично објаснити значајним степеном позитивне корелације која постоји између хетеротрофа психрофила и факултативних олиготрофа у акумулацији Грошница - сет података 2 (0.96). Наведено не објашњава зашто нема других утицајних параметара, јер у сличним ситуацијама анализа је давала и додатне параметре који су са малом утицајношћу.

Разлике у деловању утицајних параметара између класа факултативних олиготрофа за акумулацију Грошница сет података 2 приказане су у Прилогу VI - 4. Из ње се детаљније уочавају односи између хетеротрофа психрофила и факултативних олиготрофа, при чему се истиче правило да високе вредности хетеротрофа фаворизују високе вредности факултативних олиготрофа и обрнуто.

5.6.2. Анализа сценарија

Анализа сценарија за факултативне олиготрофе урађена је на исти начин као и код хетеротрофа мезофила (исте акумулације, исти сетови података, исти приказ резултата, исти утицајни хемијски параметри).

За акумулацију Гружа - сет података 3 анализа сценарија, исто као и код предходних бактеријских заједница, даје делимично успешна решења. За смањење од 5% уочава се да растворени кисеоник и нитрати треба драстично да се смање што није изводљиво у пракси. Укупни фосфати дају нека решења као изводљива а нека не, негде треба да се смањују, а негде чак и драстично да се повећају за тражени циљ. У овом случају није проблем у полазном броју факултативних олиготрофа као код хетеротрофа мезофила. Ако се повећа кисеоник или смање нитрати и укупни фосфати уочава се већи број позитивних решења са врло ниским поверењем.

Табела 101 . Анализа сценарија за Тражени циљ смањење факултативних олиготрофа у акумулацији Гружа - сет података 3

Измерене вредности за параметре *				Циљ: факултативни олиготрофи - 5%	Препоручен: растворени кисеоник	Циљ: факултативни олиготрофи - 5%	Препоручен: нитрати	Циљ: факултативни олиготрофи - 5%	Препоручен: укупни фосфати
растворен кисеоник	нитрати	укупни фосфати	факултативни олиготрофи						
9.58	0.42	0.02	785	1	0.2	1	0	1	0
1.97	0.5	0.03	480	1	0.2	1	0	1	0
1.14	3.18	0.04	880	1	0.2	1	0	1	0
1.53	3.25	0.06	1650	1	0.2	1	0	1	0.08
9.18	0.42	0.02	115	1	0.2	1	0	1	0
1.3	0.36	0.04	830	1	0	1	0	1	0
1.65	2.29	0.07	820	1	0	1	0	1	0
8.86	0.37	0.02	470	1	0.2	1	0	1	0.29
8.95	0.3	0.03	1460	1	0	1	0	1	0.52
8.64	2.08	0.08	10800	1	0.2	1	0	1	0

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 102. Анализа сценарија, Шта ако, за факултативне олиготрофе у акумулацији Гружа - сет података 3

Измерене вредности за параметре *				Ако је растворен кисеоник +5% онда су фак. олиготрофи	Ако је растворен кисеоник +10% онда су фак. олиготрофи	Ако су нитрати -5% онда су фак. олиготрофи	Ако су нитрати -10% онда су фак. олиготрофи	Ако су укупни фосфати 0.2 онда су фак. олиготрофи	Ако су укупни фосфати 0.1 онда су фак. олиготрофи
растворен кисеоник	нитрати	укупни фосфати	факултативни олиготрофи						
9.58	0.42	0.02	785	0	0	0	0	0	0
1.97	0.5	0.03	480	0	0	0	0	0	0
1.14	3.18	0.04	880	356	362	327	304	357	365
1.53	3.25	0.06	1650	1627	1635	1595	1571	1630	1641
9.18	0.42	0.02	115	0	0	0	0	0	0
1.3	0.36	0.04	830	0	0	0	0	0	0
1.65	2.29	0.07	820	460	469	434	418	464	477
8.86	0.37	0.02	470	1256	1304	1205	1202	1211	1215
8.95	0.3	0.03	1460	1103	1151	1052	1049	1059	1065
8.64	2.08	0.08	10800	6395	6443	6333	6318	6363	6378

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед; Поверење 19.61

Табела 103 . Анализа сценарија за Тражени циљ смањење факултативних олиготрофа у акумулацији Грошница - сет података 2

Измерене вредности за параметре*				Циљ: факултативни олиготрофи - 5%	Препоручен: растворени кисеоник	Циљ: факултативни олиготрофи - 5%	Препоручен: нитрати	Циљ: факултативни олиготрофи - 5%	Препоручен: укупни фосфати
растворен кисеоник	нитрати	укупни фосфати	факултативни олиготрофи						
9.33	1.08	0.02	1460	-1	0	-1	0	1	0
8.54	1.59	0.02	1320	-1	0	-1	0	1	0.06
2.4	3.59	0.03	3520	1	0.47	1	0	1	0.01
2.3	3.23	0.07	3240	1	0.47	1	0	1	0.01
1.43	1.53	0.09	4840	1	0.47	1	0	1	0.01
8.41	2.13	0.02	645	1	0.47	1	0	1	0.01
8.27	2.22	0.02	610	-1	0	-1	0	1	0.01
8.1	2.19	0.02	930	1	0.47	1	0	1	0.01
8.25	2.2	0.02	3100	1	0.47	1	0	1	0.01
8.42	2.24	0.02	570	-1	0	-1	0	1	0.06

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 104. Анализа сценарија, Шта ако, за факултативне олиготрофе у акумулацији Грошница - сет података 2

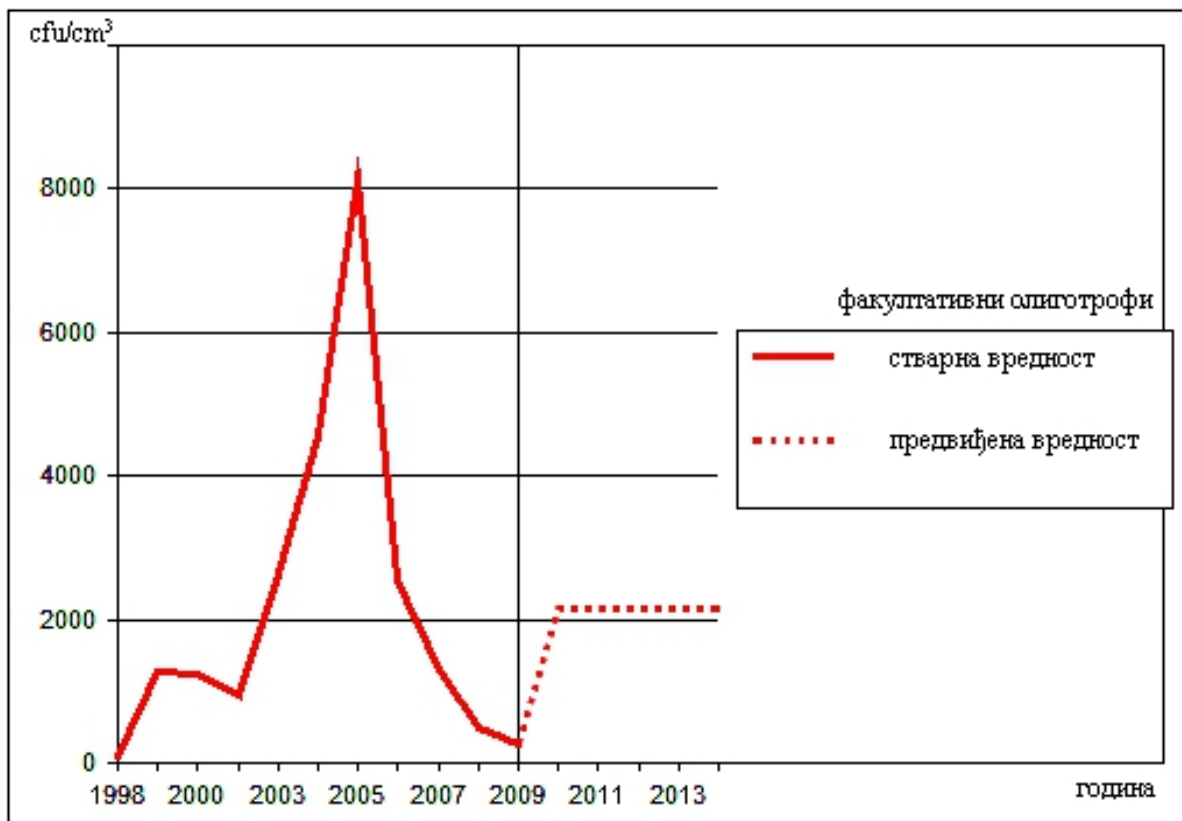
Измерене вредности за параметре*				Ако је растворен кисеоник +5% онда су факултативни олиготрофи	Ако је растворен кисеоник +10% онда су факултативни олиготрофи	Ако су нитрати -5% онда су факултативни олиготрофи	Ако су нитрати -10% онда су факултативни олиготрофи	Ако су укупни фосфати 0.1 онда су факултативни олиготрофи	Ако су укупни фосфати 0.2 онда су факултативни олиготрофи
растворен кисеоник	нитрати	укупни фосфати	факултативни олиготрофи						
9.33	1.08	0.02	1460	1662	1434	1656	1649	1656	1434
8.54	1.59	0.02	1320	2540	2314	2536	2524	2536	2314
2.4	3.59	0.03	3520	2130	1726	1947	2103	1947	1726
2.3	3.23	0.07	3240	1825	1204	1426	1801	1426	1204
1.43	1.53	0.09	4840	3787	2032	2253	3775	2253	2032
8.41	2.13	0.02	645	365	138	360	345	360	138
8.27	2.22	0.02	610	794	567	789	773	789	567
8.1	2.19	0.02	930	177	0	173	157	173	0
8.25	2.2	0.02	3100	1383	1156	1378	1362	1378	1156
8.42	2.24	0.02	570	2147	1920	2142	2126	2142	1920

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед; Поверење 17.98

У акумулацији Грошница - сет података 2, нађено је слично стање, осим што укупни фосфати дају реална решења у случају смањења броја факултативних олиготрофа. У највећем броју случајева садржај укупних фосфата треба да се смањи. Ако се у анализи повећава кисеоник или смањи концентарција нитрата и укупних фосфата добиће се позитивна решења за велики број објеката која нису са израженом правилношћу. Поверење и за ову анализу је јако ниско.

5.6.3. Временско предвиђање

Временски тренд факултативних олиготрофа у акумулацији Гружа приказан је на Слици 16. У периоду од десет година њихове просечне вредности варирају од минималних око 100 cfu/cm^3 до максималних скоро 8200 cfu/cm^3 . Хетеротрофи мезофили у акумулацији Гружа са просечно најнижим вредностима били су заступљени у периоду 1997-2002. година, као и у 2008. години. Раст броја је уочен од 2002. године, са максимумом у 2005. године. После тог периода број знатно опада до врло малих вредности у првој половини 2009. Након 2009 године, за који не постоје подаци, предвиђа се тренд значајног раста бројности и стабилизације на вредностима преко 2000 cfu/cm^3 .



Слика 16. Временски тренд просечних вредности факултативних олиготрофа по годинама у акумулацији Гружа

5.6.4. Вештачке неуронске мреже

За моделирање факултативних олиготрофа у акумулацији Гружа коришћен је *Гружа - сет података 4* са 455 комплета података. Са 11 улаза (хетеротрофи психрофили, нитрити, температура воде, ХПК, растворени кисеоник, укупни фосфати, БПК₅, рН, амонијак, електропроводљивост, хлорофил *a*) направљен је валидан модел за ову акумулацију назван Гсп4фоа, чије су структура мреже и корелациони коефицијенти (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података дати у Табели 105.

Табела 105. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Гружа - сет података 4, модел Гсп4фоа

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
11-30-1	0.940	0.882	0.852	0.920

За овај сет података код моделирања факултативних олиготрофа урађена је анализа осетљивости чији су резултати приказани у Табели 106.

Табела 106. Резултати анализе осетљивости (r) факултативних олиготрофа за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Гружа - сет података 4

Параметар	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
хетеротрофи психрофили	0.87002	0.81099	0.51792	0.5436
нитрити	0.79385	0.30714	0.25189	0.57383
температура воде	0.4432	0.32166	0.35111	0.36125
хетеротрофи мезофили	0.37835	0.47065	0.25651	0.36398
ХПК	0.39263	0.11503	0.12347	0.22945
растворени кисеоник	0.3284	0.45157	0.20031	0.29778
укупни фосфати	0.27209	0.26565	0.038382	0.21532
м алкалинитет	0.24896	0.18036	0.14022	0.20616
БПК ₅	0.2097	0.24367	0.068359	0.19964
рН	0.34498	0.13169	0.061332	0.15303
амонијак	0.16856	0.030322	0.1745	0.019366
електропроводљивост	0.34098	0.030224	0.099092	0.10821
хлорофил <i>a</i>	0.16899	0.20603	0.048322	0.091754
Mn	0.14178	0.23487	0.028118	0.14046
Fe	0.14714	0.012774	0.13713	0.036193

Покушај да се од најбоље ранжираних параметара по анализи осетљивости направи нови модел није дао задовољавајући резултат (валидација је увек била $r < 0.8$). Само прва три најбоље ранжирана параметра чине валидан модел. Модел Гсп4фоб као улазе има: хетеротрофе психрофиле, нитрите и температуру воде. Структура мреже и корелациони коефицијенти (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података дати су у Табели 107.

Табела 107. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Гружа - сет података 4, модел Гсп4фоб

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
3-30-1	0.941	0.879	0.973	0.947

За моделирање факултативних олиготрофа у акумулацији Грошница коришћена су Грошница - сет података 3 и Грошница - сет података 4. Грошница - сет података 3 са 304 комплетних података употребљен је за модел Всп3фоа који за улазе користи исте параметре као модел Гсп4фоа код акумулације Гружа. Улази за модел Всп3фоа су: хетеротрофи психрофили, нитрити, температура воде, ХПК, растворени кисеоник, укупни фосфати, БПК₅, рН, амонијак, електропроводљивост, хлорофил *a*. Структура мреже и корелациони коефицијенти (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података дати су у Табели 108.

Табела 108. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Грошница - сет података 3, модел Всп3фоа

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
11-30-1	0.937	0.902	0.916	0.901

За израду новог модела Всп3фоб за факултативне олиготрофе у акумулацији Грошница изабрани су исти улази као код модела у акумулацији Гружа (Гсп4фоб). Нови модел има следеће улазе: хетеротрофе психрофиле, нитрите и температуру воде. Структура мреже и корелациони коефицијенти (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података за модел Всп3фоб дати су у Табели 109.

Табела 109. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Грошница- сет података 3, модел Всп3фоб

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
3-30-1	0.981	0.864	0.880	0.945

Табела 110. Резултати анализе осетљивости (r) факултативних олиготрофа за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Грошница - сет података 4

Параметар	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
хетеротрофи психрофили	0.95124	0.84257	0.85667	0.91041
хетеротрофи мезофили	0.75725	0.44882	0.68039	0.60222
температура воде	0.63874	0.264153	0.27164	0.45315
ХПК	0.57037	0.13842	0.52809	0.43088
амонијак	0.5189	0.11772	0.4217	0.36244
рН	0.53643	0.16756	0.38719	0.31837
нитрити	0.46758	0.46771	0.36266	0.35036
растворени кисеоник	0.67903	0.16427	0.35278	0.50245
БПК ₅	0.56362	0.11174	0.25779	0.33051
укупни фосфати	0.37764	0.62741	0.12988	0.31815
хлорофил <i>a</i>	0.39328	0.21971	0.22993	0.24077
електропроводљивост	0.53935	0.18438	0.1748	0.33032
Mn	0.56926	0.38518	0.11544	0.22513
Fe	0.26285	0.4424	0.34081	0.33684
m алкалинитет	0.381	0.17937	0.16442	0.18263

Успешни модели за предвиђање стања факултативних олиготрофа добијени су и из Грошница - сет података 4 са 199 комплета података. За овај сет података и параметре

урађена је анализа осетљивости чији су резултати дати у Табели 110. Већина параметара је утицајна при моделирању факултативних олиготрофа.

Из овог сета података добијени су два одлична модела који су за улазе имали параметре који нису били присутни код Всп3фоа и Всп3фоб (Fe, хетеротрофи мезофили и ХПК). Модел Всп4фоа за улазе има: хетеротрофе психрофиле, хетеротрофе мезофиле, рН, температуру воде, растворени кисеоник, ХПК, нитрите, амонијак и Fe. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података за модел Всп4фоа дати су у Табели 111.

Табела 111. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Грошница - сет података 4, модел Всп4фоа

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
9-30-1	0.990	0.878	0.980	0.940

Модел Всп4фоб за улазе има: хетеротрофе психрофиле, хетеротрофе мезофиле, температуру воде, растворени кисеоник и ХПК. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података за модел Всп4фоб дати су у Табели 112.

Табела 112. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Грошница-сет података 4, модел Всп4фоб

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
5-30-1	0.996	0.926	0.915	0.959

Наведени модели успешни за акумулацију Грошница из сета података 4 нису дали адекватне резултате за моделирање факултативних олиготрофа у акумулацији Гружа.

Основне утицаје на факултативне олиготрофе испољавају хетеротрофи психрофили што је потврђује висока корелација. Корелација је резултат чињенице да се ове бактеријске заједнице разликују по захтевима за количином и врстом доступних растворених органских материја. Раније је споменут утицај температуре који ограничава стопу репродукције бактерија на нивоима нижим од 10°C. У условима више температуре главни фактор који регулише повећање броја бактерија је приступ лако асимилирајућим хранљивим материјама (Simon & Tilzer, 1987). Пошто више температуре убрзавају метаболизам, бактерије брже разлажу супстрат (Pomeroy & Wiebe, 2001), па се тако убрзава и секундарна продукција (Kirchman & Rich, 1997). Утицај виших температура кроз већу продуктивност је директна, кроз ензимске реакције (Adams, 2010). Температурна ограничења су у условима ниских температура

значајнија од ограничења у доступности супстрата за специфичну брзину раста бактерија (Shiah & Ducklow, 1994). Нитрити, амонијак, укупни фосфати, као и ХПК, БПК₅, указују на процесе минерализације доступне органске материје за коју је неопходан растворени кисеоник, Могућа веза електропроводљивости, рН и хлорофил *a* са бактеријском заједницом објашњена је у делу хетеротрофи мезофили. За моделирање факултативних олиготрофа у акумулацији Грошница осим набројаних параметара, у неким моделима били су неопходни и хетеротрофи мезофили и Fe. Хетеротрофи мезофили нису карактеристична бактеријска заједница у акумулацији Грошница док факултативни олиготрофи јесу. Веза Fe са хетеротрофима мезофилима може се огледати у томе да редукцију феро једињења врше хетеротрофне бактерије из родова *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Proteus*, *Clostridium*, *Enterobacter*, који садрже значајан број патогених бактерија. Овај процес се међутим одвија у водама са богатим садржајем органских материја, што у најчешћем случају то није одлика акумулације Грошница.

5.7. ФИЗИОЛОШКЕ ГРУПЕ БАКТЕРИЈА

Хетеротрофне бактерије показују висок ниво метаболичке активности и високо доприносе процесу разградње органске материје и њене трансформације (Goosen et al., 1995, Murrell, 2003). Као резултат своје активности бактерије асимилирају органску материју трансформишући је у своју биомасу или је користе у сврху дисања као извор енергије (Donderski et al., 1998). Овим процесима је својствено учешће различитих физиолошких група бактерија које показују различите нивое биохемијске активности (Krstulović & Solić, 1988).

5.7.1. НИТРИФИКАТОРИ

5.7.1.1. Класификација вредности и анализа утицајних параметара

Гружа - сет података 1

Сет има укупно 95 објеката. За нитрификаторе недостају 24 вредности. Остале вредности се класификују у четири класе које су подједнако заступљене (Табела 113).

Табела 113. Класификација вредности нитрификатора у акумулацији Гружа - сет података 1

Класа	Вредност *	Број података	Вероватноћа
1.	<0.6	27	27.21%
2.	0.6-2.66	15	16.40%
3.	2.66-9.5	11	12.79%
4.	≥ 9.5	18	19.10%
-	-	24	24.50%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Ако се посматра утицај параметара на бројност нитрификатора, следи да на најниже вредности нитрификатора највећи утицај имају нитрити у широком распону, температура воде $\geq 14^{\circ}\text{C}$, еколошки услови у августу, Fe, Mn и амонијак у високим концентрацијама, ниске концентрације раствореног кисеоника и нитрата. Ако су вредности нитрита јако високе и повећава се садржај раствореног кисеоника нарочито у новембру, врло је вероватно да ће нитрификатори припадати другој класи. У овој класи већи број параметара утиче на нитрификаторе, али је утицај наведених примаран. Вредности нитрификатора ће припадати трећој класи са великом вероватноћом за наведене вредности утицајних параметара, при чему се издвајају ниске концентрације амонијака, високе вредности целулолизатора и средње вредности азотофиксатора. Нитрификатори ће имати највеће вредности са изразитим утицајем широког распона за Fe ($0.02\text{-}3\text{ mg/cm}^3$) и Mn ($0.01\text{-}2.85\text{ mg/cm}^3$). Приближно исти утицај има температура воде ($8\text{-}10^{\circ}\text{C}$) и еколошки услови месеца марта. Детаљан преглед кључних утицајних параметара на вредности нитрификатора у Гружа - сет података 1 дат је у Табели 114.

Табела 114. Кључни параметри и њихов утицај на вредности нитрификатора у акумулацији Гружа - сет података 1

Параметар	Вредност параметра	Класа нитрификатора	Релативан утицај параметра
нитрити	0-0.07	< 0.6	100
температура воде	≥ 14	< 0.6	71
месец	VIII	< 0.6	70
Fe	≥ 0.25	< 0.6	69
растворени кисеоник	< 4.13	< 0.6	61
нитрати	0.2-0.45	< 0.6	57
Mn	≥ 0.69	< 0.6	39
амонијак	≥ 0.22	< 0.6	22
нитрати	≥ 3.1	0.6-2.66	100
месец	XI	0.6-2.66	88
растворени кисеоник	4.13-6.91	0.6-2.66	61
азотофиксатори	< 15.02	0.6-2.66	46
целулолизатори	24.72-40.57	0.6-2.66	39
амонијак	0.12-0.22	0.6-2.66	28
ортофосфати	0.11-0.31	0.6-2.66	27
температура воде	10-12	0.6-2.66	19
Fe	< 0.036	0.6-2.66	17
ХПК	19.53-22.36	0.6-2.66	16
Fe	0.036-0.08	0.6-2.66	15
амонијак	< 0.046	2.66-9.5	98
целулолизатори	≥ 61.35	2.66-9.5	61
азотофиксатори	38.03-48.76	2.66-9.5	60
мутноћа	15	2.66-9.5	60
месец	XI	2.66-9.5	48
температура воде	< 8	2.66-9.5	24
pH	< 7.27	2.66-9.5	23
дубина	8	2.66-9.5	18
Fe	0.02-3	≥ 9.5	100
Mn	0.01-2.85	≥ 9.5	100
месец	III	≥ 9.5	91
температура воде	8-10	≥ 9.5	80
азотофиксатори	48.76-72.54	≥ 9.5	80
мутноћа	35	≥ 9.5	41
азотофиксатори	≥ 72.54	≥ 9.5	26
целулолизатори	40.57-61.36	≥ 9.5	26

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Поређење класа вредности нитрификатора међусобно, како и у којим вредностима утицајни параметри делују на њих дати су у Прилогу VI – 1. Еколошки услови у новембру и марту фаворизују веће вредности нитрификатора (изузетак у новембру - нема класе ≥ 9.5 cfu/cm³), док услови у августу фаворизују вредности < 0.6 cfu/cm³. Високе концентрације нитрата условљене су већим вредностима нитрификатора и правило важи до границе друге са трећом класом за нитрификаторе после чега се ова ситуација преокреће. Fe (0.02-3) и Mn (0.01-2.85) у својим распонима појављивања у овом периоду утичу да број нитрификатора увек буде већи од поређеног. Висока бројност хетеротрофа (8380-9950 cfu/cm³) такође фаворизује веће вредности нитрификатора. Ниска бројност азотофиксатора фаворизује средње класе нитрификатора када се они пореде са великим вредностима (≥ 9.5 cfu/cm³). Слична је ситуација и ако је растворени кисеоник 4.13-6.91 mg/cm³ и ортофосфати 0.11-0.31 mg/cm³.

Пошто подаци за нитрификаторе постоје само из ранијих периода за њих није рађена ниједна друга анализа и предвиђање.

Нитрификујуће бактерије су врло важна група бактерија која учествује у циклусу азота. Ове бактерије оксидују редуковану нитратну материју преко нитрита до нитрата (Hesselsóe, 2001) и остварују везу између редукованих и оксидованих азотних једињења (Prinčić et al., 1998). Прву етапу у нитрификацији врше бактерије које оксидују амонијак до нитрита (*Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosolobus* и *Nitrosovibrio*), а другу бактерије које оксидују нитрите (*Nitrobacter*, *Nitrosococcus*, *Nitrospina* и *Nitrospira*) (Herbert, 1999).

Нитрификатори максималне вредности исказују у рано лето када је раст фитопланктона максималан и када је висока температура а нижа количина раствореног кисеоника и амонијака, док количина нитрата расте (Cèbron et al., 2003, Skórczewski & Mudryk, 2005, Sipkoska-Gastarova et al., 2008). Такође се јављају у већем броју у кишном периоду због повећаног уноса алохтоне органске материје. Мања бројност нитрификатора је у касно лето и рану јесен (Sipkoska-Gastarova et al., 2008). Одсуство амонијака и пораст количине нитрата у рану јесен је резултат активности нитрификатора. Број нитрификатора везан је за присуство органских и неорганских азотних супстанци па у олиготрофним водама низак садржај тих компоненти чини да број нитрификатора буде нижи, а у еутрофним водама виши (Sipkoska-Gastarova et al., 2008).

Многи аутори истичу да су нитрификујуће бактерије једна од најмање бројних физиолошких група бактерија у воденом екосистему (Petrycka et al., 1990, Skórczewski & Mudryk, 2005). Нитрификација зависи од температуре воде, рН, и количине раствореног кисеоника као и концентрације супстрата (Prinčić et al., 1998). Нитрификатори могу имати велики утицај на летњи недостатак кисеоника у хиполимниону, а неке нитрификујуће бактерије могу да опстану и у условима ниске концентрације раствореног кисеоника (Roy et al., 1996, Cèbron et al., 2003). Нитрификација амонијака је већа када је концентрација раствореног кисеоника већа, јер се он троши у процесу нитрификације. Нитрификационе бактерије су у конкуренцији са фитопланктоном и фитобентосом у односу на амонијак који представља најважнији извор азота за алге (Kiel & Kirchman, 1991). Правило је да фитопланктон врши асимилацију амонијум јона брже него што га бактерије оксидују (Ward et al., 1984), па то може бити одговор због чега су оне најмање бројна група. Минимална количина нитрификационих бактерија је забележена лети, кад се најинтензивније развија фитопланктон, па је и најинтензивнија конкуренција за амонијаком.

5.7.2. АЗОТОФИКСАТОРИ

5.7.2.1. Класификација вредности и анализа утицајних параметара

Гружа - сет података 1

Сет има укупно 95 података. За азотофиксаторе недостају 27 вредности. Остале вредности су класификоване у пет класа. Преглед класа са вредностима, бројем података и вероватноћама дати су у Табели 115.

Табела 115. Класификација вредности азотофиксатора у акумулацији Гружа - сет података 1

Класа	Вредност *	Број података	Вероватноћа (%)
1.	< 15.02	24	24.02%
2.	15.02-38.03	18	18.62%
3.	38.03-48.76	12	13.21%
4.	48.76-72.54	9	10.51%
5.	≥ 72.54	5	6.91%
-	-	27	26.73%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Ако је ниска концентрација ортофофата, нитрата, температура воде 12-14°C, новембар, азотофиксатори ће највероватније бити у вредностима прве класе (Табела 116). Мањи релативни утицај да се азотофиксатори јаве у истој класи имају и нитрификатори, Fe, Mn, рН, целулолизатори, температура воде и вредности раствореног кисеоника. Да се азотофиксатори јаве у другој класи, највише утиче ХПК у већим вредностима и дубина 3 m. Мањи утицај има и друга класа хетеротрофа као и локације на средини акумулације. Када су ортофосфати изразито ниски имају велики утицај да ће азотофиксатори бити у трећој класи. Да се они нађу у овом броју утичу и температура воде 8-10°C, и низак садржај амонијака. Значајно утичу и високе вредности целулолизатора, а нешто мање и вредности треће класе хетеротрофа. Да се азотофиксатори нађу у трећој класи мање утичу еколошки услови у марту, више концентрације раствореног кисеоника, рН 7.51-7.74, нитрификатори у вредностима треће класе и нитрати у широком распону вредности. Ако су нитрификатори у великом броју, са значајним утицајем 100, азотофиксатори ће бити у четвртој класи, а ако су еколошки услови месеца јуна утицај је 64. Да азотофиксатори буду у овој класи мање утичу вредности четврте класе целулолизатора, укупног броја бактерија и високе вредности хетеротрофа. Да азотофиксатори имају највеће вредности (пета класа) највећи утицај имају вредност рН 7.74-8.01 и еколошки услови у јуну.

Поређење класа вредности азотофиксатора између себе, како и у којим вредностима утицајни параметри делују на њих, дато је у Прилогу VI - 2. Еколошки услови марта и јуна фаворизују веће вредности азотофиксатора, а новембра мање. Fe и Mn у широким распонима појављивања везују се за класе са већим вредностима азотофиксатора, док рН 7.74-8.01 и високе концентрације амонијака увек фаворизују највеће вредности азотофиксатора. Насупрот

томе високе вредности нитрата фаворизују малу бројност азотофиксатора. Ниске концентрације ортофосфата и висока бројност нитрификатора увек фаворизују веће вредности азотофиксатора од поређених. Ако су ортофосфати нешто већих вредности (0.11-0.31 mg/cm³) ситуација је обрнута. Због сета који садржи податке из ранијег периода нису рађене друге анализе и моделирања.

Табела 116. Кључни параметри и њихов утицај на вредности азотофиксатора у акумулацији Гружа сет - података 1

Параметар *	Вредност параметра	Класа азотофиксатора	Релативан утицај параметара
ортофосфати	0.11-0.31	< 15.02	100
нитрати	≥ 3.1	< 15.02	73
температура воде	12-14	< 15.02	57
месец	XI	< 15.02	51
нитрификатори	0.6-2.66	< 15.02	42
Fe	≥ 0.25	< 15.02	39
Fe	0.036-0.08	< 15.02	30
Mn	< 0.02	< 15.02	27
pH	< 7.27	< 15.02	25
целулолизатори	7.67-24.72	< 15.02	22
Mn	0.02-0.04	< 15.02	22
температура воде	≥ 14	< 15.02	22
растворени кисеоник	4.13-6.91	< 15.02	21
Mn	≥ 0.69	< 15.02	17
ХПК	19.53-22.36	15.02-38.03	62
дубина	3	15.02-38.03	62
хетеротрофи	3360-4700	15.02-38.03	49
локација	11	15.02-38.03	30
ортофосфати	< 0.11	38.03-48.76	100
температура воде	8-10	38.03-48.76	61
амонијак	< 0.046	38.03-48.76	52
целулолизатори	< 7.67	38.03-48.76	51
хетеротрофи	4700-8380	38.03-48.76	46
месец	III	38.03-48.76	28
растворени кисеоник	8.04-10.14	38.03-48.76	23
pH	7.51-7.737	38.03-48.76	21
нитрификатори	2.66-9.5	38.03-48.76	21
нитрати	0.67-3.1	38.03-48.76	19
нитрификатори	≥ 9.5	48.76-72.54	100
месец	VI	48.76-72.54	64
целулолизатори	40.57-61.36	48.76-72.54	35
хетеротрофи	≥ 9950	48.76-72.54	28
укупан број бактерија	753259-930812	48.76-72.54	28
pH	7.74-8.01	≥ 72.54	100
месец	VI	≥ 72.54	63
амонијак	≥ 0.22	≥ 72.54	46
Mn	0.04-0.054	≥ 72.54	33
Fe	0.036-0.08	≥ 72.54	33
дубина	3	≥ 72.54	28
хетеротрофи	8380-9950	≥ 72.54	27
укупан број бактерија	753259-930812	≥ 72.54	26
нитрификатори	≥ 9.5	≥ 72.54	17

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Гружа - сет података 2

Сет података ума укупно 172 објекта. За азотофиксаторе не постоји 36 вредности. Остале вредности азотофиксатора су класификоване у 5 класа које су са вредностима, бројем података и вероватноћама појављивања приказане у Табели 117. Значајно је утицајна прва класа.

Табела 117. Класификација вредности азотофиксатора у акумулацији Гружа - сет података 2

Класа	Вредност *	Број података	Вероватноћа
1.	< 139	88	48.23%
2.	139-434	24	14.18%
3.	434-751	14	8.87%
4.	751-912	5	4.08%
5.	≥ 912	5	4.08%
-	-	36	20.57%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 118. Кључни параметри и њихов утицај на вредности азотофиксатора у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Гсп2а

Параметар	Вредност параметра	Класа азотофиксатора	Релативан утицај параметара
протеолизатори	< 329	< 139	100
амилолизатори	< 502	< 139	96
целулолизатори	< 11	< 139	55
фосфоминерализатори	< 147	< 139	49
протеолизатори	329-1325	139-434	100
месец	VI-VIII	139-434	51
амилолизатори	502-1377	434-751	100
протеолизатори	≥ 4144	434-751	65
укупан зоопланктон	4386-5803	434-751	52
целулолизатори	40-230	434-751	52
електропроводљивост	< 299	434-751	43
БПК ₅	2.95- 4.46	751-912	100
електропроводљивост	299-328	751-912	84
хлориди	< 3.5	751-912	65
укупни фосфати	≥ 0.52	751-912	65
укупне колиформне бактерије	500-880	751-912	57
протеолизатори	1325-2274	751-912	57
амилолизатори	1377-3448	751-912	46
амилолизатори	3448-4970	751-912	40
укупни фосфати	0.23-0.52	≥ 912	100
целулолизатори	11-40	≥ 912	99
амилолизатори	1377-3448	≥ 912	72
биомаса алги	1362.78-1548.37	≥ 912	65
хлорофил <i>a</i>	20.34-23.11	≥ 912	65
укупан зоопланктон	≥ 5803	≥ 912	61
нитрати	< 0.375	≥ 912	48
амонијак	≥ 0.34	≥ 912	44
протеолизатори	2274-4144	≥ 912	42
целулолизатори	≥ 230	≥ 912	42
Fe	≥ 0.16	≥ 912	41

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Урађена су два модела (варијација модела Гсп2а и Гсп2б). Резултати анализе утицајних параметара оба модела приказани су у Табелама 118 и 119. Ниске вредности (прве класе за дату физиолошку групу) протеолитатора, азотофиксатора, амилолизатора и целулолизатора, код оба модела значајно, утичу да азотофиксатори буду у првој класи. У варијацији модела Гсп2а јавља се и нижи релативан утицај фосфоминерализатора у малој бројности. Друга класа протеолитатора прати другу класу азотофиксатора и то високо значајно у летњим месецима. Вредности амилолизатора друге класе и протеолитатора у највишим вредностима имају висок утицај на појаву азотофиксатора у трећој класи у варијацији модела Гсп2а. Значајан утицај у овој анализи даје и висока бројност укупног зоопланктона. Вредности треће класе целулолизатора прате вредности треће класе азотофиксатора. Да се азотофиксатори нађу у истом броју утичу и ниже вредности за електропроводљивост. Да азотофиксатори буду у распону треће класе висок релативан утицај показује одсуство врста *Lecane closterocerca* и *Keratella quadrata* (варијације модела Гсп2б). Ове две врсте су карактеристичне за еутрофне воде (према Остојић, 2008). Да се азотофиксатори нађу у четвртој класи код оба модела најзначајни утицај имају БПК₅ у распону 2.95- 4.46 mg/cm³ и електропроводљивости 299-328 μS/cm. За ове вредности азотофиксатора анализе показују исте резултате и ако су ниске концентрације хлорида, а укупни фосфати у високим вредностима. Треће класе вредности укупних колиформи и протеолитатора прате четврту класу азотофиксатора. Разлика у анализама за ову класу код модела Гсп2а је утицај треће класе амилолизатора, а код модела Гсп2б утицај веће бројности врсте *Brachionus angularis* и вредности м алкалнитета < 26.11 cm³/dm³. Модели дају исте резултате за утицајне параметаре на бројност азотофиксатора ≥ 912 cfu/cm³. У оба модела је значајан утицај високих вредности укупних фосфата, биомасе алги и хлорофил *a*, вредности друге класе целулолизатора и треће класе амилолизатора, као и високе бројности укупног зоопланктона.

Разлике се у варијацији модела Гсп2а уочавају у утицају ниских вредности нитрата, високих вредности амонијака, Fe, целулолизатора и протеолитатора. У варијацији модела Гсп2б поред ових утицајне су високе бројности врста *Leptodora kindti* и *Diaphanosoma brachyurum*, ниске бројности врсте *Lecane closterocerca*, и просечне бројности *Brachionus diversicornis diversicornis*.

Поређење класа азотофиксатора, како и у којим вредностима утицајни параметри делују на њих, дато је у Прилогу VII - 3, 4. Ниже бројности протеолитатора и амилолизатора са великим релативним утицајима везују се за ниже вредности азотофиксатора и обрнуто. Уочава се постепено повећање броја азотофиксатора у току године (најмање вредности од фебруара до јуна, средње вредности од јуна до августа и највеће од августа до краја године). Температура воде ≥ 22°C фаворизује увек веће вредности. Ако је бројност укупних колиформних бактерија ≥ 500 MPN/100cm³, азотофиксатори ће бити ≥ 751 cfu/cm³, а ако су ≥ 880 MPN/100cm³, азотофиксатори ће бити ≥ 912 cfu/cm³. Ниске вредности хлорида, електропроводљивости и нитрата, високо базна рН, фаворизују веће вредности

азотофиксатора од поређених. Нижа концентрација укупних фосфата условљава највећи број азотофиксатора. Концентрација амонијака прати број азотофиксатора (средње и високе концентрације, средња и висока бројност). Код модела Гсп2б се уочава правилност да врста *Carchesium polypinum* у нижем броју увек условљава азотофиксаторе у великом броју.

Табела 119. Кључни параметри и њихов утицај на вредности азотофиксатора у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Гсп2б

Параметар *	Вредност параметра	Класа азотофиксатора	Релативан утицај параметара
протеолизатори	< 329	< 139	100
амилолизатори	< 502	< 139	96
целулолизатори	< 11	< 139	55
протеолизатори	329-1325	139-434	79
<i>Lecane closterocerca</i>	0	434-751	78
<i>Keratella quadrata</i>	0	434-751	68
БПК ₅	2.95- 4.46	751-912	100
електропроводљивост	299-328	751-912	84
укупни фосфати	≥ 0.52	751-912	65
хлориди	< 3.5	751-912	65
<i>Brachionus angularis</i>	84-93	751-912	65
м алкалинитет	< 26.11	751-912	63
укупне колиформне бактерије	500-880	751-912	57
протеолизатори	1325-2274	751-912	57
<i>Leptodora kindti</i>	24	≥ 912	83
<i>Lecane closterocerca</i>	4	≥ 912	83
укупни фосфати	0.23-0.52	≥ 912	83
<i>Lecane closterocerca</i>	2	≥ 912	83
целулолизатори	11-40	≥ 912	82
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	60-342	≥ 912	63
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	≥ 84	≥ 912	63
амилолизатори	1377-3448	≥ 912	60
биомаса алги	1362.78-1548.37	≥ 912	54
хлорофил <i>a</i>	20.34-23.11	≥ 912	54
укупан зоопланктон	≥ 5803	≥ 912	51

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

5.7.2.2. Вештачке неуронске мреже

За моделирање азотофиксатора у акумулацији Гружа коришћен је *Гружа - сет података 5*. Овај сет података има већи број улазних параметара (параметри стандардних хидробиолошких испитивања и параметри заједница бактерија и зоопланктона - погледати Основни статистички преглед и креирани модели, Табела 10). Анализа осетљивости није дала задовољавајуће резултате при моделирању азотофиксатора. Сваки конструисан модел био је са провером $r < 0.800$. Ако се за моделирање као улази узму параметри стандардних хидробиолошких истраживања добија се валидан модел Гсп5аз који за улазе има: растворени кисеоник, нитрате, нитрите, амонијак, хлорофил *a*, електропроводљивост, хлориде, ИФА, хетеротрофе психрофили и мезофиле, укупне колиформне бактерије и бројност *C. perfringens*. Структура мреже и корелациони коефицијенти (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података за овај модел дати су у Табели 120.

Табела 120. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Гружа - сет података 5 код модела Гсп5аз

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
12-30-1	0.996	0.875	0.962	0.950

Као азотофиксирajuће бактерије означене су све бактерије способне да се неопходним азотом снабдевају из атмосфере, фиксирајући молекулски азот из ваздуха. Азотофиксација може да се одвија у аеробним и анаеробним условима. Врше је, пре свега, врсте рода *Azotobacter*, али и врсте родова *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Vibrio* итд., као и већи број Суанобacteria. Облигатно анаеробне врсте (нпр. неке врсте из рода *Clostridium*) фиксирају азот у анаеробним срединама, а неке факултативно анаеробне (*Klebsiella*) у анаеробним условима или при ниском парцијалном притиску (Ћомић, 1999).

За процес фиксације молекулског азота до амонијака без обзира на тип азотофиксације или врсте микроорганизама, неопходан је комплекс ензима нитрогеназа. Активност нитрогеназа неповратно инхибирају ниске концентрације кисеоника (Ћомић, 1999). У воденим екосистемима бројност слободних азотофиксатора се повећава са степеном трофичности, док их присуство амонијум јона инхибира. Органска материја у основи повећава садржај свих физиолошких група бактерија при чему су азотофиксатори најбољи показатељ (Živanović et al., 1981). За развој азотофиксатора важна је и висока концентрација фосфата (Мишустин & Šiljnikova, 1968, према Simić, 1973),.

Уочава се да бројност азотофиксатора расте у току године, максимум се јавља у периоду јун-септембар, с тим, што највећу бројност достижу у августу (Simić, 1973, Ћурчић, 1994). Неки аутори налазе највећу бројност азотофиксатора у пролећном периоду и то објашњавају алохтоним уносом притокама (Локоска, 2000). Азотофиксатори не показују зависност од дубине воде (Ristanović, 1974).

Ако се упореде резултати анализа утицајних параметара на број азотофиксатора једино неслагање са литературом која обрађује ову тему може да се уочи у акумулацији Гружа - сет података 1, и пре свега се односи на количину расположивог Fe и броја азотофиксатора. То се може објаснити или периодом када су анализе рађена (релативна младост акумулације) или методом реплика којом је број азотофиксатора у овом сету добијен, а која не даје репрезентативне податке.

5.7.3. ЦЕЛУЛОЛИЗАТОРИ

5.7.3.1. Класификација вредности и анализа утицајних параметара

Гружа - сет података 1

Сет има укупно 95 података. За целулолизаторе не постоји 35 вредности. Остале вредности су класификоване у 5 класа од којих је прва класа најзначајнија по утицају. Класе са вредностима, бројем података и вероватноћама појављивања су приказане у Табели 121.

Табела 121. Класификација вредности целулолизатора у акумулацији Гружа - сет података 1

Класа	Вредност*	Број података	Вероватноћа (%)
1.	< 7.67	30	29.43%
2.	7.67-24.72	16	16.82%
3.	24.72-40.57	5	6.91%
4.	40.57-61.35	5	6.91%
5.	≥ 61.35	4	6.01%
-	-	35	33.93%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 122. Кључни параметри и њихов утицај на вредности целулолизатора у акумулацији Гружа - сет података 1

Параметар *	Вредност параметра	Класа целулолизатора	Релативан утицај параметара
ортофосфати	< 0.11	< 7.67	100
температура воде	8-10	< 7.67	90
азотофиксатори	38.02-48.76	< 7.67	42
нитрати	0.45-0.67	< 7.67	32
нитрати	≥ 3.1	7.67-24.72	100
укупан број бактерија	≥ 930 812	7.67-24.72	73
Fe	< 0.04	7.67-24.72	66
азотофиксатори	< 15.02	7.67-24.72	51
мутноћа	10	7.67-24.72	51
температура воде	12-14	7.67-24.72	45
ортофосфати	0.11-0.31	7.67-24.72	44
нитрификатори	0.6-2.66	7.67-24.72	30
растворени кисеоник	4.13-6.91	24.72-40.57	100
нитрификатори	0.6-2.66	24.72-40.57	93
Fe	0.04-0.08	24.72-40.57	58
ортофосфати	0.11-0.31	24.72-40.57	45
укупан број бактерија	753 259-930 812	24.72-40.57	45
дубина	2	40.57-61.35	100
месец	VI	40.57-61.35	90
локација	24	40.57-61.35	65
азотофиксатори	48.76 -72.54	40.57-61.35	54
нитрификатори	≥ 9.5	40.57-61.35	51
месец	XI	≥ 61.35	100
укупан број бактерија	361 578-539 704	≥ 61.35	61
нитрификатори	2.66-9.5	≥ 61.35	42
температура воде	10-12	≥ 61.35	42
локација	17-19	≥ 61.35	39

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Ниске концентрације ортофосфата и температуре воде 8-10°C, са великим утицајем одређују малу бројност целулолизатора (Табела 122). На ову класу мањи утицај имају средње вредности азотофиксатора и ниске концентрације нитрата. Ако су нитрати и укупан број бактерија у високим, а азотофиксатори и Fe у ниским вредностима, као и ако је мутноћа 10, целулолизатори ће највероватније бити у другој класи. За исту класу постоји и више различитих параметара са малим утицајима. Ако су растворени кисеоници и садржај Fe у нижим концентрацијама, као и број нитрификатора, вредности целулолизатора ће бити у трећој класи. Релативан утицај испод 50, за исто, дају и ниске концентрације ортофосфата и већи укупни број бактерија. На дубини 2 m, у топлијем периоду, на локацијама које су ближе притокама, целулолизатори ће бити у четвртој класи. Целулолизатори ће бити у овој класи и ако је број азотофиксатора и нитрификатора већи. На бројност целулолизатора утичу и други параметри чији је утицај мањи од 50. У новембру целулолизатори ће најсигурније бити у највећим вредностима. Ако укупан број бактерија има средњу вредност у хладнијем периоду године бројност целулолизатора ће такође расти. Мање утицаја имају и већа бројност нитрификатора, температура воде 10-12°C и локације на горњем делу акумулације.

Поређење класа вредности целулолизатора међусобно, како и у којим вредностима утицајни параметри делују на њих потврђује уочене правилности (Прилог VII – 5).

Гружа - сет података 2

Сет има укупно 172 податка. За целулолизаторе не постоје 36 вредности. Друге вредности су класификоване у 4 класе од којих је најзначајнија прва класа. Класе са вредностима, бројем података и вероватноћама појављивања дате су у Табели 123.

Табела 123. Класификација вредности целулолизатора у акумулацији Гружа - сет података 2

Класа	Вредност *	Број података	Вероватноћа (%)
1.	<11	97	53.30%
2.	11-40	28	16.60%
3.	40-230	6	4.86%
4.	≥ 230	5	4.89%
-	-	36	20.85%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Због већег броја параметара направљена су два модела (варијација модела Гсп2а и Гсп2б). Извештаји анализе утицајних параметара за оба модела дати су у Табелама 124 и 125. Оба модела показују да мала бројност других физиолошких група бактерија (амилолизатора, азотофиксатора, фосфоминерализатора и протеолизатора) указује на малу бројност целулолизатора. Ако је дубина 15-19 m целулолизатори ће највероватније бити у врло високом броју. Касно летњи или рано јесењи период у коме је садржај Fe у распону 0.12-0.16 mg/cm³, фосфоминерализатори у трећој класи, и просечна и нижа вредност биомасе алги указују да ће

целулолизатори врло вероватно бити бројни, мада не са максималним вредностима (трећа класа).

Анализе се, даље, разликују у односу на утицајне параметре. У варијацији модела Гсп2а налазимо примаран утицај високих вредности азотофиксатора који значајно утичу да број целулолизатора буде у другој класи (11-40 cfu/cm³). Високе релативне утицаје за исто имају и фосфоминерализатори у широком распону 358-929 cfu/cm³ и амилолизатори 1377-3448 cfu/cm³. Мање релативне утицаје имају протеолизатори > 1325 cfu/cm³. Већа концентрација хлорофила *a* има утицај на појаву целулолизатора у већем броју. Већа бројност целулолизатора ниже је условљена вредностима рН < 7.51, раствореног кисеоника у изразито ниским концентрацијама, азотофиксатора у трећој класи и амонијака у високим концентрацијама (Табела 124).

Табела 124. Кључни параметри и њихов утицај на вредности целулолизатора Гружа - сет података 2, модел Гсп2а

Параметар *	Вредност параметра	Класа целулолизатора	Релативан утицај параметара
амилолизатори	< 502	< 11	100
азотофиксатори	< 139	< 11	88
фосфоминерализатори	< 147	< 11	86
протеолизатори	< 329	< 11	80
азотофиксатори	≥ 912	11-40	100
фосфоминерализатори	669-929	11-40	84
амилолизатори	1377-3448	11-40	70
фосфоминерализатори	358-669	11-40	68
протеолизатори	1325-2274	11-40	57
протеолизатори	2274-4144	11-40	45
месец	VIII-IX	40-230	100
Fe	0.12-0.16	40-230	81
фосфоминерализатори	147-358	40-230	70
биомаса алги	1548-1948	40-230	59
хлорофил <i>a</i>	23.11-29.5	40-230	55
рН	< 7.51	40-230	53
растворени кисеоник	< 3	40-230	53
азотофиксатори	434-751	40-230	51
амонијак	≥ 0.34	40-230	45
дубина	15-19	≥ 230	100

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Варијација модела Гсп2б показује утицаје различитих врста зоопланктона (Табела 125). Одсуство врсте *Leptodora kindti* и појава врсте *Brachionus diversicornis diversicornis* у малом броју везује се за целулолизаторе у малој бројности. У одсуству врста *Trichocerca similis*, *Lecane closterocerca* и *Keratella quadrata* целулолизатори могу да се нађу у распону 40-230 cfu/cm³ са високим релативним утицајем. Када су *Brachionus diversicornis homoceros* у средњој бројности, а *Brachionus diversicornis diversicornis* у изразито великој, за исто постоје значајнији утицаји. Ниске релативне утицаје за исти распон целулолизатора дају: висока бројност врсте *Bosmina longirostris similis*, широк распон у бројности за *Brachionus diversicornis homoceros* и просечна бројност *Carchesium polypinum*.

Табела 125. Кључни параметри и њихов утицај на вредности целулолизатора Гружа - сет података 2 модел Гсп26

Параметар *	Вредност параметра	Класа целулолизатора	Релативан утицај параметара
амилолизатори	< 502	< 11	100
азотофиксатори	< 139	< 11	88
фосфоминерализатори	< 147	< 11	86
протеолизатори	< 329	< 11	80
<i>Leptodora kindti</i>	0	11-40	51
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	< 60	11-40	49
<i>Trichocerca similis</i>	0	40-230	100
<i>Lecane closterocerca</i>	0	40-230	90
<i>Keratella quadrata</i>	0	40-230	81
месец	VIII-IX	40-230	79
Fe	0.12-0.16	40-230	64
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	69-123	40-230	63
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	≥ 1061	40-230	63
фосфоминерализатори	147-358	40-230	56
<i>Bosmina longirostris similis</i>	106-163	40-230	53
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	1-60	40-230	52
<i>Leptodora kindti</i>	0	40-230	49
биомаса алги	1548-1948	40-230	47
<i>Carchesium polypinum</i>	92-165	40-230	44
дубина	15-19	≥ 230	100
<i>Lecane closterocerca</i>	4	≥ 230	54

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Поређење класа вредности целулолизатора међусобно, како и у којим вредностима утицајни параметри делују на њих, дати су у Прилогу VII - 6, 7. Уопштено, мања бројност других физиолошких група бактерија утиче на мању бројност целулолизатори. Дубина од 15 до 19 m и изразито ниске концентрације раствореног кисеоника утичу да број целулолизатора буде максималан. Целулолизатори имају тренд раста бројности у току године. У првом делу бројност је мања, у августу и септембру је у распону 40-230 cfu/cm³ и бројност расте од септембра на даље преко тог броја.

Целулоза се ствара у процесу фотосинтезе фитопланктона и макрофитске вегетације и њена количина у воденом екосистему зависи од степена примарне продукције. Биолошка разградња целулозе има велики значај у кружењу угљеника као елементарног макроелемента. У природи се разградња целулозе одвија интензивно захваљујући широко распрострањеним целулитичким микроорганизмима. Целулолизатори разлажу целулозу уз помоћ ензима целулазе на дисахарид целобиозу или глукозу. Бактерије су способне да је разлажу и у аеробним и у анаеробним условима. Најбројније су на крају вегетационе сезоне и у плитком делу акумулације где је присутна велика количина биљног детритуса за разлагање која у себи садржи целулозу. Неке бактерије (нпр. *Clostridium* sp.) целулозу разлажу у анаеробним условима. Процес зависи од рН средине. У киселој средини процес обављају гљиве, у неутралној средини и гљиве и бактерије, а у базној средини бактерије, најчешће *Vibrio* sp. (Ћомић, 1999).

Максималне вредности целулолизатора су специфичне за време одумирања фитопланктона и макровегетације (Ćurčić, 1994), као и на ушћима притока које доносе алохтони материја (Локоска, 2000). Неки аутори наводе да, због зависности од температуре, степена еутрофизације и рН воде, целулолизатори могу да се у максимуму јаве у пролеће и лето, када је температура воде релативно висока, што зависи првенствено од климатске зоне (Zdanowski, 1977, Donderski & Kalwasińska, 2003). Велики број аутора указује да су целулолизатори мање бројна група у бактериопланктону језера (Bölter, 1977, Sugita et al., 1987).

5.7.3.2. Вештачке неуронске мреже

Покушај да се моделирају целулолизатори у акумулацији Гружа уз помоћ *Гружа - сет података 5*, није довео до стварања валидног модела.

Анализа утицајних параметра показује да мали број њих врши утицаје на различите класе целулолизатора у акумулацији *Гружа - сет података 1 и 2*, код свих разматраних модела. Та чињеница, као и немогућност њиховог моделирања вештачким неуронским мрежама и поред бројних улазних параметара, наводи на закључак да за моделирање и предвиђање броја целулолизатора недостаје валидан улаз. С' обзиром на њихову улогу у воденом екосистему да разлажу целулозу, концентрација хлорофила *a* и биомасе алги која се овде користи очигледно није била довољна. Претпоставка је да то могу бити бројност и биомаса одређених врста фитопланктона и макрофитске вегетације.

5.7.4. ПРОТЕОЛИЗАТОРИ

5.7.4.1. Класификација вредности и анализа утицајних параметара

Гружа - сет података 2

Сет има укупно 172 објекта. За протеолизаторе не постоји 36 вредности. Остале вредности класификовани су у 5 класа од којих је, по утицају, најзначајнија прва класа. Класе са вредностима, бројем података и вероватноћама дате су у Табели 126.

Табела 126. Класификација вредности протеолизатора у акумулацији Гружа - сет података 2

Класа	Вредност *	Број података	Вероватноћа
1.	< 329	88	48.23%
2.	329-1325	34	19.50%
3.	1325-2274	7	5.14%
4.	2274-4144	5	4.08%
5.	≥ 4144	2	2.48%
-	-	36	20.57%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

За анализу утицајних параметара коришћени су варијација модела Гсп2а и Гсп2б. Извештаји анализа (Табеле 127 и 128) показују незнатне разлике између модела. Ниске бројности амилолизатора, азотофиксатора и фосфоминерализатора, са високим релативним утицајем, указују да ће број протеолизатора бити низак. Број амилолизатора прати број протеолизатора и у вредностима друге класе. Фосфоминерализатори и азотофиксатори у великом броју везују се за трећу класу протеолизатора. Да протеолизатори буду у вредностима треће класе високо утичу вредности ИФА у распону 1.86-2.7 $\mu\text{mol/s/dm}^3$, високе концентрације укупних фосфата, ниже и просечне вредности биомасе алги и мале концентрације нитрата. Да се протеолизатори нађу у четвртој класи заједнички је и утицај амилолизатора у четвртој и фосфоминерализатора у трећој класи. На ову класу утичу високе концентрације амонијака и ниске м алкалинитета, као и нешто већи број укупних колиформних бактерија. Да број протеолизатора буде у петој класи ($\geq 4144 \text{ cfu/cm}^3$), највећи утицај има висока бројност амилолизатора.

Из анализа модела се уочавају и разлике. Код варијације модела Гсп2а види се утицај просечних и нижих вредности хлорофила *a*, ниже вредности м алкалинитета, високих концентрација Fe, ниских целулолизатора и БПК₅ 2.95-4.46 mg/cm^3 да се протеолизатори нађу у трећој класи. Ако су амилолизатори у вредностима треће класе, протеолизатори ће вероватно бити у вредностима четврте. Протеолизатори ће врло вероватно имати максималну бројност ако су азотофиксатори у вредностима треће класе, ако је велика бројност укупног зоопланктона, а Cladocera, целулолизатори, хетеротрофи мезофили, хетеротрофи, м алкалинитет и Fe у вишим али не и највећим вредностима.

Табела 127. Кључни параметри и њихов утицај на вредности протеолизатора у Гружа - сет података 2, модел Гсп2а

Параметар *	Вредност параметра	Класа протеолизатора	Релативан утицај параметара
амилолизатори	< 502	< 329	100
азотофиксатори	< 139	< 329	95
фосфоминерализатори	< 147	< 329	62
целулолизатори	< 11	< 329	48
азотофиксатори	139-434	329-1325	63
ИФА	1.86-2.71	1325-2274	100
фосфоминерализатори	≥ 929	1325-2274	76
азотофиксатори	751-912	1325-2274	76
укупни фосфати	≥ 0.52	1325-2274	75
биомаса алги	1548 -1948	1325-2274	73
нитрати	< 0.37	1325-2274	71
хлорофил <i>a</i>	23.11-29.5	1325-2274	67
м алкалинитет	< 26.11	1325-2274	66
Fe	≥ 0.16	1325-2274	57
целулолизатори	11-40	1325-2274	49
БПК ₅	2.95-4.46	1325-2274	48
амилолизатори	3448-4970	2274-4144	100
фосфоминерализатори	358-669	2274-4144	98
амонијак	≥ 0.34	2274-4144	68
м алкалинитет	< 26.11	2274-4144	68
укупне колиформне бактерије	500-880	2274-4144	61
амилолизатори	1377-3448	2274-4144	50
амилолизатори	≥ 4970	≥ 4144	100
азотофиксатори	434-751	≥ 4144	96
м алкалинитет	28.38- 29.84	≥ 4144	86
укупан зоопланктон	≥ 5803	≥ 4144	86
Cladocera	462-899	≥ 4144	78
целулолизатори	40-230	≥ 4144	62
хетеротрофи мезофили	731-1127	≥ 4144	56
хетеротрофи	2522-4409	≥ 4144	56
Fe	0.12-0.16	≥ 4144	51

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Код варијације модела Гсп2б да протеолизатори буду у другој класи уочава се утицај врсте *Tintinnidium fluviatile* са малом бројношћу. *Brachionus diversicornis homoceros* са већом бројношћу указује на протеолизаторе у вредностима треће класе. На исто могу да укажу и мала бројност врста *Carchesium polypinum* и *Lecane closterocerca*. Да протеолизатори буду у четвртој класи указује и мала бројност врста *Lecane closterocerca*, *Trichocerca similis* и *Leptodora kindti* а већа бројност врсте *Brachionus diversicornis homoceros*. Да се протеолизатори налазе у петој класи могу да укажу и велика бројност *Carchesium polypinu* и *Leptodora kindti*, као и већа бројност *Diaphanosoma brachyurum* или мала бројност врсте *Brachionus diversicornis homoceros*.

Поређење класа вредности протеолизатора међусобно, како и у којим вредностима утицајни параметри делују између њих, дато је у Прилогу VII - 8, 9. Анализе су врло сличне по утицајним параметрима, са изузетком врста зоопланктона у варијацији модела Гсп2б. У некој мери разликују се јачине релативних утицаја истих параметара. Уопштено, на бројност протеолизатора, са високим релативним утицајима, утичу друге физиолошке групе бактерија. Мања бројност протеолизатора условљава мању вредност других и обрнуто. Бројност

протеолизатора је мања у првом делу године, да би се повећавала у августу и септембру. Уочава се утицај укупног зоопланктона и групе Cladocera који са већим вредностима фаворизују веће вредности протеолизатора. ИФА у неким распонима, такође фаворизује већу бројност протеолизатора.

Табела 128. Кључни параметри и њихов утицај на вредности протеолизатора у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Гсп2б

Параметар *	Вредност параметра	Класа протеолизатора	Релативан утицај параметара
амилолизатори	< 502	< 329	100
азотофиксатори	< 139	< 329	95
фосфоминерализатори	< 147	< 329	62
<i>Tintinnidium fluviatile</i>	< 15	329-1325	66
азотофиксатори	139-434	329-1325	63
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	1-60	1325-2274	100
<i>Carchesium polypinum</i>	< 92	1325-2274	90
<i>Lecane closterocerca</i>	3	1325-2274	80
ИФА	1.86- 2.71	1325-2274	76
азотофиксатори	751-912	1325-2274	58
фосфоминерализатори	≥ 929	1325-2274	58
укупни фосфати	≥ 0.52	1325-2274	57
биомаса алги	1548-1948	1325-2274	55
нитрати	< 0.37	1325-2274	54
амилолизатори	3448-4970	2274-4144	100
фосфоминерализатори	358-669	2274-4144	98
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	60-69	2274-4144	69
<i>Lecane closterocerca</i>	2	2274-4144	69
амонијак	≥ 0.34	2274-4144	68
м алкалинитет	< 26	2274-4144	68
<i>Trichocerca similis</i>	0	2274-4144	66
укупне колиформне бактерије	500-880	2274-4144	61
<i>Leptodora kindti</i>	0	2274-4144	56
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	60-342	2274-4144	53
<i>Carchesium polypinum</i>	≥ 386	≥ 4144	100
<i>Leptodora kindti</i>	18	≥ 4144	64
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	≥ 123	≥ 4144	64
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	32-84	≥ 4144	64
амилолизатори	≥ 4970	≥ 4144	53

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

5.7.4.2. Вештачке неуронске мреже

За моделирање протеолизатора у акумулацији Гружа коришћен је *Гружа - сет података 5*. Због већег број различитих параметара урађена је анализа осетљивости. Резултати анализе осетљивости (r) протеолизатора за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Гружа - сет података 5 дати су Табели 129. Конструисано је више валидних модела који су за улазе користили најбоље вредности по анализи осетљивости. Издвојени су модел Гсп5па и модел Гсп5пб. Модел Гсп5па за улазе користи најбоље рангиране параметре по анализи осетљивости: Cladocera, Rotifera, рН, растворени кисеоник, нитрати, укупни фосфати, електропровољивост, ХПК, хлориди, азотофиксатори, фосфоминерализатори, амилолизатори, целулолизатори, укупне колиформне бактерије, бројност *C. perfringens* и

укупан број бактерија. Модел Гсп5пб за улазе користи параметре добијене из стандардних хидробиолошких испитивањима: рН, растворени кисеоник, температура воде, нитрати, нитрити, хлорофил *a*, укупни фосфати, електропроводљивост, ХПК, хлориди, ИФА, хетеротрофи психрофили, укупан број бактерија и Мп. Структуре мрежа и корелациони коефицијенти (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података за модел Гсп5па и модел Гсп5пб дати су у Табелама 130 и 131.

Табела 129. Резултати анализе осетљивости (r) протеолизатора за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Гружа - сет података 5

Параметар	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
хлориди	0.82313	0.64347	0.6534	0.7592
електропроводљивост	0.88007	0.24389	0.59542	0.57298
амилолизатори	0.85753	0.64401	0.67511	0.69537
укупан број бактерија	0.6282	0.54875	0.32633	0.54939
укупне колиформне бактерије	0.66646	0.72833	0.71473	0.68676
азотофиксатори	0.68531	0.4208	0.31691	0.50235
целулолизатори	0.63788	0.37175	0.51777	0.5596
фосфоминерализатори	0.56352	0.49081	0.12729	0.46315
растворени кисеоник	0.54953	0.50436	0.37663	0.48604
Sladosega	0.56259	0.16384	0.32497	0.46172
рН	0.64886	0.16127	0.29449	0.40449
Rotatoria	0.5215	0.13229	0.37798	0.40974
укупни фосфати	0.50312	0.3041	0.30146	0.43209
<i>C. perfringens</i>	0.45561	0.46425	0.48045	0.45851
ХПК	0.48224	0.19387	0.25867	0.40109
нитрати	0.46959	0.46328	0.3465	0.43133
температура воде	0.53663	0.18732	0.27281	0.42033
Мп	0.4558	0.20966	0.1393	0.32283
хетеротрофи психрофили	0.4529	0.16153	0.21835	0.33691
нитрити	0.45808	0.15934	0.16238	0.32127
Protozoa	0.47071	0.11562	0.44661	0.39295
ИФА	0.4174	0.097426	0.35124	0.32752
хлорофил <i>a</i>	0.34366	0.28524	0.20059	0.30405
укупан зоопланктон	0.46721	0.24919	0.074496	0.27946
Ciliata	0.35092	0.14674	0.2143	0.28304
Copepoda	0.31456	0.10946	0.31912	0.27606
амонијак	0.37654	0.13965	0.28776	0.25121
Fe	0.35516	0.043685	0.044337	0.18132
БПК ₅	0.32191	0.055844	0.11363	0.20233
хетеротрофи мезофили	0.33645	0.23709	0.10554	0.273
<i>S. foecalis</i>	0.017202	0.24381	0.20089	0.10704

Табела 130. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Гружа - сет података 5 код модела Гсп5па

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
17-15-1	0.988	0.902	0.954	0.967

Табела 131. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Гружа - сет података 5 код модела Гсп5пб

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
14-30-1	0.999	0.856	0.860	0.929

Из наведеног следи да протеолизатори могу да се успешно моделирају са већим бројем различитих параметара, што у исто време значи и да су са већином параметара у блиској зависности.

Протеолитичке бактерије разлажу протеине до пептида помоћу ензима протеиназе, и пептиде до аминокиселина уз помоћ ензима пептидазе. У воденој средини оне најчешће припадају родовима *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Xantomonas*, *Aeromonas*, *Vibrio*, *Cytophaga*, *Enterobacter*, *Streptococcus*, *Clostridium*, *Pseudomonas*, *Stafylococcus* (Chróst, 1986, Čomić, 1998). Аминокиселине се разлажу у самој ћелији ендоензимима при чему се врши оксидативна дезаминација уз помоћ дехидрогеназа, а резултат је амонијум јон и неке киселине. Ако је дезаминација анаеробна акумулирају се амонијак и масне киселине. *Clostridium* врсте декарбоксилазама и дезаминазама у процесу неоксидативне дезаминације аминокиселина дају велике количине нитрата и водоника. Присуство амонијака је резултат разградње других органских једињења азота, нпр. урее (*Sarcina*, *Proteus*) и та разградња се одвија до амонијака. У киселим и неутралним срединама амонијак егзистира као амонијум јон и као таквог асимилирају га гљиве, алге и бактерије. У алкалним и аеробним срединама амонијак брзо оксидише у нитрате у процесу нитрификације. Разлагање пептида до аминокиселина зове се амонификација. Зависи од количине органске материје у води. Ако расте концентрација раствореног кисеоника, расте и број протеолизатора (Čomić, 1998).

Бактериопланктон са протеолитичким способностима је од укупног броја хетеротрофних бактерија у воденим срединама једна од најзаступљенијих физиолошких група (Saava, 1985, Sugita et al., 1987, Donderski & Strzelczyk, 1992, Donderski & Kalwasińska, 2003). Појава великог броја бактерија које разлажу протеине повезана је са чињеницом да су главне компоненте органског материјала у води, после угљених хидрата, протеини, полипептиди и аминокиселине (Litte et al., 1979). Њихов извор је екскреција из фитопланктона, макрофита, зоопланктона и њихових остатака (Billen & Fontigny, 1987). Када се у води појаве велике количине растворених протеина као резултат разлагања бактерија и фитопланктона, упоредо се јављају и максимуми вредности протеолитичких бактерија (Chróst, 1986, Čomić et al., 1997). Повећан број протеолизатора може да буде последица разградње и аутохтоног, али и алохтоног материјала унетог у водени систем притокама, или као последица активности човека у литоралу језера (Локоска, 2000).

У различитим акумулацијама протеолизатори свој максимум испољавају у различитим периодима године: пролеће и јесен (Čomić, 1989), периоду зимско пролећни месеци (Gajin et al., 1991a-d), пролећни, летњи и јесењи период (Lokoska, 1995, 2000, Локоска, 1996), пролеће, јесен и зиму (Čomić et al., 1997), лети (Donderski & Kalwasińska, 2003). Ово се може објаснити климатским условима (температура као основни фактор) који сезонски условљавају раст фитопланктона. Раније је објашњен и утицај температура за синтезу протеаза при чему оптимална температура износи 18°C (Helmke & Weyland, 1991), а температура воде испод 15°C нагло инхибира њихову активност. Други разлог за то може бити унос алохтоног органског

материјала (Локоска, 2000). Установљена је и већа разградња протеина и аминокиселина у водама вишег салинитета (Норре et al., 1988). Неки аутори закључују да због разградње највеће количине аутохтоног и алохтоног материјала у води протеолитатори могу да укажу на побољшање квалитета вода (Чомић, 1989).

5.7.5. АМИЛОЛИЗАТОРИ

5.7.5.1. Класификација и анализа утицајних параметара

Гружа - сет података 2

Сет података има укупног 172 податка. За амилализаторе недостаје 37 вредности. Остале вредности су класификоване у 5 класа од којих је најутицајнија прва класа. Класе са вредностима, бројем података и вероватноћама приказане су у Табели 132.

Табела 132. Класификација вредности амилализатора у акумулацији Гружа - сет података 2

Класа	Вредност *	Број података	Вероватноћа (%)
1.	< 502	108	58.87%
2.	502-1377	13	8.33%
3.	1377-3448	9	6.21%
4.	3448-4970	3	3.01%
5.	≥ 4970	2	2.48%
-	-	37	21.10%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Амилализатори у овом сету података анализирани су помоћу два модела. У Табелама 133 и 134 приказани су резултати анализа варијације модела Гсп2а и Гсп2б. Највећи релативни утицај на појаву прве класе амилализатора имају ниске бројности других физиолошких група бактерија (протеолизатора, азотофиксатора, фосфоминерализатора и целулолизатора). Заједничко за оба модела је утицај треће класе азотофиксатора и четврте класе протеолизатора који указују да ће амилализатори бити у другој класи. Ако су Cladocera у високим вредностима, као и укупни фосфати, амилализатори ће бити у трећој класи. Да се амилализатори нађу у четвртој класи највероватнији утицај има број протеолизатор и просечне и ниже концентracија укупних фосфата. Ако су ИФА, протеолизатори, укупан зоопланктон у високим вредностима, а просечне и ниже вредности минералног садржаја, као и просечан број фосфоминерализатора, врло је вероватно да ће се амилализатори наћи у максималним бројностима.

Међу моделима се такође уочавају разлике. Код варијације модела Гсп2а су најзначајнији утицаји других физиолошких група бактерија, код варијације модела Гсп2б најутицајније су различите врсте зоопланктона.

Анализа варијације модела Гсп2а (Табела 133) показује да су за предвиђање бројности амилализатора значајни температура, алкалинитет, електропроводљивост, садржај хлорида и бројност осталих физиолошких група бактерија. Да би амилализатори били у вредностима треће класе потребна је температура воде 18-22°C, висок алкалинитет, већа вредност укупних колиформи, нижа електропроводљивост и већи садржај хлорида. За исту класу је потребно да азотофиксатори имају велику бројност, а да су протеолизатори, фосфоминерализатори и

целулолизатори средње бројни. Да ће амилолизатори бити у вредностима пете класе значајно утичу и нешто веће концентрације амонијака.

Табела 133. Кључни параметри и њихов утицај на вредности амилолизаторе у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Гсп2а

Параметар *	Вредност параметра	Класа амилолизатора	Релативан утицај параметара
протеолизатори	< 329	< 502	100
азотофиксатори	< 139	< 502	92
фосфоминерализатори	< 147	< 502	71
целулолизатори	< 11	< 502	60
азотофиксатори	434-751	502-1377	100
протеолизатори	329-1325	502-1377	97
Sladosega	899-1513	1377-3448	95
укупни фосфати	0.23- 0.52	1377-3448	84
укупни фосфати	≥ 0.52	1377-3448	84
азотофиксатори	751-912	1377-3448	79
азотофиксатори	≥ 912	1377-3448	79
протеолизатори	2274-4144	1377-3448	79
фосфоминерализатори	669-929	1377-3448	77
целулолизатори	11-40	1377-3448	77
температура воде	17.66 -21.63	1377-3448	69
целулолизатори	40-230	1377-3448	67
м алкалинитет	< 26.11	1377-3448	67
укупне колиформне бактерије	500-880	1377-3448	63
електропроводљивост	299-328	1377-3448	63
хлориди	≥ 11	1377-3448	57
протеолизатори	1325-2274	1377-3448	56
протеолизатори	329-1325	1377-3448	52
протеолизатори	2274-4144	3448-4970	100
укупни фосфати	0.09-0.23	3448-4970	53
ИФА	≥ 3.7422215224	≥ 4970	100
протеолизатори	≥ 4144	≥ 4970	100
укупан зоопланктон	≥ 5803	≥ 4970	86
м алкалинитет	28.38-29.84	≥ 4970	86
фосфоминерализатори	358-669	≥ 4970	78
електропроводљивост	299-328	≥ 4970	72
амонијак	0.16-0.34	≥ 4970	58

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Анализа варијације модела Гсп2б (Табела 134) показује да је за предвиђање бројности амилолизатора значајно присуство одређених врста зоопланктона. Амилолизатори ће имати вредности друге и треће класе када је у води мала бројност врсте *Lecane closterocerca*. Амилолизатори ће бити у вредностима треће класе у води у којој је присутна мала бројност врсте *Keratella quadrata* и средње/велика бројност врсте *Carchesium polypinum*.

Амилолизатори у вредностима четврте класе налазе се када су врсте *Brachionus diversicornis homoceros* и *Carchesium polypinum* у већој, *Bosmina longirostris cornuta* и *Bosmina longirostris similis* у средње/великој или *Brachionus diversicornis diversicornis* у великој бројности. Амилолизатори у максималним вредностима налазе се у води где су врсте *Leptodora kindti*, *Diaphanosoma brachyurum* и *Brachionus diversicornis diversicornis* заступљене више него обично или ако су врсте *Brachionus diversicornis homoceros* и *Carchesium polypinum* у високој

бројности. На велику бројност амилолизатора може да укаже врста *Lecane closterocerca* у ниској бројности.

Табела 134. Кључни параметри и њихов утицај на вредности амилолизатора у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Гсп2б

Параметар *	Вредност параметра	Класа амилолизатора	Релативан утицај параметара
протеолизатори	< 329	< 502	100
азотофиксатори	< 139	< 502	92
фосфоминерализатори	< 147	< 502	71
целулолизатори	< 11	< 502	60
азотофиксатори	434-751	502-1377	100
протеолизатори	329-1325	502-1377	97
<i>Lecane closterocerca</i>	6	502-1377	75
<i>Lecane closterocerca</i>	0	1377-3448	100
Cladocera	899-1513	1377-3448	58
<i>Keratella quadrata</i>	0	1377-3448	52
<i>Lecane closterocerca</i>	2	1377-3448	51
укупни фосфати	0.23-0.52	1377-3448	51
укупни фосфати	≥ 0.52	1377-3448	51
<i>Carchesium polypinum</i>	92-165	1377-3448	51
протеолизатори	2274-4144	3448-4970	100
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	60-69	3448-4970	83
<i>Bosmina longirostris cornuta</i>	65-406	3448-4970	70
<i>Bosmina longirostris similis</i>	67-106	3448-4970	64
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	≥ 1061	3448-4970	56
<i>Carchesium polypinum</i>	165-386	3448-4970	56
укупни фосфати	0.09-0.23	3448-4970	53
<i>Leptodora kindti</i>	18	≥ 4970	100
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	≥ 123	≥ 4970	100
<i>Lecane closterocerca</i>	1	≥ 4970	100
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	32-84	≥ 4970	100
ИФА	≥ 3.74	≥ 4970	82
протеолизатори	≥ 4144	≥ 4970	82
укупан зоопланктон	≥ 5803	≥ 4970	71
м алкалинитет	28.38-29.84	≥ 4970	71
<i>Carchesium polypinum</i>	≥ 386	≥ 4970	71
фосфоминерализатори	358-669	≥ 4970	64
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	342-1061	≥ 4970	63
електропроводљивост	299-328	≥ 4970	59

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Утицај параметара на различите класе амилолизатора дат је у Прилогу VII - 10, 11. Највеће вредности амилолизатора се јављају увек на мањим дубинама, вредности четврте класе најчешће се налазе у централном делу акумулације, док су вредности друге класе карактеристичне за дубине 15-19 m. Веће вредности амилолизатора везане су за рН у распону 7.51-7.77, а мање за распон рН 7.77-8.08.

5.7.5.2. Вештачке неуронске мреже

За моделирање амилолизатора у акумулацији Гружа коришћен је *Гружа - сет података 5*. Због већег број различитих параметара урађена је анализа осетљивости чији су

результати дати у Табели 135. Уз помоћ анализе осетљивости која је издвојила већи број валидних улаза направљено је више различитих модела са добрим особинама.

Табела 135. Резултати анализе осетљивости (r) амилолизатора за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Гружа - сет података 5

Параметар	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
протеолизатори	0.90083	0.53491	0.73238	0.742
хлориди	0.76117	0.81046	0.8104	0.78264
електропроводљивост	0.7905	0.67797	0.68344	0.72825
укупне колиформне бактерије	0.76925	0.43625	0.56501	0.59447
азотофиксатори	0.68765	0.45523	0.53066	0.59242
целулолизатори	0.65982	0.45204	0.62633	0.59847
укупан број бактерија	0.53259	0.35236	0.69764	0.55963
<i>C. perfringens</i>	0.5296	0.52968	0.63550	0.50757
фосфоминерализатори	0.58071	0.49066	0.27229	0.49894
растворени кисеоник	0.55652	0.14641	0.24329	0.4251
pH	0.55253	0.056753	0.52219	0.45733
температура воде	0.51669	0.3028	0.12806	0.42614
нитрити	0.51015	0.20908	0.49739	0.41893
Cladocera	0.53284	0.0653	0.17685	0.30514
Protozoa	0.5124	0.10882	0.14871	0.30665
Rotatoria	0.53464	0.1095	0.27665	0.36643
укупан зоопланктон	0.53319	0.14228	0.41076	0.31629
хетеротрофи психрофили	0.4614	0.25194	0.32659	0.37833
укупни фосфати	0.43154	0.32824	0.31048	0.39035
ИФА	0.43471	0.11304	0.54814	0.36422
нитрати	0.40545	0.18933	0.49564	0.37793
Mn	0.35139	0.28744	0.58643	0.38223
хлорофил <i>a</i>	0.42259	0.12668	0.11177	0.30832
ХПК	0.36181	0.1626	0.29448	0.30909
Copepoda	0.39216	0.1512	0.023577	0.24862
Ciliata	0.27167	0.18473	0.10714	0.1833
амонијак	0.32026	0.22464	0.12491	0.23568
Fe	0.28697	0.23441	0.31078	0.27928
БПК ₅	0.28189	0.048215	0.2878	0.21427
хетеротрофи мезофили	0.27915	0.19481	0.49184	0.26916
<i>S. faecalis</i>	0.079834	0.16975	0.058642	0.087229

Најбоље особине показао је модел Гсп5ам који за улазе користи параметре из стандардних хидробиолошких испитивања: pH, растворени кисеоник, температура воде, нитрити, електропроводљивост, хлориди и укупан број бактерија. Структура мреже и корелациони коефицијент за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Гружа - сет података 5, за модел Гсп5ам, дати су у Табели 136.

Табела 136. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Гружа-сет података 5 код модела Гсп5ам

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
7-30-1	0.995	0.911	0.872	0.933

Скроб, пектин и целулоза су природне компоненте водених биљака. Бактерије их активно користе као извор угљеника и енергије (Zdanowski, 1977). Амилолитске бактерије

разлажу скроб помоћу ензима амилазе и то најчешће из фитопланктона. Скроб је хомополимер изграђен од глукозе и после липида чини главну резерву енергетског материјала који се акумулира у телу алги и макрофита (Howling, 1989). Зато се он увек налази у воденом екосистему и активно се користи од бактерија у малим концентрацијама (Кооџи & Нијен, 1985). Бактеријски амилитички ензими способни су да разложе скроб на просте супстанце као што су глукоза, малтоза и тд. а које се активно абсорбују од бактерија као храна (Cott, 1988).

Амилитске бактерије су релативно бројна група хетеротрофних бактерија у воденим екосистемима (Zdanowski, 1977, Ellis-Evans, 1985, Sugita et al. 1987, Donderski & Stopić, 1987, 1993, Helmke & Wayland, 1991). Високу бројност амилитатора у касно пролеће, када је интензивна продукција фитопланктона, и у рану јесен на крају вегетационе периоде, када се сезонски смењују алге и бактерије, утврдио је већи број аутора (Stilinović & Futač, 1984, Krstulović & Solić, 1988, Čomić, 1989, Cvijan & Laušević, 1994, Čomić et al., 1997, Donderski & Kalwasińska, 2003). Бројност амилитатора опада кад расте концентрација раствореног кисеоника. *E. coli* може да врши амилитацију.

5.7.6. ФОСФОМИНЕРАЛИЗАТОРИ

5.7.6.1. Класификација и анализа утицајних параметара

Гружа - сет података 2

Сет података има укупно 172 објекта од којих за фосфоминерализаторе недостаје 36 вредности. Класификација вредности фосфоминерализатора са прегледом класа и бројем података као и процентуалном заступљеношћу по класама приказане су у Табели 137. Најзначајнија је прва класа.

Табела 137. Класификација вредности фосфоминерализатора у акумулацији Гружа - сет података 2

Класа	Вредност *	Број података	Вероватноћа (%)
1.	< 147	69	38.11
2.	147-358	32	18.44
3.	358-669	19	11.52
4.	669-929	11	7.27
5.	≥ 929	5	4.08
-	-	36	20.57

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

За анализу утицајних параметара коришћени су варијације модела Гсп2а и Гсп2б. На појаву прве класе фосфоминерализатора, код оба модела, висок утицај имају ниске вредности амилолизатора, протеолизатора, целулолизатора и азотофиксатора. Да фосфоминерализатори буду у вредностима друге класе, највећи утицај има висока бројност укупних колиформних бактерија. Фосфоминерализатори у вредностима треће класе условљени су протеолизаторима и амилолизаторима у високој бројности. На исто могу да утичу и вредности ИФА $\geq 2.71 \mu\text{mol/s/dm}^3$, средње/ниже вредности биомасе алги и хлорофила *a*, ниже вредности за електропроводљивост и м алкалинитет, ниска концентрација нитрата. Код оба модела постоје исти утицајни параметри за четврту класу фосфоминерализатора али им није исти значај. Да се фосфоминерализатори нађу у овом распону са великом сигурношћу указиваће следеће вредности: протеолизатори у вредностима друге класе, летњи период и висок садржај Fe, садржај нитрита у просечним концентрацијама, мало већа мутноћа. Ако је дубина 15-19 m и број протолизатора у вредностима треће класе, врло је вероватно да ће вредности за фосфоминерализаторе бити у петој класи или највећим вредностима.

Анализе модела се даље разликују. Код варијације модела Гсп2а, да се фосфоминерализатори јаве у распону вредности друге класе, значајан релативан утицај имају температуре воде у распону 13-18°C, нешто веће бројности целулолизатора и високе концентрације Mn. Да се фосфоминерализатори нађу у трећој класи, висок релативан утицај имају више вредности хлорида и просечне концентрације амонијака. Да се фосфоминерализатори нађу у распону четврте класе значајно могу да покажу и мала бројност

целулолизатора и већа бројност Cladocera, док на пету класу са нижим утицајем могу да укажу и просечна мутноћа као и већа бројност амилолизатора.

Табела 138. Кључни параметри и њихов утицај на вредности фосфоминерализатора у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Гсп2а

Параметар *	Вредност параметра	Класа фосфоминерализатора	Релативан утицај параметара
амилолизатори	< 502	< 147	100
протеолизатори	< 329	< 147	87
целулолизатори	< 11	< 147	72
азотофиксатори	< 139	< 147	66
укупне колиформне бактерије	≥ 880	147-358	100
температура воде	13-18	147-358	59
целулолизатори	40-230	147-358	53
Мп	≥ 0.53	147-358	48
ИФА	2.71-3.74	358-669	100
протеолизатори	2274-4144	358-669	100
биомаса алги	1548 -1948	358-669	89
електропроводљивост	299-328	358-669	85
м алкалинитет	< 26.11	358-669	81
хлорофил <i>a</i>	23.11-29.5	358-669	80
нитрати	< 0.37	358-669	62
амилолизатори	≥ 4970	358-669	61
ИФА	≥ 3.74	358-669	61
хлориди	≥ 11	358-669	54
амонијак	0.16-0.34	358-669	52
протеолизатори	329-1325	669-929	100
месец	VI-VIII	669-929	88
Fe	≥ 0.16	669-929	80
нитрити	0.03-0.05	669-929	70
мутноћа	30	669-929	69
целулолизатори	11-40	669-929	55
Cladocera	899-1513	669-929	49
дубина	15-19	≥ 929	100
протеолизатори	1325-2274	≥ 929	82
мутноћа	25	≥ 929	57
амилолизатори	3448-4970	≥ 929	57

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Анализа варијације модела Гсп2б показује да је за предвиђање бројности фосфоминерализатора значајно присуство врста зоопланктона Фосфоминерализатори ће имати вредности друге класе када је мала бројност врсте *Brachionus angularis*, а велика *Brachionus diversicornis homoceros* и *Brachionus diversicornis diversicornis*. Фосфоминерализатори ће бити у вредностима четврте класе када су велике бројности врсте *Bosmina longirostris cornuta* и ниске бројности врста *Brachionus diversicornis homoceros* и *Diaphanosoma brachyurum*. Већа бројност врсте *Lecane closterocerca* од уобичајене за ову акумулацију, значајно одређује фосфоминерализаторе у високим вредностима.

Табела 139. Кључни параметри и њихов утицај на вредности фосфоминерализатора у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Гсп2б

Параметар *	Вредност параметра	Класа фосфоминерализатора	Релативан утицај параметара
амилолизатори	< 502	< 147	100
протеолизатори	< 329	< 147	87
целулолизатори	< 11	< 147	72
азотофиксатори	< 139	< 147	66
укупне колиформне бактерије	≥ 880	147-358	100
<i>Brachionus angularis</i>	< 32	147-358	92
ИФА	2.71-3.74	358-669	100
протеолизатори	2274-4144	358-669	100
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	1-60	358-669	92
биомаса алги	1548-1947	358-669	89
електропроводљивост	299-328	358-669	85
м алкалинитет	< 26.11	358-669	81
хлорофил <i>a</i>	23.11-29.5	358-669	80
нитрати	< 0.37	358-669	62
ИФА	≥ 3.74	358-669	61
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	60-342	358-669	61
амилолизатори	≥ 4970	358-669	61
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	< 60	669-929	100
протеолизатори	329-1325	669-929	88
<i>Bosmina longirostris cornuta</i>	601-1295	669-929	86
месец	VI-VIII	669-929	77
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	< 1	669-929	75
Fe	≥ 0.16	669-929	71
нитрити	0.03 -0.05	669-929	62
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	< 3	669-929	62
мутноћа	30	669-929	61
дубина	15-19	≥ 929	100
<i>Lecane closterocerca</i>	12	≥ 929	93
протеолизатори	1325-2274	≥ 929	82

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Анализа о утицајима параметара на различите класе фосфоминерализатора и њихов однос дат је у Прилогу VII - 12, 13. Бројност фосфоминерализатора расте у току године са максимумом у летњем периоду. Касно летњи и рано јесењи период је исто са већом бројношћу фосфоминерализатора. Највећа бројност фосфоминерализатора је на дубини 15-19 m, са мутноћом воде у просечним вредностима. Мање вредности других физиолошких група прате и мање вредности фосфоминерализатора.

Грошница - сет података 1

Сет података има 183 објекта од којих за фосфоминерализаторе недостаје 126 вредности. Класификација вредности фосфоминерализатора са прегледом класа, бројем података и процентуалном заступљеношћу по класама приказана је у Табели 140.

Табела 140. Класификација вредности фосфоминерализатора у акумулацији Грошница - сет података 1

Класа	Вредност *	Број података	Вероватноћа
1.	< 4.67	11	6.87
2.	4.67-14.67	11	6.87
3.	14.67-37.33	11	6.87
4.	37.33-118	11	6.87
5.	≥ 118	13	7.87
-	-	126	64.66

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

За анализу утицајних параметара коришћени су варијације модела Всп1а и Всп1б. Преглед утицаја вредности параметара на одређене класе фосфоминерализатора за модел Всп1а и Всп1б дати су у Табелама 141 и 142. Постоје бројни заједнички утицаји за оба модела. Одсуство нитрата и висок садржај укупних фосфата значајно може да одреди вредност фосфоминерализатора у вредностима друге класе. Фосфоминерализаторе у вредностима треће класе значајно одређују еколошки услови у јануару и укупан хлорофил у средње/нижим концентрацијама. Висок релативан утицај за исто имају: растворени кисеоник или у високим или екстремно ниским концентрацијама, ниска температура воде < 8°C, одсуство нитрата и ХПК у распону 9.3-10.3 mg/cm³. За ову класу фосфоминерализатора постоји и низ утицајних параметара са малом релативном значајношћу. Фосфоминерализаторе у вредностима четврте класе, значајно одређују: ниска температура воде < 8°C, висока концентрација раствореног кисеоника, зимски период, мала вредност ИФА, више базна рН (8.00-8.22) и просечна ХПК. За исто значајни су утицаји вредности друге класе факултативних олиготрофа и хетеротрофа. Фосфоминерализаторе у високој бројности значајно одређује просечна и нижа концентрација укупног хлорофила, базна рН (8.00-8.22), зимски период, ниска ХПК и ниска концентрација укупних фосфата. И за ову класу фосфоминерализатора постоји низ утицајних параметара чија значајност није висока.

Између модела постоје разлике. Код варијације модела Всп1а, на вредности прве класе фосфоминерализатора мањи утицај има ИФА у распону 1.42-2.94 μmol/s/dm³. Фосфоминерализаторе у вредностима друге класе слабије одређују пролећно-летњи месеци, високе концентрације укупних фосфата и хлорофил *a*, просечне вредности ХПК. Фосфоминерализаторе у вредностима треће класе мање одређује електропроводљивост < 368 μS/cm. Фосфоминерализаторе у високом броју слабије одређују просечне вредности укупног хлорофила, факултативних олиготрофа, већа електропроводљивост, висок садржај амонијака и рН у распону 7.18-7.55.

Табела 141. Кључни параметри и њихов утицај на вредности фосфоминерализатора у акумулацији Грошница - сет података 1, модел Wsp1a

Параметар *	Вредност параметра	Класа фосфоминерализатора	Релативан утицај параметара
ИФА	1.42 -2.94	< 4.67	34
нитрати	0	4.67-14.67	62
укупни фосфати	0.23-0.25	4.67-14.67	39
месец	V	4.67-14.67	35
укупни фосфати	≥ 0.246	4.67-14.67	30
хлорофил <i>a</i>	≥ 8.62	4.67-14.67	30
ХПК	9.3-10.3	4.67-14.67	28
месец	I	14.67-37.33	100
укупан хлорофил	0.07-0.09	14.67-37.33	95
растворени кисеоник	≥ 10	14.67-37.33	71
температура воде	< 8	14.67-37.33	71
нитрати	0	14.67-37.33	59
ХПК	9.3-10.3	14.67-37.33	55
растворени кисеоник	< 2	14.67-37.33	50
факултативни олиготрофи	307-673	14.67-37.33	43
хлорофил <i>a</i>	3.22-4.39	14.67-37.33	41
хлорофил <i>a</i>	5.55-8.62	14.67-37.33	41
факултативни олиготрофи	≥ 1852	14.67-37.33	41
укупан зоопланктон	≥ 4403	14.67-37.33	39
pH	< 7.18	14.67-37.33	39
електропроводљивост	< 368	14.67-37.33	28
температура воде	< 8	37.33-118	100
растворени кисеоник	≥ 10	37.33-118	71
месец	I	37.33-118	68
ИФА	< 1.42	37.33-118	63
факултативни олиготрофи	1267-1852	37.33-118	55
месец	II	37.33-118	55
хетеротрофи	800-1255	37.33-118	55
pH	8.00-8.22	37.33-118	51
ХПК	9.3-10.3	37.33-118	41
укупан хлорофил	0.07-0.09	37.33-118	37
електропроводљивост	380-415	37.33-118	29
амонијак	2.61- 3.13	37.33-118	29
укупан хлорофил	0.07-0.09	≥ 118	100
pH	8.00-8.22	≥ 118	92
месец	II	≥ 118	90
месец	VII	≥ 118	63
хетеротрофи	800-1255	≥ 118	56
укупни фосфати	< 0.02	≥ 118	55
ХПК	< 8.4	≥ 118	55
Fe	0.05	≥ 118	47
амонијак	≥ 3.13	≥ 118	47
нитрати	0.9	≥ 118	40
амонијак	2.61-3.13	≥ 118	29
pH	7.18-7.55	≥ 118	29
факултативни олиготрофи	1267-1852	≥ 118	29
факултативни олиготрофи	673-1267	≥ 118	28

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 142. Кључни параметри и њихов утицај на вредности фосфоминерализатора у акумулацији Грошница - сет података 1, модел Всп1б

Параметар *	Вредност параметра	Класа фосфоминерализатора	Релативан утицај параметара
нитрати	0	4.67-14.67	62
<i>Keratella cochlearis hispida</i>	337-435	4.67-14.67	47
укупни фосфати	0.23-0.25	4.67-14.67	39
месец	I	14.67-37.33	100
укупан хлорофил	0.075-0.09	14.67-37.33	95
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	41	14.67-37.33	83
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	39	14.67-37.33	83
<i>Keratella cochlearis macracantha</i>	< 38	14.67-37.33	83
растворени кисеоник	≥ 10	14.67-37.33	71
температура воде	< 8	14.67-37.33	71
<i>Tintinnopsis lacustris</i>	72-388	14.67-37.33	61
нитрати	0	14.67-37.33	59
<i>Polyarthra vulgaris</i>	0	14.67-37.33	56
<i>Polyarthra vulgaris</i>	12	14.67-37.33	56
ХПК	9.3-10.3	14.67-37.33	55
растворени кисеоник	< 2	14.67-37.33	50
факултативни олиготрофи	307-673	14.67-37.33	43
хлорофил <i>a</i>	3.22-4.39	14.67-37.33	41
хлорофил <i>a</i>	5.55-8.62	14.67-37.33	41
факултативни олиготрофи	≥ 1852	14.67-37.33	41
pH	< 7.18	14.67-37.33	39
укупан зоопланктон	≥ 4403	14.67-37.33	39
<i>Bosmina coregoni</i>	6-10	14.67-37.33	39
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	93-178	14.67-37.33	39
температура воде	< 8	37.33-118	100
растворени кисеоник	≥ 10	37.33-118	71
месец	I	37.33-118	68
ИФА	< 1.42	37.33-118	63
факултативни олиготрофи	1267-1852	37.33-118	55
месец	II	37.33-118	55
хетеротрофи	800 -1255	37.33-118	55
pH	8.00-8.22	37.33-118	51
ХПК	9.3-10.3	37.33-118	41
укупан хлорофил	0.07-0.09	≥ 118	100
pH	8.00-8.22	≥ 118	92
месец	II	≥ 118	90
месец	VII	≥ 118	63
<i>Bosmina coregoni</i>	< 6	≥ 118	61
хетеротрофи	800 -1255	≥ 118	56
укупни фосфати	< 0.02	≥ 118	55
ХПК	< 8.4	≥ 118	55
<i>Flinia longiseta</i>	18-60	≥ 118	50
Fe	0.05	≥ 118	47
амонијак	≥ 3.13	≥ 118	47
<i>Brachionus angularis</i>	1	≥ 118	47
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	< 5	≥ 118	41
нитрати	0.9	≥ 118	40

*једнинице мере дате у делу Основни статистички преглед

Анализа варијације модела Всп1б показује разлике у параметрима са ниским утицајима. Висока бројност врсте *Keratella cochlearis hispida* указује да ће број фосфоминерализатора бити мали. Фосфоминерализаторе нешто веће бројности (трећа класа) одређује просечна бројност *Brachionus diversicocmrnis diversicornis* и мала бројност врста *Brachionus diversicornis*

homoceros, *Polyarthra vulgaris*, *Bosmina coregoni* и *Keratella cochlearis macracantha*. На исто утиче и висока бројност врста *Diaphanosoma brachyurum* и *Tintinnopsis lacustris*. Фосфоминерализаторе у вредностима пете класе одређују мала бројност *Bosmina coregoni* и већа бројност врсте *Filinia longiseta*.

Утицаји параметара на различите класе фосфоминерализатора у акумулацији Грошница за оба модела дати су у Прилогу VII - 14, 15. У овом сету података не постоје подаци за друге физиолошке групе бактерија, па се испољава утицај других параметара. Број фосфоминерализатора прати одређену бројност факултативних олиготрофа, са порастом једних расте бројност других и обрнуто. Њихове средње вредности такође прате једна другу. Велику бројност хетеротрофа прати мања бројност фосфоминерализатора и обрнуто. У току године бројност фосфоминерализатора осцилује. На почетку године бројност фосфоминерализатора је већа, на пролеће благо пада. Максимум бројности достижу лети, а нагли пад је на јесен. Екстремно велике вредности фосфоминерализатора се налазе са ниским садржајем укупних фосфата. Ниже температуре ($< 8^{\circ}\text{C}$) одређују већу бројност фосфоминерализатора ($\geq 40 \text{ cfu/cm}^3$) и више температуре ($> 12^{\circ}\text{C}$) нижу бројност ($< 15 \text{ cfu/cm}^3$).

5.7.6.2. Вештачке неуронске мреже

За моделирање фосфоминерализатора у акумулацији *Гружа* коришћен је *сет података 5* са 258 комплета података. Због велике разноврсности параметара урађена је анализа осетљивости. Ниједан покушај моделирања није резултирао валидним моделом.

За моделирање фосфоминерализатора у акумулацији *Грошница* коришћен је *сет података 5* са 191 комплета података. И у овом сету постоји већи број параметара због чега је урађена анализа осетљивости. Резултати анализе осетљивости дати су у Табели 143.

За фосфоминерализаторе у акумулацији Грошница могуће је направити више валидних модела било да су улази за њих узети према препоруци анализе осетљивости или неким другим начином. Уколико су узму сви параметри из сета података за улазе, добија се валидан модел. Ако се модел умањи за одређени број улаза по анализи осетљивости и смањи број неурона у скривеном слоју са 30 на 10, добија се модел који има боље особине од предходног. Ако се из овог модела избаце улази који по анализи осетљивости дају лошији резултат и опет се повећа број неурона у скривеном слоју на 30, добија се модел *Всп5ф* са најмањим могућим бројем улаза. Даље смањивање улазних параметара не доводи до конструкције валидног модела.

Табела 143. Резултати анализе осетљивости (r) фосфоминерализатора за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Грошница - сет података 5

Параметар	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
факултативни олиготрофи	0.67937	0.61236	0.23379	0.55338
pH	0.64381	0.23139	0.54829	0.55745
температура воде	0.60599	0.49948	0.22526	0.51266
Sorperoda	0.63248	0.3913	0.33563	0.51158
укупан хлорофил	0.56971	0.54035	0.22578	0.49291
укупан зоопланктон	0.65106	0.15196	0.38472	0.33108
амонијак	0.54192	0.33321	0.56133	0.4607
растворени кисеоник	0.62655	0.15065	0.28355	0.40937
хлорофил <i>a</i>	0.56689	0.12578	0.36078	0.41608
Protozoe	0.4896	0.21964	0.59571	0.4484
БПК ₅	0.55516	0.17713	0.28833	0.39793
нитрати	0.47307	0.10843	0.48419	0.41199
нитрити	0.43024	0.2255	0.47421	0.40486
електропроводљивост	0.47852	0.38443	0.20929	0.39153
укупни фосфати	0.4588	0.34799	0.43275	0.39112
Fe	0.36901	0.50698	0.44012	0.38932
Cladocera	0.49022	0.16852	0.13741	0.31841
Rotifera	0.61649	0.1544	0.16502	0.41547
укупан број бактерија	0.4098	0.20925	0.40241	0.37061
хетеротрофи психрофили	0.52098	0.13618	0.36247	0.31107
Mn	0.2702	0.10789	0.17132	0.14968
хлориди	0.36986	0.35466	0.18438	0.31754
XПК	0.49296	0.15963	0.28329	0.33196

Модел Всп5ф за улазе користи: укупан зоопланктон, факултативне олиготрофе, укупан хлорофил, температуру воде, pH, растворени кисеоник, електропроводљивост, нитрате, нитрите, амонијак, укупне фосфате и БПК₅. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Грошница - сет података 5 код модела Вф5 дат је у Табели 144. Покушај моделирања фосфоминерализатора, без броја укупног зоопланктона као улаза, у акумулацији Грошница није био успешан.

Табела 144. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Грошница - сет података 5, модел Всп5ф

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
12-30-1	1	0.859	0.952	0.960

Органска једињења у воденим екосистемима могу бити аутохтоног и алохтоног порекла. Алохтона доспевају у природне екосистеме најчешће из индустријских постројења и пољопривредне производње. Минерализацију органских фосфата катализују ензими фосфатазе. Бактерије које продукују ове ензиме називамо фосфоминерализаторима. Ове бактерије својом метаболичком активношћу омогућавају превођење органских једињења фосфора у ортофосфат (Matavulj, 1986). Неки аутори налазе подударност динамике броја хетеротрофа и фосфоминерализатора (Matavulj, 1986, Василеска, 2002) при чему се претпоставља да су фосфоминерализатори физиолошка подгрупа хетеротрофа која хидролизом органских фосфата обезбеђује ортофосфор за свој метаболизам и остатак органског молекула

користи као извор биогених елемената (Matavulj, 1986). У акумулацијама где је низак ниво фосфата активност фосфоминерализатора је највећа. У таквим акумулацијама ензимска трансформација органских једињења је најважнији извор ортофосфата (Ћомић et al., 1997).

Ортофосфат који фосфоминерализатори обезбеђују даље користе алге при чему може да дође до пренамножавања алги, а затим и њиховог одумирања, повећане вредности органског фосфата и масовног развој фосфоминерализатора (Matavulj, 1986, Ћомић, 1989). Све то доводи до смењивања максимума бројности заједница фитопланктона и фосфоминерализатора.

У анаеробним условима у хиполимниону долази до нарушавања оксидације микронеоне и до ослобађања фосфата и фери јона из седимента у води, па долази до интензивног ђубрења воде. Фосфор у акумулацијама се посматра као главни елемент у процесу еутрофизације (Matavulj, 1986).

Максимуми бројности фосфоминерализатора запажају се у летње-јесењем периоду. Бројност им расте са сушом и порастом температуре, претходе фитопланктону и максимум достижу на крају вегетационе периоде (Ћомић, 1989, Ћурчић, 2003). Максимуми се уочавају и у мају и јулу (Matavulj, 1986, Ћомић et al., 1997, Локоска, 2000).

Јавља се незнатно повећање бројности ове групе бактерија са дубином узорковања (Ћомић, 1989). Анализа утицајних параметара за фосфоминерализаторе у акумулацији Гружа - сет података 2 пронашла је већу бројност фосфоминерализатора на дубинама 15-19 м, што је занимљиво јер Ћурчић, (2003) од које је преузет овај сет података, стандардним анализама не уочава било какву просторну правилност.

Све наведено је у великом складу са нашим резултатима. Мања одступања уочавају се у акумулацији Грошница где се уместо хетеротрофа јавља чврста веза олиготрофа са фосфоминерализаторима. То се може објаснити тиме да у периоду када су резултати добијени доминантна заједница у Грошничкој акумулацији су факултативни олиготрофи. Када су доминантни они представљају аутохтони бактериопланктон везан за воде са мањим садржајем органских материја, а самим тим и оних које у себи садрже фосфор. Отуда се претпоставља да ензимску трансформацију органских једињења која је тада најважнији извор ортофосфата обављају олиготрофи.

5.8. УКУПНЕ КОЛИФОРМНЕ БАКТЕРИЈЕ

Укупне и фекалне колиформе као индикатори старијег и новог фекалног загађења често се користе као микробиолошки индикатор загађења вода (Rompre et al., 2002). И док се укупне колиформе користе као параметар који даје основне информације о микробиолошком квалитету површинских вода, фекалне колиформе су поуздан идикатор фекалног загађења (WHO, 2008).

5.8.1. Класификација и анализа утицајних параметара

Гружа - сет података 2

Сет има укупно 172 објекта. За укупне колиформне бактерија нема 37 вредности. Вредности укупних колиформних бактерија класификоване у четири класе подједнаке заступљености. Преглед класа са вредностима, бројем података и вероватноћама дат је Табели 145.

Табела 145. Класификација вредности укупних колиформних бактерија у акумулацију Гружа - сет података 2

Класа	Вредност *	Број података	Вероватноћа
1.	< 220	33	19.26%
2.	220-500	33	19.26%
3.	500-880	31	18.19%
4.	≥ 880	38	21.91%
-	-	46	21.38%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Због већег броја улазних параметара направљена су два модела. Резултати анализе утицајних параметара за варијацију модела Гсп2а дати су у Табели 146, а за варијацију модела Гсп2б у Табели 147.

Из резултата анализа за оба модела се уочава да су основни утицајни параметри на све класе, изузев друге, исти, само се код неких разликује јачина релативног утицаја. Најзначајнији утицај за појаву укупних колиформних бактерија у малом броју (прва класа) имају ниске вредности фосфоминерализатора, целулолизатора и амилолизатора. Ако су протеолизатори у вредностима четврте, азотофиксатори и фосфоминерализатори у вредностима треће класе, највероватнији број укупних колиформних бактерија биће у вредностима треће класе. За исто значајане утицаје имају низак садржај нитрата, нешто већа мутноћа. Фосфоминерализатори у вредностима друге класе и висока температуре воде ($\geq 22^{\circ}\text{C}$) скоро сигурно указује на четврту класу укупних колиформних бактерија ($\geq 880 \text{ MPN}/100\text{cm}^3$).

Табела 146. Кључни параметри и њихов утицај на вредности укупних колиформних бактерија у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Гсп2а

Параметар *	Вредност параметра	Класа укупних колиформних бактерија	Релативан утицај параметра
фосфоминерализатори	< 147	< 220	100
целулолизатори	< 11	< 220	85
амилолизатори	< 502	< 220	74
температура воде	9-13	< 220	49
азотофиксатори	< 139	< 220	42
протеолизатори	< 329	< 220	42
хетеротрофи мезофили	< 284	< 220	39
месец	II-VI	< 220	32
нитрати	< 0.37	500-880	77
азотофиксатори	751-912	500-880	73
протеолизатори	2274-4144	500-880	73
мутноћа	30	500-880	58
фосфоминерализатори	669-929	500-880	57
амилолизатори	1377-3448	500-880	47
мутноћа	10	500-880	46
протеолизатори	1325-2274	500-880	38
фосфоминерализатори	147-358	≥ 880	100
температура воде	≥ 22	≥ 880	53
месец	VIII-IX	≥ 880	49
температура воде	13-18	≥ 880	48
Rotifera	375-1230	≥ 880	47

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 147. Кључни параметри и њихов утицај на вредности укупних колиформних бактерија у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Гсп2б

Параметар *	Вредност параметра	Класа укупних колиформних бактерија	Релативан утицај параметра
фосфоминерализатори	< 147	< 220	100
целулолизатори	< 11	< 220	85
амилолизатори	< 502	< 220	74
температура воде	9-13	< 220	49
<i>Bosmina longirostris cornuta</i>	406-601	220-500	58
нитрати	< 0.37	500-880	66
протеолизатори	2274-4144	500-880	63
азотофиксатори	751-912	500-880	63
мутноћа	30	500-880	51
фосфоминерализатори	669-929	500-880	50
<i>Tintinnidium fluviatile</i>	< 15	500-880	47
фосфоминерализатори	147-358	≥ 880	100
температура воде	≥ 22	≥ 880	53
месец	VIII-IX	≥ 880	49
температура воде	13-18	≥ 880	48
Rotifera	375-1230	≥ 880	47

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Разлике између модела се уочавају код параметара који са релативним утицајем испод 50, и њих је много више код варијације модела Гсп2а. Велика разлика се уочава у утицају на вредности друге класе укупних колиформних бактерија. Варијација модела Гсп2а не налази никакву везу са било којим другим параметром. Варијација модела Гсп2б даје висок релативан утицај високе бројности врсте *Bosmina longirostris cornuta*.

Поређење разлика у деловању утицајних параметара између класа укупних колиформних бактерија у акумулацији Гружа за оба модела дато је у Прилогу VIII - 1, 2. Ниже температуре воде (< 9°C) прате ниже вредности укупних колиформних бактерија, средње температуре прате средње вредности, а високе температуре ($\geq 22^\circ\text{C}$) високу бројност укупних колиформних бактерија. Од фебруара до јуна је мања бројност укупних колиформних бактерија. У августу и септембар бројност је већа. Вредности БПК₅ у распону 1.66-2.95 mg/cm³ фаворизује укупне колиформне бактерије у броју који је < 500 MPN/100cm³. Већа бројност групе Ciliata често условљава мањи број укупних колиформних бактерија и обрнуто. Варијација модела Гсп2а даје да већа бројност групе Rotifera прати већи број укупних колиформних бактерија и обратно. Код овог модела мала бројност или одсуство врста *Brachionus diversicornis diversicornis* и *Leptodora kindti* фаворизује већи број укупних колиформних бактерије. Велика бројност врсте *Keratella cochlearis* одређује већи број укупних колиформни и обрнуто.

Гружа - сет података 3

Сет има укупно 1181 објеката. За укупне колиформне бактерија нема 218 вредности. Остале вредности су класификоване у четири класе са нешто заступљенијом другом класом. Класификација вредности, преглед класа са бројем података и вероватноћама дати су Табели 148.

Табела 148. Класификација вредности укупних колиформних бактерија у акумулацији Гружа - сет података 3

Класа	Вредност *	Број података	Вероватноћа
1.	< 22	224	18.98%
2.	22-150	346	29.17%
3.	150-1500	195	16.56%
4.	≥ 1500	198	16.81%
-	-	218	18.48%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Анализа утицајних параметара добијена је коришћењем варијације модела Гсп3. Резултати анализе дати су у Табели 149. На вредности прве и друге класе укупних колиформних бактерија висок утицај имају хетеротрофи мезофили у вредностима своје прве класе, која је у ствари широк опсег вредности за ову бактеријску заједницу. Значајне утицаје остварују и просечне и ниже вредности факултативних олиготрофа и хетеротрофа психрофила. Анализа није нашла високо утицајне параметре за вредности треће класе укупних колиформних бактерија која има широк распон (150-1500 MPN/100cm³). Пронађени утицајни параметри су са малим релативним утицајима. За вредности четврте класе укупних колиформних бактерија (≥ 1500 MPN/100cm³) постоји већи број утицајних параметара. Најзначајнији утицаји на ове вредности су: хетеротрофи мезофили у првој класи, ХПК < 15.66

mg/cm³ и локације од моста, ка и са ушћима притока. Значајне утицаје имају и дубина 27 m, факултативни олиготрофи и хетеротрофи психрофили у вредностима својих првих класа и вредности рН у распону 7.93-8.23. Утиче и мала концентрација Мп. Други утицаји су са релативним утицајем испод 50.

Табела 149. Кључни параметри и њихов утицај на вредности укупних колиформних бактерија у акумулацији Гружа - сет података 3

Параметар *	Вредност параметра	Класа укупних колиформних бактерија	Релативан утицај параметра
хетеротрофи мезофили	< 1418	< 22	100
факултативни олиготрофи	< 2876	< 22	70
хетеротрофи	< 2872	< 22	67
локација	8-12	< 22	21
хетеротрофи	< 2872	22-150	100
факултативни олиготрофи	< 2876	22-150	85
хетеротрофи мезофили	< 1418	22-150	81
локација	8-12	22-150	25
хетеротрофи	2872-9363	150-1500	32
факултативни олиготрофи	2876-13912	150-1500	27
локација	22-27	150-1500	22
ХПК	< 15.66	150-1500	22
хетеротрофи мезофили	< 1418	150-1500	20
хетеротрофи мезофили	1418-6997	≥ 1500	100
ХПК	< 15.66	≥ 1500	94
локација	22-27	≥ 1500	93
дубина	27	≥ 1500	80
факултативни олиготрофи	2876-13912	≥ 1500	78
рН	7.93-8.23	≥ 1500	70
хетеротрофи	2872-9363	≥ 1500	59
Мп	< 0.22	≥ 1500	50
хетеротрофи	9363-20742	≥ 1500	49
растворени кисеоник	7.96-10.30	≥ 1500	41
мутноћа	≥ 11.99	≥ 1500	40
ортофосфати	≥ 0.07	≥ 1500	34
електропроводљивост	372-561	≥ 1500	33
укупни фосфати	≥ 0.12	≥ 1500	29
температура воде	16-23	≥ 1500	28
електропроводљивост	561-672	≥ 1500	25
хетеротрофи	≥ 39809	≥ 1500	24
електропроводљивост	≥ 672	≥ 1500	23
факултативни олиготрофи	27088-54152	≥ 1500	21

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Разлике у деловању утицајних параметара између класа укупних колиформних бактерија у акумулацији Гружа - сет података 3 дати су у Прилогу VIII - 3. Уочава се просторна дистрибуција броја укупних колиформних бактерија у овој акумулацији. Од бране, где су мање бројности, ка средини акумулације бројност се повећава, до моста где је средња бројност. Од моста, према ушћима река постепено се повећава броја укупних колиформних бактерија које своје екстремно велике вредности имају у ушћима притока. За плићи део акумулације се везују и неке ниске вредности, али је то пре изузетак него правило.

Грошница - сет података 2

Сет има укупно 166 објеката. За укупне колиформне бактерија нема три вредности. Вредности укупних колиформних бактерија су класификоване у три класе од којих је најзаступљенија прва класа. Преглед класа са вредностима, бројем података и вероватноћама дати су у Табели 150.

Табела 150. Класификација вредности укупних колиформних бактерија у акумулацији Грошница - сет података 2

Класа	Вредност	Број података	Вероватноћа
1.	< 22	82	47.25%
2.	22-50	35	21.43%
3.	≥ 50	46	27.47%
-	-	3	3.85%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Анализа утицајних параметара укупних колиформних бактерија у акумулацији Грошница - сет података 2 дата је у Табели 151.

Табела 151. Кључни параметри и њихов утицај на вредности укупних колиформних бактерија у акумулацији Грошница - сет података 2

Параметар *	Вредност параметра	Класа укупних колиформних бактерија	Релативан утицај параметра
електропроводљивост	387-414	< 22	100
хетеротрофи мезофили	< 135	< 22	74
температура воде	< 10	< 22	49
Fe	0.03-0.04	< 22	43
мутноћа	< 2.1	< 22	40
pH	< 7.66	< 22	38
м алкалинитет	< 3.05	< 22	30
месећ	III	< 22	28
хлорофил <i>a</i>	< 2.37	< 22	25
месећ	IV	< 22	22
амонијак	1.19-1.63	22-50	100
мутноћа	3.8-7	22-50	52
месећ	V	≥ 50	55
амонијак	< 0.16	≥ 50	50
Mn	< 0.07	≥ 50	38
хлорофил <i>a</i>	2.37-4.64	≥ 50	38
биомаса алги	166.53-293.92	≥ 50	34
хетеротрофи мезофили	135-402	≥ 50	27
електропроводљивост	< 358	≥ 50	22
Fe	0.04-0.06	≥ 50	17
м алкалинитет	30.8-33.5	≥ 50	16
локација	5	≥ 50	12
месећ	IX	≥ 50	11

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

На све класе утиче по један или два параметра са високим релативним утицајима. За вредности прве и треће класе постоји велики број утицајних параметара са малим релативним утицајима. На вредности прве класе најзначајније утичу мала бројност хетеротрофа мезофила и

високе вредности за електропроводљивост. Укупне колиформне бактерије у вредностима друге класе најзначајније одређују више концентрације амонијака и ниска мутноћа воде. Укупне колиформне бактерије у бројности ≥ 50 MPN/100cm³ најзначајније одређују еколошки услови у мају и ниска концентрација амонијака. Остали утицајни параметри су са малим релативним утицајем.

Разлике у деловању утицајних параметара између класа укупних колиформних бактерија у акумулацији Грошница - сет података 2 дата је у Прилогу VIII - 4. Температура воде има значајан утицај на број укупних колиформних бактерија. Ако је температура воде $< 10^{\circ}\text{C}$ јавља се мањи број укупних колиформних бактерија, а ако је $\geq 23^{\circ}\text{C}$ јавља се већи број. Већи садржај Fe, мала концентрација хлорофил *a*, рН < 7.66 одређују мале вредности укупних колиформи. Хлорофил *a* у вишим и Mn у нижим концентрацијама фаворизују велику бројност.

Бован - сет података 1

Сет података има укупно 150 објеката. За укупне колиформне бактерије нема 52 вредности. Вредности укупних колиформи су класификоване у четири класе, од којих је најбројнија четврта класа. Преглед класа, број података и вероватноће дати су у Табели 152.

Табела 152. Класификација вредности укупних колиформних бактерија у акумулацији Бован - сет података 1

Класа	Вредност *	Број података	Вероватноћа
1.	< 4000	19	13.37%
2.	4000-96000	17	12.17%
3.	96000-240000	14	10.36%
4.	≥ 240000	48	30.84%
-	-	52	33.25%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Анализа утицајних параметара укупних колиформних бактерија у акумулацији Бован дата је у Табели 153. На укупне колиформне бактерије утиче велики број различитих параметара у различитим распонима вредности, али са малим релативним утицајима. Висок релативан утицај (> 50) на вредности прве три класе има само по један параметар који се разликује. На вредности прве класе најзначајније утиче висока концентрација раствореног кисеоника. За вредности друге класе значајне су ниске концентрације нитрата. За вредности треће класе најзначајнији је период од 1991. до 1994. године. Сви остали утицаји су испод 50.

Разлике у деловању утицајних параметара између класа укупних колиформних бактерија у акумулацији Бован - сет података 1 дате су у Прилогу VIII - 5. Веће концентрације раствореног кисеоника фаворизују нижу вредност укупних колиформних бактерија и обрнуто. Мања бројност укупних колиформи карактеристична је за брану, а већа бројност за крај акумулације. Осим установљених правилности за период 1991-1994., у коме је број укупних бактерија у распону 96000-240000 MPN/100cm³, период после 1994. године карактеришу или

ниске или највеће бројности. Zn у распону 0.02-0.05 mg/cm³, Hg 0.05-0.08 mg/cm³ и високе концентрације Cu указују на већу бројност укупних колиформних бактерија. Високе концентрације Hg и Cu у распону 0.03-0.08 mg/cm³ указују на мању бројност укупних колиформи. Постоје и индикације да појава Ag и Ni у акумулацији прати смањење броја укупних колиформних бактерија због могућег токсичног ефекта.

Табела 153. Кључни параметри и њихов утицај на вредности укупних колиформних бактерија у акумулацији Бован - сет података 1

Параметар	Вредност параметра	Класа укупних колиформних бактерија	Релативан утицај параметра
растворени кисеоник	9.58-11.39	< 4000	53
година	≥ 1994	< 4000	44
нитрати	< 1.89	< 4000	11
хлориди	≥ 14.3	< 4000	5
нитрати	< 1.89	4000-96000	63
Ni	0.005	4000-96000	49
pH	7.42-7.68	4000-96000	32
Ni	0.009	4000-96000	25
Ag	0.002	4000-96000	25
Mn	0.02-0.04	4000-96000	22
година	1991-1994	96000-240000	100
растворени кисеоник	6.35-8.31	96000-240000	35
Cu	0.03-0.08	96000-240000	34
Hg	≥ 0.0842	96000-240000	34
Cu	≥ 0.08	96000-240000	30
Hg	0.05-0.08	96000-240000	15
нитрати	< 1.89	≥ 240000	36
година	1983-1988	≥ 240000	20
година	≥ 1994	≥ 240000	15
pH	6.99-7.42	≥ 240000	9
локација	3	≥ 240000	5
Pb	0.06-0.10	≥ 240000	5

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

5.8.2. Класификација стаблом одлучивања

Класификација укупних колиформних бактерија стаблом одлучивања спроведена је за акумулацију Гружа и Грошница на целокупном узорку података из базе података, при чему је узет у обзир временски период 1998-2008.

На Слици 17 представљено је стабло одлучивања укупних колиформних бактерија које у акумулацији Гружа идентификује образац зависности са: факултативним олиготрофама (mbr_39), електропроводљивошћу (fhr_8), ХПК (fhr_10), мутноћом (fhr_27), укупним фосфатима (fhr_13) и хлоридима (fhr_12).

За акумулацију Гружа образац идентификује 4 класе формиране на бази груписања вредности укупн их колиформних бактерија које су приказане у Табели 154 и карактеристичне су за Гружа - сет података 3. Пету категорију представљају вредности које недостају. За сваки чвор су израчунате вероватноће вредности укупних колиформи по категоријама. Свакој категорији одговара једна боја на дијаграму стабла одлучивања која је сразмерна њеној

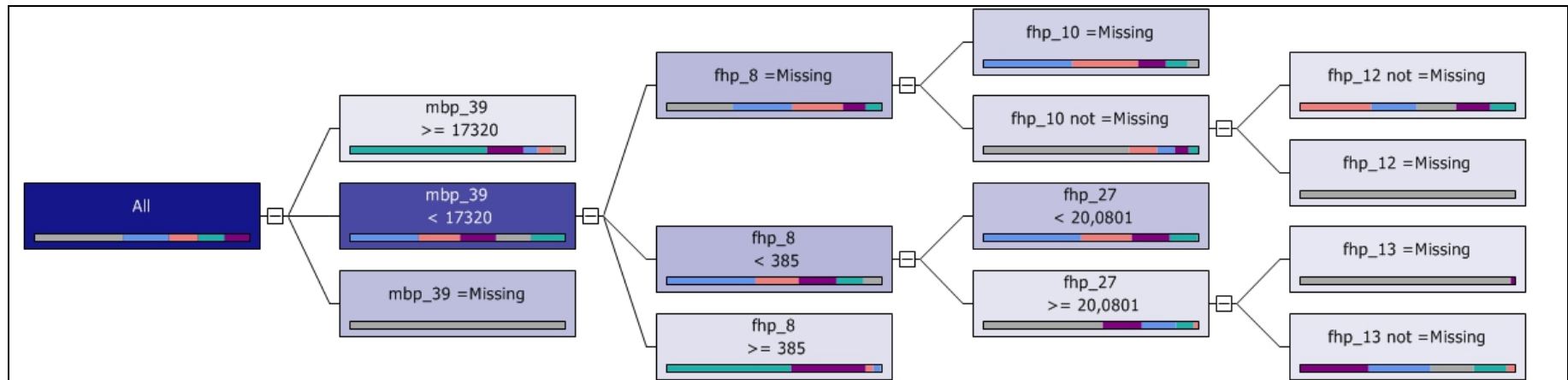
вероватноћи. На основном чвору који се односи на цео узорак независно од утицаја факултативних олиготрофа, електропроводљивости, ХПК, мутноће, укупних фосфата и хлорида израчунате су вероватноће укупних колиформи по категоријама (Табела 154).

Табела 154. Класификација вредности укупних колиформних бактерија на основном чвору у акумулацији Гружа

Вредност *	Број података	Вероватноћа	Боја
< 22	224	13.99%	роза
22-150	346	21.50%	плава
150-1500	195	12.20%	бордо
≥ 1500	203	12.70%	зелена
-	640	39.61%	сива

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Вредности укупних колиформних бактерија у опсегу 22-150 MPN/100cm³ се најчешће јављају. Ниво 2 истиче примаран утицај факултативних олиготрофа. Генерално, екстремно велике вредности факултативних олиготрофа дају велике вредности укупних колиформних бактерија. Ако су факултативни олиготрофи ≥ 17320 cfu/ cm³, вероватноћа да ће вредности за укупне колиформне бактерије бити ≥ 1500 MPN/100cm³ јесте 63%, а 150-1500 MPN/100cm³, је 18%. Ако су вредности факултативних олиготрофа < 17320 cfu/cm³, анализа показује да је највећи број укупних < 150 MPN/100cm³. Трећи ниво даје утицаје електропроводљивости. Ако вредности за електропроводљивост постоје и мање су од 385 μS/cm, број укупних колиформи у 61% случајева биће < 150 MPN/100cm³, ако су веће од 385 μS/cm онда ће број бити већи од > 150 MPN/100cm³ у 92% случајева. Четврти ниво указује на утицај ХПК, и то уколико не постоје вредности за електропроводљивост. На четвртом нивоу се уочава и подједнак утицај мутноће, али само ако су вредности за електропроводљивост мање од 385 μS/cm. Анализа даје две категорије података. Прва категорија истиче вредности мутноће испод 20 NTU, при чему се фаворизују вредности укупних колиформи < 150 MPN/100cm³ у 69 %. Ако су вредности за мутноћу веће од 20 NTU (друга категорија података), укупне колиформне бактерије имају широк распон појављивања 22-1500 MPN/100cm³ у 75%. Пети ниво даје везу са укупним фосфатима и хлоридима.



Слика 17.⁵ Стабло одлучивања за укупне колиформне бактерије у акумулацији Гружа



Слика 18.⁶ Стабло одлучивања за укупне колиформне бактерије у акумулацији Грошница

⁵ розе (< 22 MPN/100cm³); плава (22-150 MPN/100cm³); бордо (150-1500 MPN/100cm³); зелена (≥ 1500 MPN/100cm³); сива (нема вредности укупних колиформи);

⁶ розе (>130 MPN/100cm³); плава (< 130 MPN/100cm³); сива (нема вредности укупних колиформи);

На Слици 18 приказано је стабло одлучивања, из кога се види да је пронађен образац по коме је утврђена мрежа зависности укупних колиформних бактерија са хетеротрофима мезофилима (mbr₃₈) и БПК₅ (fhp₂₅) у акумулацији Грошница. Класификацијом су идентификоване две класе података у односу на укупне колиформне бактерије, док трећу класу представљају вредности које недостају. Код акумулације Грошница она може да се искључи из даље анализе. Прва класа јесу вредности < 130 MPN/100cm³, са 37% вероватноће појављивања, и друга класа укупних колиформи > 130 MPN/100cm³ са 9%. У Табели 155 су приказане класе података на нивоу корена. За период од 10 година класификација укупних колиформних бактерија није иста као класификацији из мањег временског периода као код акумулације Гружа.

Табела 155. Класификација вредности укупних колиформних бактерија на основном чвору у акумулацији Грошница

Вредност *	Број података	Вероватноћа	Боја
< 130	141	37%	плава
> 130	31	9%	роза
-	210	54%	сива

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

На другом нивоу су представљене класе вредности за хетеротрофе мезофиле (ако не постоје вредности за њих нема вредности ни за укупне колиформне бактерије, ти подаци су искључени из анализе на основном чвору), а на трећем нивоу видимо најјачу везу између укупних колиформи и БПК₅. Код акумулације Грошница се уочава да осим јасне везе са ова два наведена параметра, анализа не даје опсега вредности тих променљивих према којима се јавља одређена бројност или класа укупних колиформи, за разлику од акумулације Гружа. То значи да класификација важи од унетог минимума до унетог максимума за одређен параметар, а да унутар тог опсега нема других правилности. У акумулацији Грошница за укупне колиформне бактерије те вредности су 0-38000 MPN/100cm³, за хетеротрофе мезофиле 4-4533 cfu/cm³ и за БПК₅, 0.06-4.18mg/dm³.

У обе акумулације најјача веза укупних колиформних бактерија је са другом бактеријском заједницом. Оно што је специфично за обе акумулације је да укупне колиформне бактерије најјачу везу остварују са заједницом која није доминантна за одговарајућу акумулацију. У акумулацији Гружа укупне колиформне бактерије највећу зависност остварују са факултативним олиготрофима, а у акумулацији Грошница са хетеротрофима мезофилима (Radojević et al., 2012). Анализа показује да су укупне колиформе у акумулацијама или деловима акумулација који нису изложени директном антропогеном утицају у тесној вези са биохемијским особинама воде, док тамо где постоји изражена људска активност су везане за спољашњи утицај (Hong et al., 2010). У акумулацији Грошница постоји јасан однос броја укупних колиформних бактерија са БПК₅. Исти однос је потврђен од стране других аутора који

су користили овај параметар као један од основних у моделовању броја укупних колиформних бактерија (Syed Ahmad et al., 2009). У акумулацији Гружа, анализа је комплекснија и даје везу и са другим параметрима. То се односи на електропровољивост, као један од битних фактора који утичу на број укупних колиформи што указује да минерални садржај акумулације има велики утицај на броју укупних колиформи. Даља анализа у обе акумулације показује повезаност укупних колиформних бактерија са низом параметара који се односе на количину органских материја у води, као што су електропроводљивост, БПК₅, ХПК, мутноћа и укупни фосфати. У акумулацији Гружа је ту веза са ХПК и мутноћом, док раније поменути БПК₅ у акумулацији Грошница означава исто. Однос између количине органског материјала и броја укупних колиформи је потврђен од стране већег броја аутора. Hong et al. (2010) су установили утицај растворених чврстих материја, органских и неорганских нутријената на укупне колиформне бактерије. Они истичу зависност укупног угљеника и укупних колиформи, као и укупних растворених чврстих материја са фекалним колиформама, при чему је повећана количина укупних растворених чврстих материја резултат фактора спољашње средине.

5.8.3. Анализа сценарија

Анализа сценарија за укупне колиформне бактерије спроведена је за акумулацију Гружа и Грошница на сетовима података 3, 2. Резултати су приказани само за неке објекте због њиховог великог броја. За утицајне хемијске параметре као и раније изабрани су растворени кисеоник, нитрати и укупни фосфати.

За акумулацију Гружа - сет података 3, приказани резултати (Табеле 156 и 157) се односе на локације од моста ка притокама, дубине 3, 8, 11, 13, 16 и 27 m, у VII месецу 2005. године. Анализа сценарија ако је тражени циљ смањење укупних колиформних бактерија од 5% даје низ решења која немају примену у пракси, јер захтевају драстично смањење свих утицајних параметара. Код анализе шта се дешава са укупним колиформним бактеријама ако повећамо кисеоник или смањимо нитрате и укупне фосфате добија се низ позитивних исхода. Постоји један мали број негативних промена (од 10 решења 1 ће довести до повећања броја уместо до смањења).

За акумулацију Грошница - сет података 2, приказани резултати (Табеле 158 и 159) се односе на локацију брана, дубине 3, 8, 13, 16, 19 m у VIII и IX месецу 2005. године. Сценарио Тражени циљ и за ову акумулацију даје решења која у пракси у великој мери нису прихватљива. Сценарио ако се повећа растворени кисеоник или смање концентарције нитрата и укупних фосфата даје идентично понашање за свако повећање или смањење. Анализа даје позитивна решења за велики број објеката, али она у неким случајевима доводе и до повећања броја укупних колиформних бактерија. Разлог за то могу бити већ ниске вредности укупних колиформних бактерија.

Табела 156. Анализа сценарија за Тражени циљ смањење укупних колиформних бактерија у акумулацији Гружа - сет података 3

Измерене вредности за параметре *				Циљ: укупне колиформне бактерије 5%	Препоручен: растворени кисеоник	Циљ: укупне колиформне бактерије 5%	Препоручен: нитрати	Циљ: укупне колиформне бактерије- 5%	Препоручен: укупни фосфати
растворен кисеоник	нитрати	укупни фосфати	укупне колиформне бактерије						
1.14	3.18	0.04	0	1	0.2	1	0	1	0
1.53	3.25	0.06	0	1	0.2	1	0	1	0
9.18	0.42	0.02	0	1	0.2	1	0	1	0
1.3	0.36	0.04	5000	1	0.2	1	0	1	0
1.65	2.29	0.07	22	-1	0	-1	8.36	1	0.52
8.86	0.37	0.02	0	1	0.2	1	0	1	0
8.95	0.3	0.03	150	1	0.2	1	0	1	0
8.64	2.08	0.08	5000	1	0.2	1	0	1	0
8.57	3.07	0.08	8800	1	0.2	1	0	1	0
7.63	5.66	0.1	2200	1	0.2	1	0	1	0

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 157. Анализа сценарија, Шта ако, за укупне колиформне бактерије у акумулацији Гружа - сет података 3

Измерене вредности за параметре *				Ако је растворен кисеоник +5% онда су укупне колиформне бактерије	Ако је раст. кисеоник +10% онда су укупне колиформне бактерије	Ако су нитрати -5% онда су укупне колиформне бактерије	Ако су нитрати -10% онда су укупне колиформне бактерије	Ако су укупни фосфати 0.2 онда су укупне колиформне бактерије	Ако су укупни фосфати 0.1 онда су укупне колиформне бактерије
растворен кисеоник	нитрати	укупни фосфати	укупне колиформне бактерије						
1.14	3.18	0.04	0	0	0	0	0	0	0
1.53	3.25	0.06	0	0	0	0	0	0	0
9.18	0.42	0.02	0	0	0	0	0	0	0
1.3	0.36	0.04	5000	3766	3759	3764	3775	3800	3849
1.65	2.29	0.07	22	7123	7115	7180	7253	7190	7275
8.86	0.37	0.02	0	0	0	0	0	0	0
8.95	0.3	0.03	150	0	0	0	0	0	0
8.64	2.08	0.08	5000	0	0	0	0	0	0
8.57	3.07	0.08	8800	0	0	0	0	0	0
7.63	5.66	0.1	2200	0	0	0	0	0	0

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед; Поверење 41.34

Табела 158. Анализа сценарија за Тражени циљ смањење укупних колиформних бактерија у акумулацији Грошница - сет података 2

Измерене вредности за параметре *				Циљ: укупне колиформне бактерије - 5%	Препоручен: растворени кисеоник	Циљ: укупне колиформне бактерије - 5%	Препоручен: нитрати	Циљ: укупне колиформне бактерије - 5%	Препоручен: укупни фосфати
растворен кисеоник	нитрати	укупни фосфати	укупне колиформне бактерије						
9.33	1.08	0.02	0	-1	0	-1	0	1	0.06
8.54	1.59	0.02	22	-1	0	-1	0	1	0.06
2.4	3.59	0.03	50	1	0.47	1	0	1	0
2.3	3.23	0.07	50	1	0.47	1	0	1	0.01
1.43	1.53	0.09	50	1	0.47	1	0	1	0.01
8.41	2.13	0.02	0	1	0.47	1	0	1	0
8.27	2.22	0.02	22	1	0.47	1	0	1	0
8.1	2.19	0.02	0	1	0.47	1	0	1	0.01
8.25	2.2	0.02	0	1	0.47	1	0	1	0
8.42	2.24	0.02	0	-1	0	-1	0	1	0.06

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

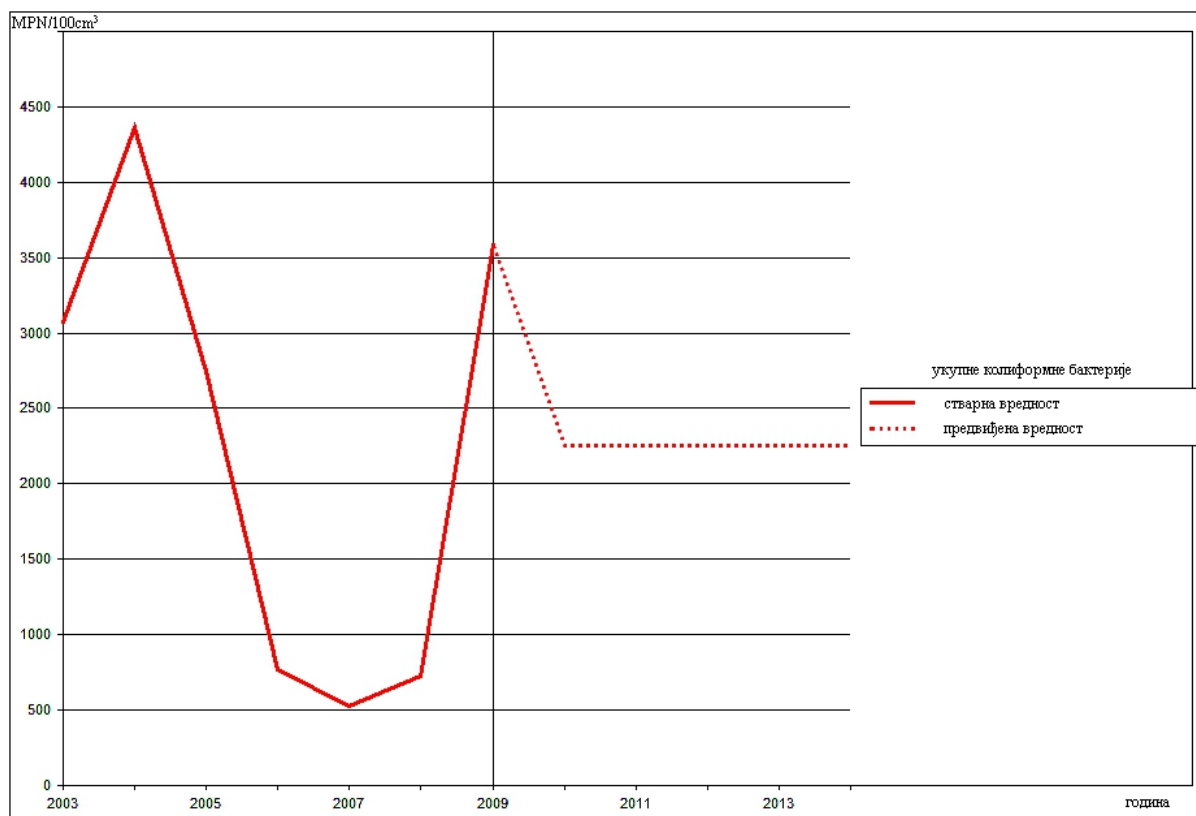
Табела 159. Анализа сценарија, Шта ако, за укупне колиформне бактерије у акумулацији Грошница - сет података 2

Измерене вредности за параметре *				Ако је раст. кисеоник +5% онда су укупне колиформе	Ако је раст. кисеоник +10% онда су укупне колиформе	Ако су нитрати -5% онда су укупне колиформе	Ако су нитрати -10% онда су укупне колиформе	Ако су укупни фосфати 0.1 онда су укупне колиформе	Ако су укупни фосфати 0.2 онда су укупне колиформне бактерије
растворен кисеоник	нитрати	укупни фосфати	укупне колиформне бактерије						
9.33	1.08	0.02	0	1850	4126	1800	1768	1800	4126
8.54	1.59	0.02	22	2791	5072	2746	2699	2746	5072
2.4	3.59	0.03	50	0	1589	0	0	0	1589
2.3	3.23	0.07	50	0	0	0	0	0	0
1.43	1.53	0.09	50	0	0	0	0	0	0
8.41	2.13	0.02	0	0	667	0	0	0	667
8.27	2.22	0.02	22	0	545	0	0	0	545
8.1	2.19	0.02	0	0	0	0	0	0	0
8.25	2.2	0.02	0	0	599	0	0	0	599
8.42	2.24	0.02	0	2431	4712	2386	2320	2386	4712

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед; Поверење 60.49

5.8.4. Временско предвиђање

Временски тренд укупних колиформних бактерија у акумулацији Гружа приказан је на Слици 19. У периоду од десет година њихове просечне вредности варирају од минималних, око 200 MPN/100cm³, до максималних скоро 4500 MPN/100cm³. Просечно најниже вредности уочавају се у периоду 2006-2008. година, као и у 2008. години. Укупне колиформне бактерије у акумулацији Гружа бројно су нехомогене (врло висок распон између минимума и максимума у зависности од места узорковања, сезоне и тд.) па се просек мора разматрати са резервом. Након 2009. године, за који не постоје подаци, предвиђа се тренд пада бројности и стабилизације на вредностима око 2000 cfu/cm³.



Слика 19. Временски тренд просечних вредности укупних колиформних бактерија по годинама у акумулацији Гружа

5.8.5. Вештачке неуронске мреже

Предвиђање броја укупних колиформних бактерија уз помоћ вештачких неуронских мрежа у акумулацији Гружа спроведено је на *сету података 5*. Због великог броја параметара урађена је анализа осетљивости. Покушај да се направи модел који за улазе узима најбоље рангиране параметре по анализи осетљивости није био успешан.

Модел Гспбукб као улазе користи рН, температуру воде, амонијак, електропроводљивост, Fe, хлориди, БПК₅, ИФА, фосфоминерализаторе и бројност *Escherichia coli*. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Гружа - сет података 5 код модела Гспбукб дат је у

Табели 160. Моделирање укупних колиформних бактерија у акумулацији Гружа није било није било могуће без *E. coli* као улазног параметра.

Табела 160. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Гружа - сет података 5, модел ГспБукб

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
10-30-1	0.993	0.896	0.926	0.942

Физичко-хемијске параметре као што су температура воде, рН и електропроводљивост, за предвиђање укупних колиформних бактерија користио је велики број аутора (Canale et al., 1973, Canale, 1973, He & He, 2008, Syed Ahmad et al., 2009). Високе температуре као фактор спољашње средине омогућавају опстанак колиформних бактерија у води и до неколико недеља (McCoу, 1971).

Укупне колиформне бактерије повећавају бројност после јаких киша које изазивају велико сливање воде и унос алохтоног материјала (Lokoska & Novevska, 2008). Бројни аутори потврђују постојање јаке везе између људских активности, коришћење околног земљишта, са бројем колиформних бактерија у води. Тај однос може да буде директан и под утицајем површинских вода, али и индиректан због промене физичко-хемијских и биолошких фактора који на крају доводе до промене у броју колиформних бактерија (Fisher & Endale, 1999, Tong & Chen, 2002, Kistemann et al., 2002, Mehaffey et al., 2005, Zhang & Lulla, 2006, Derlet et al., 2008, Hong et al., 2010). Vuamukama et al. (2005) указују да стално присуство укупних колиформи у земљишту око воде има велики утицај на број укупних колиформи у води. Они указују на значајан однос укупних колиформи са електропроводљивошћу и укупним раствореним чврстим материјама у водама под великим утицајем антропогених активности и загађења. Везу укупних колиформи са температуром воде, фекалним колиформним бактеријама, ХПК, укупним фосфором истичу Iscen et al., (2008). Овако блиско везани набројани параметри уочени су на локалитетима са повећаним садржајем органских материја.

Аутори су предлагали различите моделе за предвиђање укупних колиформних бактерија. У мањим рекама су успешно примењивани детерминистички модели базирани у првом реду на кинетици (Mahloch, 1973). У заливима је успешно примењен модел који прати сезонску условљеност, кинетику, транспорт и време смрти колиформних организама. И овде се истиче изразита температурна зависност (Canale, 1973, Canale et al., 1973). За предвиђање атипичних колиформи Chandramouli et al. (2007) као најбитније улазне параметре користе: проток, укупне колиформе, фекалне стрептококе, фекалне колиформне бактерије, мутноћу и Са тврдоћу воде. Syed Ahmad et al. (2009) успешно предвиђају број укупних колиформних бактерија у тропском језеру употребом БПК₅, рН и температуре воде. He & He (2008) успешно моделирају укупне и фекалне колиформе у морским обалским водама у близини улива отпадних и комуналних вода. Помоћу вештачких неуронских мрежа праве неколико модела

који предвиђају различите излазе, а који могу да имају исте или различите улазе. Први модел за улазе користи: температуру воде, електропроводљивост, мутноћу воде, време последње кише и количину падавина. Овај модел са подједнаком успешношћу предвиђа и укупне колиформне бактерије и фекалне колиформне бактерије. Други модел за улазе узима температуру воде, електропроводљивост, рН, висину таласа, висину плиме, време последње кише, и он успешније предвиђа укупне колиформне бактерије од првог модела.

5. 9. ФЕКАЛНЕ КОЛИФОРМНЕ БАКТЕРИЈЕ

Фекалне колиформне бактерије су моделиране помоћу вештачких неуронских мрежа. За ову бактеријску заједницу није рађена анализа утицајних параметара, анализа сценарија и временско предвиђање зато што су подаци за фекалне колиформне бактерије, *E. coli*, накнадно унете у информациони систем.

5.9.1. Вештачке неуронске мреже

За моделирање је коришћен *Гружа - сет података 5* јер за друге сетове није постојао довољан број података. Анализа осетљивости за *E. coli* дата је у Табели 161.

Табела 161. Резултати анализе осетљивости (г) фекалних колиформних бактерија за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Гружа - сет података 5

Параметар	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
амилолизатори	0.77454	0.59604	0.37313	0.65101
електропроводљивост	0.71373	0.58299	0.40071	0.57986
хлориди	0.68286	0.88885	0.65987	0.69015
протеолизатори	0.68869	0.64275	0.42987	0.61265
ИФА	0.62166	0.12564	0.34856	0.39375
целулолизатори	0.60547	0.29772	0.37621	0.48029
азотофиксатори	0.58258	0.09201	0.70184	0.45664
температура воде	0.57106	0.28775	0.13535	0.40909
укупан број бактерија	0.56086	0.46616	0.29722	0.52473
фосфоминерализатори	0.44741	0.2162	0.40582	0.34876
амонијак	0.44514	0.21053	0.17422	0.35893
Mn	0.42871	0.39972	0.46186	0.4338
растворени кисеоник	0.42724	0.32154	0.31625	0.39164
нитрити	0.45616	0.36573	0.14184	0.35879
<i>C. perfringens</i>	0.42253	0.53721	0.38937	0.44342
pH	0.42532	0.12585	0.36471	0.32494
нитрати	0.41963	0.22197	0.11384	0.301
укупне колиформне бактерије	0.27133	0.28848	0.44705	0.30814
Cladocera	0.47024	0.01239	0.21853	0.28628
Copepoda	0.48363	0.16934	0.03967	0.24245
Protozoa	0.32404	0.06123	0.25829	0.23944
Rotifera	0.39436	0.054867	0.32831	0.26234
укупан зоопланктон	0.5867	0.080745	0.23598	0.24169
Ciliata	0.21801	0.10651	0.11786	0.16388
хлорофил <i>a</i>	0.36914	0.018033	0.07591	0.26116
укупни фосфати	0.28847	0.24172	0.3056	0.28202
XПК	0.29355	0.14363	0.26203	0.18504
Fe	0.26253	0.2707	0.17565	0.24397
БПК ₅	0.39443	0.15746	0.10287	0.14014
хетеротрофи психрофили	0.31155	0.057288	0.40449	0.25286
хетеротрофи мезофили	0.45661	0.018098	0.07134	0.29319
<i>S. foecalis</i>	0.01371	0.17439	0.08773	0.03866

Према анализи осетљивости изабрани су улазни параметри за моделирање *E. coli*, при чему је направљено више модела од којих је модел Гсп5фкб имао најбоље особине са најмањим бројем улазних параметара. Улазни параметри за модел Гсп5фкб су: растворени

кисеоник, температура, електропроводљивост, Mn, хлориди, ИФА, укупан број бактерија, азотофиксатори, протеолизатори, амилолизатори, целулолизатори и бројност *C. perfringens*.

Табела 162. Структура мреже и корелациони коефицијент (r) за обучавање, валидацију, тестирање и комплетан скуп података у акумулацији Гружа - сет података 5, модел Гсп5фкб

Структура мреже	Обучавање	Валидација	Тестирање	Комплетан скуп
12-30-1	0.996	0.883	0.941	0.959

Покушај да се направи модел за предвиђање фекалних колиформних бактерија који за улазе користи параметре који се стандардно раде у хидробиолошким испитивањима вода није био успешан.

За сет података 5 у акумулацији Гружа постоје подаци и за бројност *S. foecalis*. Покушај да се моделирају фекалне стрептококе (*S. foecalis*) у акумулацији Гружа из истог сета података није резултирао валидним моделом.

Escherichia coli представља апсолутни индикатор свежег фекалног загађења и могућег присуства ентеричних патогена (WHO, 2008). У акумулацији Гружа према подацима Timotijević (2002) максимуми бројности су у време преобилних падавина. Најниже вредности се уочавају у касну јесен и зиму, а максималне вредности у летњим месецима. Разлог за то јесу температурна ограничења као основни лимитирајући фактор (Klimowicz, 1973). У акумулацији Гружа није изражена вертикална и хоризонтална дистрибуција (Ćurčić, 2003), а број им се смањује од изворишта реке према акумулацији (Ћомић, 1989).

Број фекалних колиформи расте после кишног периода због великог алохтоног уноса (Tong & Chen, 2002, George et al., 2004). На фекалне колиформне бактерије изразито утиче начин на који се користи земљиште у околини воденог екосистема. Начин коришћења земљишта истиче везу стања укупног азота, фосфора и фекалних колиформи (Tong & Chen, 2002). Спирањем са земљишта у воду доспева велика количина раствореног чврстог материјала и у исто време се повећава концентрација фекалног загађења. Тај прилив фекалног загађења је врло значајан ако се посматра локално, али ако се посматра на великом сливном подручју, унос кроз комуналне отпадне воде је далеко значајнији (George et al., 2004). Већи антропогени утицај (нпр. туризам, отпадне комуналне воде) на повећање броја фекалних колиформи у олиготрофном језеру налазе и Lokoska (2004), Lokoska & Novevska (2005). Везу фекалних колиформних бактерија са укупним колиформама, температуром воде, ХПК, укупним фосфором на локалитетима који су са повећаним садржајем органских материја истичу Iscen et al. (2008).

Mahloch (1973) предвиђа концентрацију фекалних колиформних бактерија у потоцима применом једноставног статистичког модела који у себи обједињује факторе спољашње средине (температура воде, проток, растворени кисеоник, БПК₅ и азот у различитим формама).

У воденим екосистемима као што су потоци и реке, или акумулације са већим протоком воде, за успешно моделирање фекалних колиформи проток воде је један од битних улаза (Wilkinson et al., 1995). За предвиђање броја фекалних колиформних бактерија Chandramouli et al. (2007) користе проток воде, укупне колиформне бактерије, фекалне стрептококе, мутноћу и Са тврдоћу воде. Kim et al. (2008) успешно моделирају *E. coli* коришћењем рН, мутноће воде и електропроводљивости. За предвиђање фекалних колиформних бактерија вештачким неуронских мрежама He & He (2008) користе температуру воде, електропроводљивост, мутноћу воде, време последње кише и количину падавина. Овај модел са подједнаком успешношћу предвиђа и укупне колиформне бактерије и фекалне колиформне бактерије. Други модел за улазе узима температуру воде, електропроводљивост, рН, проток воде, време последње кише и падавине и он је још успешнији од предходног модела за предвиђање фекалних колиформних бактерије.

У односу на наведену доступну литературу битна разлика је присуство физиолошких група бактерија и сулфаторедукујућих клостридија у моделу Гсп5фкб. Потреба да се у модел укључе различите физиолошке групе бактерија може бити објашњена нпр. податком да *E. coli* може да врши амилолизацију. Вероватније је да све физиолошке групе бактерија овде уствари представљају хетеротрофну популацију бактерија (на различитим биохемијским нивоима), односно различит састав и количину органске материје. Познато је да се са повећањем органског материјала у водама расте број хетеротрофа, а да се уз њих често повећава и бројност фекалних колиформних бактерија (Lokoska, 2004). *Clostridium perfringens* се сматра бољим индикатором фекалног загађења у води и од саме *E. coli* јер се размножава у слободној води за разлику од других бактерија. Према подацима Timotijević (2002) у периоду испитивања из ког потичу коришћени подаци за моделирање, фекалне колиформе су често налажене заједно са *C. perfringens*, што указује на фекално загађење и објашњава разлику у односу на другу литературу.

5.10. БРОЈНОСТ *Clostridium perfringens*

5.10.1. Класификација и анализа утицајних параметара

Гружа - сет података 2

Сет има укупно 172 објекта. Вредности *Clostridium perfringens* класификоване су у 5 класа које имају подједнаку значајност. За *C. perfringens* нема 68 вредности. Класификација, број података и вероватноће за сваку класу дати су у Табели 163.

Табела 163. Класификација вредности *C. perfringens* у акумулацији Гружа - сет података 2

Класа	Вредност *	Број података	Вероватноћа
1.	<100	17	10.46%
2.	100-266	24	14.18%
3.	266-600	16	9.93%
4.	600-1800	25	14.72%
5.	≥ 1800	22	13.12%
-	-	68	37.59%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Анализа утицајних параметара за *C. perfringens* у акумулацији Гружа - сет података 2 због разноврсности параметара спроведена је помоћу варијације модела Гсп2а и Гсп2б (Табеле 164 и 165). За сваку класу *C. perfringens*, са изузетком четврте класе, код оба модела, постоји већи број утицајних параметара. Велики број параметара је са ниским релативним утицајима (испод 50). Исти параметри са високим релативним утицајима јављају се за вредности прве, друге и пете класе *C. perfringens*. За *C. perfringens* у броју < 100 N°/dm³, код оба модела најутцајније су високе концентрације хлорида и ниске хлорофил *a*. Ако су Ciliata у изразито малој бројности и азотофиксатори у вредностима своје прве класе, *C. perfringens* ће највероватније бити у вредностима друге класе (100-266 N°/dm³). Ако је број хетеротрофа мезофила и психрофили мали за акумулацију Гружа, *C. perfringens* ће највероватније бити < 266 N°/dm³. Ако је бројност амилолизатора и протеолизатора висока, а азотофиксатора и целулолизатора средња, *C. perfringens* ће се највероватније наћи у изразито великом броју (≥ 1800 N°/dm³). За исто, високо је значајан топлији период године (јул-октобар) и дубине 10-15m. За утицаје на вредности треће и четврте класе *C. perfringens* у моделима се срећу значајне разлике. Варијација модела Гсп2а, за вредности друге класе *C. perfringens* (266-600 N°/dm³) издваја као најутцајније: БПК₅ у распону 1.07-2.46 mg/cm³, мању бројност амилолизатора, азотофиксатора и Ciliata, и већу бројност хетеротрофа мезофила, Cladocera и хлорофила *a* као и релативно малу дубину (5-10 m).

Табела 164. Кључни параметри и њихов утицај на вредности *C. perfringens* у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Гсп2а

Параметар *	Вредност параметра	Класа вредности <i>C. perfringens</i>	Релативан утицај параметра
хетеротрофи мезофили	< 284	< 100	100
хлориди	≥ 11.93	< 100	80
хетеротрофи психрофили	< 800	< 100	75
хлорофил <i>a</i>	< 24.23	< 100	49
ИФА	2.02-4.63	< 100	34
нитрити	5.67E-03-0.023	< 100	34
Ciliata	< 3	100-266	100
хетеротрофи мезофили	< 284	100-266	84
хетеротрофи психрофили	< 800	100-266	72
азотофиксатори	< 139	100-266	49
целулолизатори	< 11	100-266	43
дубина	3	100-266	38
укупан број бактерија	< 333580	100-266	35
амилолизатори	< 502	100-266	35
амилолизатори	< 502	266-600	88
БПК ₅	1.07-2.46	266-600	77
азотофиксатори	< 139	266-600	77
Ciliata	3-6	266-600	70
хетеротрофи мезофили	731 -1127	266-600	66
Cladosega	≥ 1513	266-600	54
хлорофил <i>a</i>	52.89-67.15	266-600	54
дубина	8	266-600	51
хетеротрофи психрофили	800-1554	266-600	40
хетеротрофи мезофили	731 -1127	600-1800	44
азотофиксатори	≥ 912	600-1800	34
месец	VII-X	≥ 1800	100
амилолизатори	≥ 4970	≥ 1800	92
азотофиксатори	139-434	≥ 1800	63
протеолизатори	≥ 4144	≥ 1800	62
дубина	11	≥ 1800	55
целулолизатори	40-230	≥ 1800	50
целулолизатори	11-40	≥ 1800	47
дубина	13	≥ 1800	38
укупан зоопланктон	≥ 5803	≥ 1800	38
хетеротрофи мезофили	284-731	≥ 1800	37

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Варијације модела Гсп2б за вредности треће класе *C. perfringens* као примаран издваја утицај различитих врста зоопланктона. Вредности ове класе највероватније одређује високе бројности врста *Bosmina longirostris similis*, *Bosmina longirostris cornuta*, *Keratella cochlearis macracantha* и *Tintinnopsis lacustris*. За исто значајан је утицај мање бројности врста *Trichocerca similis* и *Keratella quadrata*. За вредности четврте класе *C. perfringens* код оба модела издваја се ниска утицајност веће бројности хетеротрофа мезофила. У варијацији модела Гсп2б значајан утицај је мале бројности врсте *Leptodora kindti*.

Табела 165. Кључни параметри и њихов утицај на вредности *C. perfringens* у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Гсп2б

Параметар *	Вредност параметра	Класа вредности <i>C. perfringens</i>	Релативан утицај параметра
хетеротрофи мезофили	< 284	< 100	100
хлориди	≥ 11.93	< 100	80
<i>Eudiptomus gracilis</i>	< 8	< 100	77
хетеротрофи	< 800	< 100	75
<i>Bosmina coregoni</i>	18-77	< 100	58
хлорофил <i>a</i>	< 24.23	< 100	49
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	≥ 1569	< 100	38
Ciliata	< 3	100-266	100
хетеротрофи мезофили	< 284	100-266	84
хетеротрофи психрофили	< 800	100-266	72
<i>Keratella cochlearis macracantha</i>	76-144	100-266	61
азотофиксатори	< 139	100-266	49
<i>Keratella quadrata</i>	34-67	100-266	45
целулолизатори	< 11	100-266	43
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	1151-1569	100-266	41
<i>Polyarthra major</i>	≥ 289	100-266	41
дубина	3	100-266	38
укупан број бактерија	< 333580	100-266	35
амилолизатори	< 502	100-266	35
<i>Bosmina longirostris similis</i>	≥ 154	266-600	100
<i>Keratella cochlearis macracantha</i>	≥ 276	266-600	35
<i>Trichocerca similis</i>	27	266-600	35
<i>Bosmina longirostris cornuta</i>	≥ 1293	266-600	35
<i>Tintinnopsis lacustris</i>	≥ 1869	266-600	35
<i>Keratella quadrata</i>	67-81	266-600	35
<i>Leptodora kindti</i>	3	600-1800	61
<i>Leptodora kindti</i>	9	600-1800	57
хетеротрофи мезофили	731 -1127	600-1800	44
<i>Synchaeta</i> sp.	≥ 210	600-1800	43
месец	VII-X	≥ 1800	78
амилолизатори	≥ 4970	≥ 1800	71
<i>Keratella quadrata frenzeli</i>	≥ 1569	≥ 1800	71
азотофиксатори	139-434	≥ 1800	49
протеолизатори	≥ 4144	≥ 1800	49
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	≥ 444	≥ 1800	46
дубина	11	≥ 1800	43
<i>Trichocerca similis</i>	0	≥ 1800	42
целулолизатори	40-230	≥ 1800	39
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	≥ 1184	≥ 1800	38
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	69-122	≥ 1800	38
<i>Bosmina longirostris similis</i>	103-154	≥ 1800	38
целулолизатори	11-40	≥ 1800	36

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Разлике у деловању утицајних параметара између класа вредности *C. perfringens* у акумулацији Гружа - сет података 2, за оба модела, дати су у Прилогу IX - 1, 2. Највећа бројност фосфоминерализатора везана је за највећу бројност *C. perfringens*. На малим дубинама налази се мала бројност *C. perfringens*. За веће дубине анализа не налази правилност. Веће концентрације хлорида и већа бројност врсте *Bosmina coregoni* одређују мању бројност *C. perfringens* и обрнуто. Мали садржај укупних фосфата, амонијака и Fe узрокује малу бројност за *C. perfringens*. За исто утицајна је и мала бројност врсте *Eudiptomus gracilis*.

Гружа - сет података 3

Сет има 1181 објеката. Од целокупног сета за *C. perfringens* недостаје је 856 вредности. Вредности *C. perfringens* су класификоване 4 класе од којих је прва класа најзаступљенија. Преглед класа, вредности са бројем података и вероватноћама дати су у Табели 166.

Табела 166. Класификација вредности *C. perfringens* у акумулацији Гружа - сет података 3

Класа	Вредност *	Број података	Вероватноћа
1.	< 6	140	11.96%
2.	6-100	50	4.44%
3.	100-400	63	8.04%
4.	≥ 400	72	6.28%
-	-	856	69.27%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Анализа утицајних параметара дата је у Табели 167. На сваку класу бројности *C. perfringens* утиче већи број параметара, од којих неки имају високу, а неки нижу значајност. Највећи утицај је од стране других бактеријских заједница: хетеротрофа психрофила, факултативних олиготрофа и хетеротрофа мезофила. Они у великом опсегу утичу на било коју класу *C. perfringens*. Ако су хетеротрофи психрофили < 2872 cfu/cm³, факултативни олиготрофи < 2876 cfu/cm³ и хетеротрофи мезофили < 1418 cfu/cm³, бројност *C. perfringens* може да буде од свог минимума до свог максимума за овај сет података (0-40000 N^o/dm³). Нешто прецизнији је утицај укупних колиформних бактерија у распону 22-150 MPN/100cm³, који значајно утиче да се *C. perfringens* јаве у броју ≥ 100 N^o/dm³. Дубина < 7 m значајно утиче да бројност *C. perfringens* буде < 400 N^o/dm³ и обратно. Осим наведеног, постоји и неколико других параметара који су са ниском утицајношћу.

Разлике у деловању утицајних параметара између класа *C. perfringens* дате су у Прилогу IX – 3. Екстремно велика бројност укупних колиформних бактерија везана је за најмању бројност *C. perfringens* и обрнуто. Средње класе вредности укупних колиформи везују се исто за велику бројност *C. perfringens*. Већи садржај Fe условљава већу бројност *C. perfringens* и обратно. Веће вредности амонијака, рН, Mn и ХПК одређују да ће бити већа бројност *C. perfringens*. Правилност не уочава код нижих вредности.

Табела 167. Кључни параметри и њихов утицај на вредности *C. perfringens* у акумулацији Гружа - сет података 3

Параметар	Вредност параметра	Класа вредности <i>C. perfringens</i>	Релативан утицај параметра
хетеротрофи	< 2872	< 6	100
факултативни олиготрофи	< 2876	< 6	88
хетеротрофи мезофили	< 1418	< 6	81
дубина	< 7	< 6	60
локација	8-12	< 6	27
хетеротрофи	< 2872	6-100	75
факултативни олиготрофи	< 2876	6-100	70
хетеротрофи мезофили	< 1418	6-100	66
м алкалинитет	24.62 -28.96	6-100	37
дубина	< 7	6-100	31
биомаса алги	279.39-512.55	6-100	30
локација	8-12	6-100	18
хетеротрофи	< 2872	100-400	100
укупне колиформне бактерије	22-150	100-400	93
факултативни олиготрофи	< 2876	100-400	85
хетеротрофи мезофили	< 1418	100-400	68
локација	8-12	100-400	32
нитрати	< 1.68	100-400	24
дубина	< 7	100-400	20
факултативни олиготрофи	< 2876	≥ 400	100
хетеротрофи	< 2872	≥ 400	71
укупне колиформне бактерије	22-150	≥ 400	65
дубина	7-12	≥ 400	61
хетеротрофи мезофили	< 1418	≥ 400	40
амонијак	≥ 0.25	≥ 400	36
дубина	12-16	≥ 400	27
растворени кисеоник	< 4.29	≥ 400	19
биомаса алги	≥ 512.55	≥ 400	18

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Грошница - сет података 2

Сет има 166 објеката. За *C. perfringens* постоје све вредности и оне су класификоване у четири класе. Прва класа је најутицајнија. Преглед класа, вредности, број података и вероватноће дате су у Табели 168.

Табела 168. Класификација вредности *C. perfringens* у акумулацији Грошница - сет података 2

Класа	Вредност *	Број података	Вероватноћа
1.	< 75	133	75.28%
2.	75-175	12	8.79%
3.	175-1075	16	10.99%
4.	≥ 1075	5	4.95%

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Анализа утицајних параметара приказана је у Табели 169. Једини утицајни фактор су факултативни олиготрофи. Најмање вредности факултативних олиготрофа слабије утичу да се јаве вредности прве класе *C. perfringens*. Средња бројност факултативних олиготрофа значајно утиче на појаву вредности треће класе *C. perfringens*. Веће и високе вредности факултативних

олиготрофа (≥ 2617 cfu/cm³) врло вероватно утичу да бројност *C. perfringens* буде у највећим вредностима.

Табела 169. Кључни параметри и њихов утицај на вредности *C. perfringens* у акумулацији Грошница - сет података 2

Параметар *	Вредност параметра	Класа вредности <i>C. perfringens</i>	Релативан утицај параметра
факултативни олиготрофи	< 1003	< 75	23
факултативни олиготрофи	1003-2617	175-1075	100
факултативни олиготрофи	≥ 2617	≥ 1075	100

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Разлике у деловању утицајних параметара између класа *C. perfringens* потврђују наведено (Прилог IX - 4).

5.10.2. Анализа сценарија

Анализа сценарија за бројност *C. perfringens* спроведена је за акумулацију Гружа и Грошница на сетовима података 3, 2. Резултати су приказани само за неке објекте због њиховог великог броја. За утицајне хемијске параметре као и раније изабрани су растворени кисеоник, нитрати и укупни фосфати.

За акумулацију Гружа - сет података 3, приказани резултати (Табеле 170 и 171) се односе на локације од моста ка притокама, дубине 3, 8, 11, 13, 16 и 27 m, у VII месецу 2005. године. Анализа сценарија за тражени циљ смањење бројности *C. perfringens* од 5%, даје као и код укупних колиформи неприменљиве резултате (изузетак укупни фосфати). Анализа шта се дешава са вредностима *C. perfringens* ако се повећа кисеоник или смање нитрати и укупни фосфати даје низ позитивних исхода. Међутим од ових позитивних решења, чак 6 од 10, доводи до повећања бројности *C. perfringens*, па се и ова анализа не сматра адекватном.

Табела 170. Анализа сценарија за Тражени циљ смањење бројности *C. perfringens* у акумулацији Гружа - сет података 3

Измерене вредности за параметре *				Циљ: <i>C. perfringens</i> - 5%	Препоручен: растворени кисеоник	Циљ: <i>C. perfringens</i> - 5%	Препоручен: нитрати	Циљ: <i>C. perfringens</i> - 5%	Препоручен: укупни фосфати
растворен кисеоник	нитрати	укупни фосфати	<i>C. perfringens</i>						
1.63	3.2	0.07	266	1	0.2	1	0	1	0
0.96	2.37	0.12	0	1	0	-1	8.36	1	0.52
1.36	1.6	0.2	50	-1	0	-1	8.36	-1	0.74
9.58	0.42	0.02	0	1	0	-1	8.36	1	0.29
1.97	0.5	0.03	300	1	0.2	1	0	1	0
1.14	3.18	0.04	800	1	0.2	1	0	1	0
1.53	3.25	0.06	500	1	0.2	1	0	1	0
9.18	0.42	0.02	50	1	0	-1	8.36	1	0.29
8.86	0.37	0.02	50	1	0	-1	8.36	1	0.52
8.95	0.3	0.03	200	1	0	-1	8.36	1	0.52

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 171. Анализа сценарија, Шта ако, за *C. perfringens* у акумулацији Гружа - сет података 3

Измерене вредности за параметре *				Ако је растворен кисеоник +5% онда је <i>C. perfringens</i>	Ако је раст. кисеоник +10%онда је <i>C. perfringens</i>	Ако су нитрати -5% онда је <i>C. perfringens</i>	Ако су нитрати -10% онда је <i>C. perfringens</i>	Ако су укупни фосфати 0.2 онда је <i>C. perfringens</i>	Ако су укупни фосфати 0.1 онда је <i>C.</i> <i>perfringens</i>
растворен кисеоник	нитрати	укупни фосфати	<i>C. perfringens</i>						
1.63	3.2	0.07	266	190	191	191	194	192	194
0.96	2.37	0.12	0	264	265	265	267	268	273
1.36	1.6	0.2	50	633	634	633	634	639	647
9.58	0.42	0.02	0	145	151	139	139	140	140
1.97	0.5	0.03	300	55	57	55	55	55	56
1.14	3.18	0.04	800	175	176	177	179	176	177
1.53	3.25	0.06	500	195	196	197	199	196	199
9.18	0.42	0.02	50	210	215	204	205	205	205
8.86	0.37	0.02	50	362	368	357	357	357	358
8.95	0.3	0.03	200	348	353	343	343	343	345

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед; Поверење 49.88

Табела 172 . Анализа сценарија за Тражени циљ смањење бројности *C. perfringens* у акумулацији Грошница-сет података 2

Измерене вредности за параметре *				Циљ: <i>C. perfringens</i> - 5%	Препоручен: растворени кисеоник	Циљ: <i>C. perfringens</i> - 5%	Препоручен: нитрати	Циљ: <i>C. perfringens</i> - 5%	Препоручен: укупни фосфати
растворен кисеоник	нитрати	укупни фосфати	<i>C. perfringens</i>						
9.33	1.08	0.02	0	-1	0.47	-1	0.76	-1	0.01
8.54	1.59	0.02	0	-1	0.47	-1	0.76	-1	0.01
2.4	3.59	0.03	0	-1	0.47	-1	0.76	-1	0.01
2.3	3.23	0.07	1100	-1	0	-1	0.76	1	0.01
1.43	1.53	0.09	1500	-1	0	-1	0.76	1	0.04
8.41	2.13	0.02	150	1	0.47	1	0	1	0.01
8.27	2.22	0.02	100	1	0.47	1	0	1	0.01
8.1	2.19	0.02	50	1	0.47	-1	0.76	1	0.01
8.25	2.2	0.02	100	1	0.47	1	0	1	0.01
8.42	2.24	0.02	0	-1	0.47	-1	0.76	-1	0.01

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Табела 173. Анализа сценарија, Шта ако, за *C. perfringens* у акумулацији Грошница-сет података 2

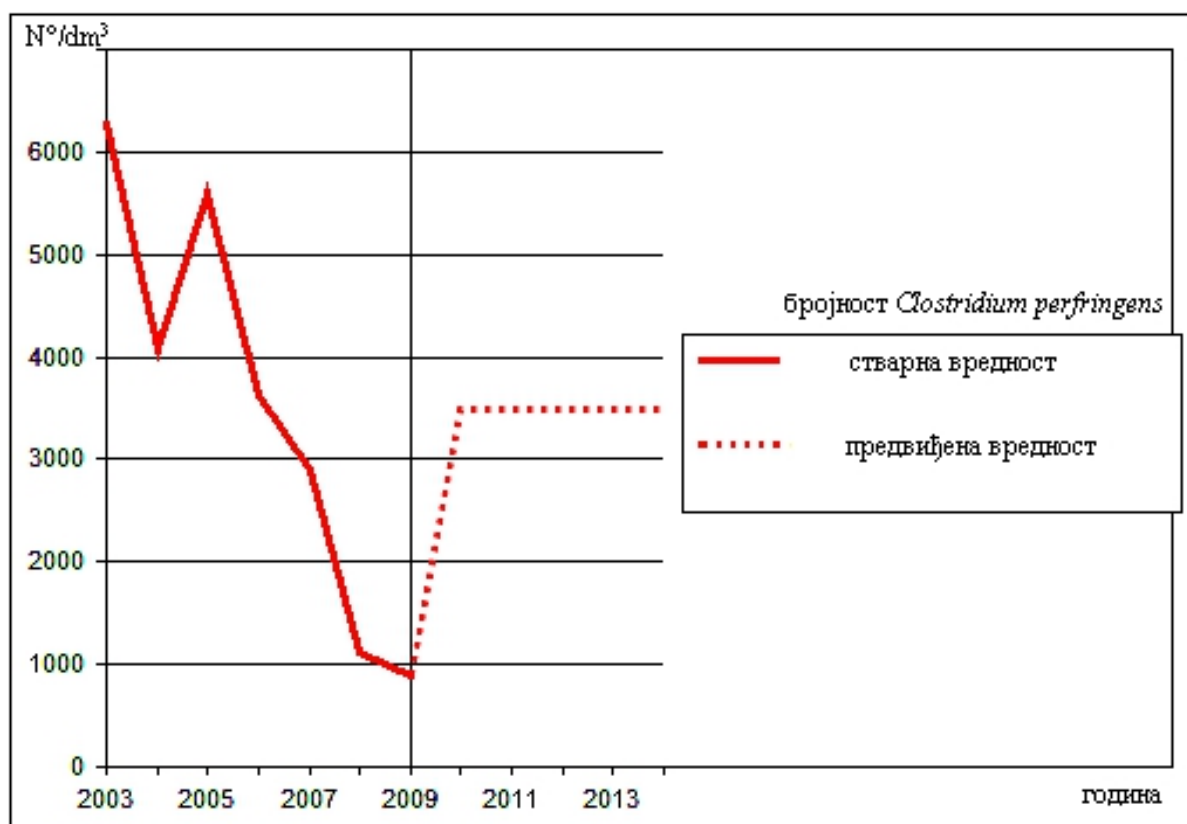
Измерене вредности за параметре *				Ако је растворен кисеоник +5% онда је <i>C. perfringens</i>	Ако је раст. кисеоник +10% онда је <i>C. perfringens</i>	Ако су нитрати -5% онда је <i>C. perfringens</i>	Ако су нитрати -10% онда је <i>C. perfringens</i>	Ако су укупни фосфати 0.2 онда је <i>C. perfringens</i>	Ако су укупни фосфати 0.1 онда је <i>C.</i> <i>perfringens</i>
растворен кисеоник	нитрати	укупни фосфати	<i>C. perfringens</i>						
9.33	1.08	0.02	0	0	0	0	0	0	0
8.54	1.59	0.02	0	17	19	17	20	15	0
2.4	3.59	0.03	0	0	0	0	5	12	0
2.3	3.23	0.07	1100	1074	1075	1078	1083	8	0
1.43	1.53	0.09	1500	1493	1493	1495	1497	1557	1470
8.41	2.13	0.02	150	0	0	0	0	0	0
8.27	2.22	0.02	100	28	30	29	33	26	0
8.1	2.19	0.02	50	76	78	77	81	74	0
8.25	2.2	0.02	100	0	0	0	3	0	0
8.42	2.24	0.02	0	0	0	0	0	0	0

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед; Поверење 48.80

За акумулацију Грошница - сет података 2, приказани резултати (Табеле 172 и 173) се односе на локацију брана, дубине 3, 8, 13, 16, 19 m у VIII и IX месецу 2005. године. Резултати су слични као за акумулацију Гружа. У акумулацији Грошница анализа сценарија Шта ако даје применљивија решења (нигде се не уочава пораст броја *C. perfringens*).

5.10.3. Временско предвиђање

Временски тренд просечних вредности *C. perfringens* у акумулацији Гружа приказан је на Слици 20. У периоду од десет година њихове просечне вредности варирају од минималних нешто испод 1000 N°/dm³, до максималних преко 6000 N°/dm³. Просечно највише вредности срећу се од 2003. до 2005. године, после чега њихова бројност опада. Најмања бројност је у 2009. години. Због високих вредности у ранијем периоду претпоставка је да ниже вредности нису карактеристика, па се очекује раст бројности *C. perfringens*. Све вредности треба разматрати са резервом (оне представљају годишњи просек за целу акумулацију и део притока).



Слика 20. Временски тренд просечних вредности *C. perfringens* по годинама у акумулацији Гружа

5.10.4. Вештачке неуронске мреже

Моделирање *C. perfringens* није резултирало валидним моделом. Урађена је анализа осетљивости која за моделирање није дала адекватне резултате.

Clostridium perfringens је Грам-позитивни, анаеробни, сулфат-редукујући бацил. Ствара споре које су отпорне на неповољне услове у воденој средини, укључујући UV зрачење, температуру и екстремне вредности рН, али и дезинфекционе процесе какво је хлорисање. *C. perfringens* је члан нормалне цревне флоре топлокрвних животиња и људи. Друге врсте овог рода нису искључиво фекалног порекла. Као и *E. coli*, *C. perfringens* је високо специфични индикатор фекалног загађења. *C. perfringens* и његове споре стално су присутне у отпаду. Много чешће и у већем броју присутна је у фецесу неких животиња као што су пси, него у фецесу човека или других топлокрвних животиња. Бројност забележена у фецесу је нормално много нижа од бројности *E. coli* (Ashbolt et al., 2001).

C. perfringens је најраширенији патогени спорогени микроорганизам на земљи. У акумулацији Гружа нађен је на свим вертикалним нивоима, док је највећа бројност у контактном слоју вода - дно. Број им опада кад расте концентрација раствореног кисеоника и Fe (Timotijević, 2002). Нађен је заједно са колиформним бактеријама, што указује на фекално загађење, а нађен је и без њих, што указује на давнашње загађење фекалним материјама. Наведено указује да је у акумулацији Гружа перманентно фекално загађење, да не постоји довољна заштићеност водоносног слоја (Ćurčić, 2003). Присуство *C. perfringens* се сматра најбољим индикатором фекалног загађења јер се за разлику од других бактерија размножава у слободној води и остаје дуже у води од фекалних и других показатеља микробиолошког загађења (Lisle et al., 2004).

Поједини аутори користили су *C. perfringens* као улазни параметар за предвиђање раста броја *Cryptosporidium* и *Giardia*, заједно са рН, *E. coli*, фекалним колиформама, мутноћом и протоком воде, падавинама, укупним колиформама и алкалношћу (Neelakantan et al., 2001). Други су користили *C. perfringens* за предвиђање раста ооцисти *Cryptosporidium* заједно са мутноћом и протоком воде, рН, укупним и фекалним колиформама, *E. coli* и падавинама (Brion et al., 2001).

5.11. РАЗМАТРАЊЕ РЕЗУЛТАТА

Бактеријска заједница има главну улогу у процесу биолошког баланса у воденом екосистему (Heinänen, 1992, Verman et al., 1994). Пошто је кључна улога бактерија у процесу разградње органске материје и њен ток кроз микробиолошки круг, бактеријска заједница значајно доприноси равнотежи у сваком воденом екосистему (Skórczewski & Mudryk, 2005).

Бактериопланктон је група водених микроорганизама који су изузетно осетљиви на све поремећаје равнотеже у средини у којој живе. Промене у животној средини, како оне природне, тако и оне које су изазване људском активношћу, првенствено се одражавају у бактериопланктону. Те промене се огледају у броју, морфологији, развојној динамици и физиолошко-биохемијским својствима и обично су одраз тренутног стања воде и степена трофије, као и најчешће реакције на антропогена загађења (Donderski & Kalwasińska, 2003).

На основу саме бројности било које бактеријске заједнице не може се извести закључак о стању воденог екосистема. Оно што одсликава прави статус неког екосистема јесте однос бројности и динамике одређене бактеријске заједнице са другим релевантим заједницама за дати екосистем. Резултати рада показују да основни утицај који трпи једна бактеријска заједница је везан за њен однос са другом бактеријском заједницом. Веза две бактеријске заједнице заснива се на присутној органској материји која одређује број, динамику и промене у популацији код различитих физиолошких група. Већина органских једињења у природним водама има полимерну структуру (Somville, 1984). Да би се оваква једињења искористила као извор енергије морају да се разложе егзо- и ендоензима и да се претворе у мономерне молекуле (Billen & Fontigny, 1987, Meyer-Reil, 1987). Такви молекули се брзо асимилију од стране бактерија (Chróst, 1991). Као што постоје разлике између различитих водених екосистема у односу на састав и садржај органских материја, и интензитет којим их бактеријска заједница разлаже се разликује у зависности од биохемијске активност доминантних физиолошких група (Godlewska-Lipowa, 1974, Krstulović & Solić, 1988). Протеолитатори и амилолизатори су најбројније, а самим тим и најутичајније физиолошке групе бактерија у води (Krstulović & Solić, 1988, Локоска, 2000).

Резултати рада, као и бројна истраживања, показују да развој сапрофитских бактерија директно зависи од количине органске материје у води (Локоска, 2000, Lokoska, 2006). Опште правило је да се при повећању садржаја органске материје у воденом екосистему повећава укупан број бактерија, нарочито хетеротрофа (сапрофита) (Donderski et al., 1984, Kim & Hoppe, 1984, Karner et al., 1992). Повећање броја бактерија се дешава због њихове особине да брзо метаболишу сваки органски супстрат унет у водени екосистем (Kerstein, 1991). У зависности која је органска материја у питању, односно који биохемијски процес је потребан да би се она разградила, повећаваће се и бројност различитих физиолошких група бактерија. Водене екосистеме насељавају бактерије које су у стању да обављају различите метаболичке процесе, а које олакшавају промет материје и енергије (Riemann, 1983, Donderski & Lalke, 1993). Због

својих различитих физиолошких особина и способности да разлажу различита органска једињења, оне доприносе трансформацији материје, а у исто време и процесима самочишћења вода (Donderski & Stopinski, 1993, Donderski & Kalwasińska, 2003).

Резултати рада указују да постоје изразити утицаји укупног фосфора, азота и рН на бројност, динамику, структуру бактеријске заједнице, као и на њене односе са другим микробиолошким заједницама што потврђују и други аутори (Rooney-Varga et al., 2005, Naukka et al., 2006, Kent et al., 2007, Zeng et al., 2009). Утицај састава органске материје на бактеријске заједнице разликује се у акумулацијама различитог степена трофичности и различитог интензитета антропогеног утицаја. Количина бактериопланктона у води језера у основи зависи од степена трофичности и загађења коју у њу доносе отпадне воде (Donderski & Kalwasińska, 2003).

У акумулацијама са вишим степеном трофичности и већим антропогеним утицајем (Гружа, Бован) стање бактеријских заједница више је условљено количином укупног азота (нитрати, нитрити и амонијак). Како расте антропогени утицај, расте и утицај концентрације азота на испитиване бактеријске заједнице. Спољашњи унос азота и фосфора у водене екосистеме главни је разлог за убрзану еутрофикацију језера, при чему су бактерије најзначајнији учесници у биохемијском циклусу нутријената и оне заокружују његов пун круг (Расе, 1997). Укупан азот најзначајнији утицај остварује кроз промене у биомаси и композицији фитопланктона (Naukka et al., 2006), што је у складу са резултатима рада. Фитопланктон је главни извор аутохтоне органске материје у језерима. Пораст нутријената резултира порастом биомасе фитопланктона (Hietala et al., 2004) и, у поређењу са другим изворима растворених органских материја, алге су доступније бактеријама (Wetzel, 1983, Lindström, 2000). Физиолошко стање фитопланктона може имати ефекат на фотосинтетичко екстрацелуларно ослобађање метаболита које може утицати на структуру бактеријске заједнице (Rooney-Varga et al., 2005).

У акумулацијама са нижим степеном трофичности, где је антропогени утицај мање изражен (Грошница), стање бактеријских заједница је под утицајем концентрације укупних фосфата, ИФА и укупног хлорофила. У оваквим акумулацијама утицај на бактеријске заједнице је условљен унутрашњом динамиком саме акумулације. Висок степен утицаја ИФА, као биохемијског показатеља активности бактерија, на број хетеротрофних и олиготрофних бактерија потврдили су и други аутори (Matavulj, 1986, Matavulj i sar., 1976, 1978, Lokoska, 1996; Василеска, 2002). Укупни фосфати су најутицајнији параметар који је одговоран за структуру заједнице бактериопланктона (Zhao et al., 2011). Њихов утицај има везе са њиховим уносом у акумулацију преко времена задржавања воде у самој акумулацији. Lindström et al. (2005) су установили да је време задржавања воде најважнији утицајни параметар на структуру бактеријске заједнице. У акумулацији са кратким временом задржавања, на бактеријску заједницу изразито утиче прилив из река или околног земљишта, док је структура бактериопланктона у систему који има дуго време задржавања воде успостављена унутрашњим

процесима у самој акумулацији (Lindström et al., 2006). Концентрација укупних фосфата може статистички да објасни разлику између структуре микробијалне заједнице у два различита сливна подручја (Lindström & Bergström, 2005). Декомпозиција бактерија је у директној корелацији са концентрацијом укупних фосфата у акумулацији (Li et al., 2005).

Резултати рада указују и да је бактеријска заједница тесно везана за физичко-хемијске карактеристике воде у језеру (Wu et al., 2007, Sapp et al., 2007). Изразит утицај рН на већину испитиваних бактеријских заједница у резултатима рада потврђују и Zeng et al. (2009). рН може имати утицај кроз доступност јона и метала у траговима. Флуктуација у вредностима рН може такође утицати и кроз директне биолошке механизме (Stepanauskas et al., 2003, Yannarell & Triplett, 2005).

Изразит утицај температуре у резултатима рада испољава се директно, али и кроз друге параметре, нпр. временске прилике изражене месецима. Абиотичке променљиве, као што су температура воде и велика концентрација јона, испољавају строгу полугодишњу усклађеност у језерима једног одређеног региона (Magnuson et al., 1990, Kratz et al., 1998). Температура је фактор који ограничава стопу репродукције бактерија на вредностима нижим од 10°C, али на вишим температурама, нарочито лети, нема зависности између овог фактора и стопе репродукције бактерија. Тада је главни фактор који регулише повећање броја бактерија приступ лако асимилирајућим хранљивим материјама (Simon & Tilzer, 1987). Најкраће време за репродукцију бактериопланктона је лети што је повезано са великом количином лако доступних органских материја, укључујући цветање алги (Donderski & Kalwasińska, 2003). Алге играју важну улогу у процесу унутрашњег обогаћивања воде растворљивим органским материјалу (Maurin et al., 1997). Бактериопланктон може да асимилира 37-70 % примарне производње алги (Gajewski & Chróst, 1995). У резултатима рада уочава се да постоји усклађеност у дистрибуцији температуре воде и хлорофила *a* у језерима (Baines et al., 2000).

Резултати указују да се велики утицај на бактериопланктон остварује кроз усклађеност динамика заједница фитопланктона и бактериопланктона (Kent et al., 2007). Температура, строго везана за спољашње, метеоролошке факторе, је са својим трендовима високо утицајна на обрасце понашања код фитопланктонских заједница. Неки аутори су проучавали однос структуре микробијалне заједнице и спољашњих фактора (Iwamoto et al., 2000, Salles et al., 2006). Спољашњи параметри, међутим, сами по себи слабо објашњавају унутрашње обрасце понашања бактерија у језеру (Kent et al., 2007). Смењивање заједница фитопланктона (које се одиграва под утицајем регионалних спољашњих фактора) везано делује на концентрацију и биохемијску структуру аутохтоне органске материје доступне бактеријама (van Hannen et al., 1999, Arrieta & Herndl, 2002, Pinhassi et al., 2004). Усклађеност на нивоу заједнице и њене динамике између фитопланктона и бактерија, односно висок степен корелације између структуре бактериопланктона и фитопланктона, утврђује велики број аутора (Peng et al., 2007, Kent et al., 2007). Унутрашњи утицаји, као што су интеракције у ланцима исхране и стохастична динамика популације, као нпр. обрасци у планктону, су специфични за свако

језеро (Baines et al., 2000, Magnuson et al., 2005).

Локација, дубина, посебне еколошке нише у самом језеру или акумулацији такође значајно утичу на бактериопланктон (Simon et al., 2002, Wu et al., 2007). При праћењу стања бактеријских заједница просторно (локација, дубина) и временски (месец, сезона, година), кластер анализа и анализа утицајних параметара дају одличне резултате у већим воденим екосистемима. Кластер анализом је могуће одредити посебне локалитете и дубине које се разликују по броју, нпр. укупних колиформних бактерија. Акумулација Гружа је већа по својој површини и волумену, а број узорковања на различитим локалитетима је већи и уједначенији. У акумулацији Гружа број укупних колиформних бактерија варира по дубини, разликује се у најдубљем и најплићем делу акумулације. То се може објаснити мањим утицајем човека у најдубљем делу, постојањем зоне вегетације на обалном делу, већом средњом дубином, као и коришћењем хиполимнетичког аератора. У плићем делу акумулације, нарочито на ушћима река као и на рекама, утицај човека је велики (рекреативне активности, пољопривредно земљиште, коришћење пестицида, ђубрива, индустријске активности у близини река, итд). У овом случају кластер анализа директно указује да је број укупних колиформних бактерија под утицајем човекових активности. У акумулацији Грошница кластер анализа не омогућава исто, првенствено из разлога малог броја података, као и њихове структуре. Акумулација Грошница је мала по површини и запремини, највећи број узорака је са локалитета брана, па није могуће правилно одредити утицај других локалитета. У акумулацији Грошница кластер анализа даје утицај временске димензије на број укупних колиформи, што није забележено код акумулације Гружа. Разлог за то је различита географска позиција и надморска висина. За акумулацију Грошница кластер анализа даје предвиђања и информације о распону у коме неки параметри следе бројност бактеријске заједнице (Radojević et al., 2012). Кластер анализа са K-means алгоритмом даје задовољавајуће резултате у анализи физичко-хемијских и биолошких параметара у мониторингу вода (Areerachakul & Sanguansintukul, 2010) што је потврђено добијеним резултатима.

Осим просторне и временске дистрибуције колиформних бактерија, из резултата се уочава да на бројност и динамику колиформних бактерија у природним површинским водама утичу различити фактори. Физичко-хемијска и биолошка својства вода, као што су рН, растворени кисеоник, температура, фосфати, БПК₅, органски и неоргански нутријенти, хумусне супстанце, предаторски микроорганизми (протозое) имају у томе битну улогу (McCambridge & McMeekin, 1984, Curtis et al., 1992, Bagde & Rangari, 1999, Youn-Joo et al., 2002, Juhna et al., 2007, Syed Ahmad et al., 2009, Hong et al., 2010). Велики утицај имају и фактори у околној средини: атмосферски услови (падавине и сунчева радијација), утицај воде, човекове активности које доводе до загађења, нпр. различита употреба земљишта: пољопривредно, градско, индустријско (Gameson & Saxon, 1967, McCambridge & McMeekin, 1984, Fisher & Endale, 1999, Kistemann et al., 2002, Tong & Chen, 2002, George et al., 2004, Mehaffey et al., 2005, Vyamukama et al., 2005, Zhang & Lulla, 2006, Lokoska & Novevska, 2008,

Derlet et al., 2008). На опстанак фекалних колиформних бактерија утичу индиректно и пестициди из пољопривреде, деловањем на фитопланктонску и перифитноску заједницу (Staley et al., 2011).

Бактеријски индикатори загађења (укупне колиформе, фекалне колиформе, *E. coli*) су значајно у корелацији за компонентом загађења. Они одсликавају човеков утицај на одређену водену средину. *C. perfringens* такође показује логичан ниво зависности (Byamukama et al., 2005).

Моделирање анализа и предвиђање стања бактеријских заједница методама DM даје задовољавајуће резултате (Tong & Chen, 2002, Ogwueleka & Ogwueleka, 2010). Нека неслагања, неприменљивост или слаба прецизност у резултатима уочавају се код анализе сценарија и временских серија. За акумулацију Грошница анализа сценарија за бактеријске заједнице је скоро неприменљива. Разлог за то може бити мала бројност бактеријских заједница. Анализа сценарија најбоље резултате даје за акумулацију Бован, делимично и за акумулацију Гружа (реалније применити анализу Шта ако). Из овога се може закључити да ова врста анализа може да се примени у акумулацијама са већим микробиолошким загађењем, вишим степеном трофије, као што је то акумулација Бован која трпи изразит утицај човека. Како се негативан утицај човека на акумулацију смањује, тако је и анализа мање употребљива. Временске серије дају преглед кретања бројности бактеријских заједница по временским периодима, при чему могу да се користе за праћење тренда кретања, док за праћење стања и бројности нису адекватне у овом облику јер су уопштене. Класификација и анализа утицајних параметара врло комплексно даје кључне утицајне параметре за сваку анализирану бактеријску заједницу. Резултати анализе се у великој мери поклапају са потврђеним резултатима испитивања, а у неким случајевима дају и потпунију слику. Пошто алати Microsoft DM до сада нису коришћени у анализи, праћењу и предвиђању стања бактеријских заједница у воденим екосистемима какви су језера и акумулације, овим радом је верификована њихова употреба у те сврхе. Показано је да се на један лак начин употребом готовог софтвера могу вршити комплексне анализе потребне како у рутинским тако и у научним хидробиолошким истраживањима.

За разлику од претходних, вештачке неуронске мреже у области моделирања квалитета вода у савременој литератури применио је већи број аутора (Maier & Dandy, 2000, Chau, 2006). Велики број аутора је потврдио и валидност употребе вештачких неуронских мрежа за предвиђање микробиолошког загађења базираног на различитим видовима фекалног загађења (Brion & Lingireddy, 1999, Brion et al., 2001, 2002, Neelakantan et al., 2001, Kashefipour et al., 2005, Bouharati et al., 2006, Chandramouli et al., 2007, Mas & Ahlfeld, 2007, Kim et al., 2008, Lin et al., 2008, He & He, 2008, Kazemi Yazdi & Scholz, 2010). Модели вештачких неуронских мрежа добијени у резултатима рада показују ефикасност у предвиђању динамике различитих бактеријских заједница у акумулацијама и језерима. У складу са закључцима Ying et al. (2007), када је корелација између предвиђених и измерених вредности добра, модел за предвиђање је способан да се примени у стварној пракси. Добијени модели омогућавају висок степен

предвиђања бактеријских заједница и не захтевају трансформацију података за најбоље резултате (Chandramouli et al., 2007). С обзиром на природу података да формира серије, низове, може се предвидети бројност, али и динамика бактеријских заједница. Модели показују да параметри квалитета вода, без обзира на њихову различитост и нелинеарност, успешно могу да се користе за праћење стања и предвиђање различитих бактеријских заједница и група. Модели са истим улазима могу са истим успехом да предвиде бројност и динамику бактеријских заједница у акумулацијама са различитом позицијом, морфометријским карактеристикама, трофичким статусом и доминантном бактеријском заједницом. Оптималне мреже су способне да у дугом периоду предвиђају посматране параметре квалитета вода (Singh et al., 2009). Предложени модели могу показати одређене недостатке, због чега је неопходно да се допуњавају са времена на време актуелним, измереним вредностима (Ying et al., 2007).

Валидност анализа и предвиђање стања предложеним алатима и моделима проверена је на примеру предвиђања концентрација раствореног кисеоника у акумулацији Гружа. Анализа утицаја различитих параметара на садржај кисеоника у акумулацији Гружа тестирана је на подацима из информационог система SeLaR различитим алатима, при чему су добијени слични резултати. Класификација раствореног кисеоника спроведена је употребом стабла одлучивања и модел је у себе укључио све расположиве физичко-хемијске параметре из стандардног хидробиолошког истраживања. Вредности кисеоника по овом моделу у акумулацији Гружа високо су зависне од рН, температуре и месеца (Stefanović et al., 2012). Вештачка неуронска мрежа за улазе користи параметре добијене анализом осетљивости. Као најутицајнији издвајају се: рН, температура, амонијак, нитрити, нитрати, електропроводљивост, Fe, Mn (Ranković et al., 2010). Са истим улазним параметрима успешно се моделира и прилагодљива мрежа базирана на фази систему - ANFIS (Ranković et al., 2012). Неке специфичности и разлике могу се објаснити мањим сетом података и њиховом збијеношћу током краћег временског периода.

Улазне варијабле за различите анализе, моделирања и предвиђања у овом раду базиране су углавном на лако мерљивим параметрима који одсликавају квалитет воде. (Neelakantan et al. 2001, Brion et al. 2001). То омогућава да се подаци сакупљени у стандардним хидробиолошким истраживањима искористе за креирање модела који ће ефикасно предвиђати број и динамику бактеријских заједница. На тај начин број лабораторијских микробиолошких анализа из редовног праћења стања вода може бити смањен (било би омогућено смањење потрошње материјала, времена и ангажовања у лабораторијским анализама). Са оваквим моделима динамика бактеријских заједница би могла да се успешно предвиђа, а предложене моделе би било потребно повремено допунити новијим мерењима.

Из наведеног се може закључити да се бактеријске заједнице у језерским екосистемима са аспекта међуодноса, условљености променом физичких, хемијских и биолошких параметара, са посебним акцентом на ризик од микробиолошког загађења воде, могу успешно анализирати и предвиђати савременим алатима информационих технологија и методама DM.

6. ЗАКЉУЧЦИ

Предмет ове докторске дисертације су заједнице бактерија у изабраним језерским екосистемима Србије, њихови међуодноси, условљеност променама физичких и хемијских параметара, односи са другим заједницама микроорганизама, као и са осталим биолошким и биохемијским показатељима у акумулацијама. Праћен је ризик фекалног бактеријског загађења воде. Анализа је спроведена за акумулације Грошница, Гружа и Бован (различите морфометријске особине, трофички статус и доминантна заједница бактерија) савременим алатима информационих технологија и методама ДМ. У току рада изведени су следећи закључци:

1. Бројност било које бактеријске заједнице не може да одреди стање било ког воденог екосистема. Прави статус воденог екосистема одсликава однос одређене бактеријске заједнице са другим релевантим заједницама за дати екосистем. Основну зависност једна бактеријска заједница испољава према другим бактеријским заједницама. Веза бактеријских заједница се заснива на количини и саставу присутне органске материје која им одређује бројност и динамику. Зависност може да се објасни и преко позитивног коефицијента корелације (хетеротрофи психрофили - факултативни олиготрофи, хетеротрофи психрофили - хетеротрофи мезофили), који је исто резултат односа органске материје и бактеријских заједница. Не постоји позитиван коефицијент корелације било које друге бактеријске заједнице са било којим другим присутним параметром у испитивањима.
2. Ниске вредности одређених физиолошких група бактерија прате ниске вредности других физиолошких група. Повећана количина органске материје узрокује повећану бројност хетеротрофа, при чему се повећава она физиолошка група бактерија која има способност да разгради ту врсту једињења и то у максималној бројности. При великом повећању одређене физиолошке групе бактерија равномеран однос бројности између ње и осталих група се нарушава. У тој ситуацији једна или две физиолошке групе прате у великој мери или делимично бројност оне која је максимално порасла. Која група ће да је прати зависи од врсте органске материје и од других услова средине (климатски фактори, физичко-хемијски фактори, трофија, итд).
3. Утицај састава органске материје на бактеријске заједнице разликује се у акумулацијама различитог степена трофичности и различитог интензитета антропогеног утицаја. У акумулацијама са нижим степеном трофичности, где је антропогени утицај мање изражен (Грошница), стање бактеријских заједница је под утицајем концентрације укупних фосфата, ИФА и укупног хлорофила. У оваквим акумулацијама утицај на бактеријске заједнице је условљен унутрашњом динамиком саме акумулације. У акумулацијама са вишим степеном трофичности и већим

антропогеним утицајем (Гружа, Бован) стање бактеријских заједница више је условљено количином укупног азота (нитрати, нитрити и амонијак). Како расте антропогени утицај, расте и утицај концентрације азота на испитиване бактеријске заједнице.

4. Најизраженији утицај према бактеријским заједницама од физичко-хемијских параметара испољавају температура воде, рН, растворени кисеоник и Fe.
5. Бактеријске заједнице у акумулацији Грошница условљене су минералним садржајем акумулације који је изражен кроз параметре електропроводљивости и м алкалнитета. Бактеријске заједнице у акумулацији Гружа условљене су количином органског (ауто-и/или алохтоног) материјала израженог кроз низ различитих параметара (друге бактеријске заједнице, физиолошке групе, нутријенти и тд.). Бактеријске заједнице у акумулацији Бован првенствено зависе од нивоа нутријената и фитопланктона.
6. Колиформне бактерије су блиско повезане са недоминантном бактеријском заједницом без обзира на акумулацију (Грошница - хетеротрофи мезофили; Гружа - факултативни олиготрофи). Зависне су од бројности свих физиолошких група бактерија, вредности рН, температуре воде, сезоне, и за њих је значајан антропогени утицај. У акумулацијама са нижим степеном трофије на њих значајно утиче минерални састав акумулације. У акумулацијама или деловима акумулација који нису изложени директном антропогеном утицају у тесној су вези са биохемијским особинама воде, док тамо где постоји изражена људска активност су везане за спољашњи утицај. На *Escherichia coli* и *Clostridium perfringens* значајно утичу: растворени кисеоник, температура воде, електропроводљивост, Мп, хлориди, ИФА, као и количина органске материје изражена кроз одређени број других физиолошких група бактерија. *C. perfringens*, насупрот укупним и фекалним колиформним бактеријама, везује се за доминантну бактеријску заједницу без озбира на стање у акумулацији. У акумулацијама са вишим ступњем трофије и антропогеним утицајем везана је значајно за хетеротрофе психрофиле и мезофиле, друге физиолошке групе бактерија и групу Ciliata. У акумулацијама са нижим трофичким ступњем и малим утицајем човека везана је само за факултативне олиготрофе.
7. Однос бактеријских заједница и зоопланктона може боље да се сагледа кроз утицај родова *Leptodora*, *Brachionus*, *Trichocerca*, *Lecane*, *Keratella* који су карактеристични за одређену акумулацију, него кроз однос са групама зоопланктона. Однос се пре може одредити кроз врсте које одређују ступањ трофичности, него кроз предаторске односе. За посматране физиолошке групе бактерија, највећа утицајност је групе Cladocera.
8. ДМ алати и технике су погодни за анализу стања и односа бактеријских заједница и бактеријских индикатора загађења у односу на друге параметре квалитета вода, као и за предвиђање. Предност им је у могућности обраде великог броја података у комплексним нелинеарним системима различитим методама. Microsoft DM нуди

могућности обраде великог броја података без њихове трансформације са валидним резултатима у оквиру кластер анализе, анализе утицајних параметара, класификације стаблом одлучивања, а делимично и анализама сценарија и временским серијама. За анализу односа бактеријских заједница најпогодније методе су класификација анализом утицајних параметара и стаблом одлучивања, као и кластер анализа. За предвиђање стања бактеријских заједница вештачке неуронске мреже као методе дају и велике могућности и одличне резултате.

9. Примена ових метода на лако мерљивим параметрима који одсликавају квалитет воде, а користе се при стандардним хидробиолошким испитивањима, омогућава успешно праћење стања, анализирање односа и предвиђање понашања бактеријских заједница у екосистемима језера и акумулација, што до сада није рађено. Microsoft DM је први пут примењен у комплексној анализи бактеријских заједница у воденим екосистемима. Овим радом је утврђена валидност његове примене у овој области истраживања. Примена ових алата и метода смањиле број лабораторијских микробиолошких анализа (чиме се смањује потрошња материјала, време и ангажовање у лабораторијским анализама) и омогућава брзо реаговање приликом микробиолошког загађења.

7. ЛІТЕРАТУРА

- Adams HE, Crump BC, Kling GW (2010). Temperature controls on aquatic bacterial production and community in arctic lakes and streams. *Environmental Microbiology*, 12(5): 1319-1333.
- Andreu J, Capilla J, Sanchis E (1996). AQUATOOL, a generalized decision-support system for water-resources planning and operational management. *Journal of Hydrology*, 177: 269-291.
- Andrews AJ, Pieyns S, Servat E (1999). The Design of an International Real Time Data Collection System: SADC-HYCOS. *Water Resources Management*, 13: 253-268.
- APHA (1985). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 16th ed. American Public Health Association. Washington, DC.
- APHA (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19th ed. American Public Health Association. Washington, DC.
- APHA (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*, 20th ed. American Public Health Association. Washington, DC.
- APHA, AWWA, WEF (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21th ed. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation. Washington, DC.
- Arbuckle KE, Downing JA (2001). The influence of watershed land use on lake N:P in a predominantly agricultural landscape. *Limnology and Oceanography*, 46: 970-975.
- Areerachakul S, Sanguansintukul S (2010). Clustering Analysis of Water Quality for Canals in Bangkok, Thailand. In: Taniar et al. (eds) *Computational Science and Its Applications, ICCSA 2010. Lecture Notes in Computer Science, LNCS, Part III*, 6018: 215-227.
- Arrieta J, Herndl G (2002). Changes in bacterial-glucosidase diversity during a coastal phytoplankton bloom. *Limnology and Oceanography*, 47: 597-599.
- Ashbolt NJ, Grabow WOK, Snozzi M (2001). Indicators of microbial water quality. In: Fewtrell L, Bartram J (eds) *Water quality: Guidelines, standards and health - Assessment of risk and risk management for water - related infectious disease*. WHO Water Series, London, IWA Publishing, 289-315 pp.
- Bagde US, Rangari AK (1999). Periodicity of coliform bacteria in an aquatic environment. *Water Science and Technology*, 40(7): 151-157.
- Baines SB, Webster KE, Kratz TK, Carpenter SR, Magnuson JJ (2000). Synchronous behavior of temperature, calcium, and chlorophyll in lakes of northern Wisconsin. *Ecology*, 81: 815-825.
- Bergstein B-DT, Shteinman B, Kamenir Y, Itzhak O, Hochman A (2001). Hydrodynamical Effects on Spatial Distribution of Enteric Bacteria in the Jordan River - Lake Kinneret Contact Zone. *Water Research*, 35(1): 311-314.
- Berman T, Hoppe GH, Gocke K (1994). Response of aquatic bacterial populations to substrate enrichment. *Marine Ecology Progress Series*, 104: 173-184.

- Berninger U-G, Finlay BJ, Kuuppo-Leinikki P (1991). Protozoon control of bacterial abundances in freshwater. *Limnology and Oceanography*, 36: 139-147.
- Billen G, Fontigny A (1987). Dynamics of a Phaeocystis - dominated spring bloom in Belgian coastal waters. II. Bacterioplankton dynamics. *Marine Ecology Progress Series*, 37: 249-257.
- Bird DF, Kalff J (1984). Empirical relationships between bacterial abundance and chlorophyll concentration in fresh and marine waters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41: 1015-1023.
- Blaženčić J (1997). Vlasinsko jezero - hidrobiološka studija. Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, 244 str.
- Bölter M, (1977). Numerical taxonomy and character analysis of saprophytic bacteria isolated from Kiel Fjord and Kiel Bight. *Ecological Studies*, 25: 148–176.
- Booch G, Rumbaugh J, Jacobson I (1998). *The Unified Modeling Language User Guide*, Addison Wesley.
- Borsodi AK, Ferkas I, Kurdi P (1988). Numerical analysis of planktonic and reed biofilm bacterial communities of lake Fertő (Neusidlersee, Hungary, Austria). *Water Research*, 32 (6): 1831-1840.
- Bouharati S, Benmahammed K, El-Assaf YM, Harzallah D (2006). Application of Artificial neural network for predicting microbiological pollution in fresh water. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 1(4): 406-409.
- Boulos L, Prévost M, Barbeau B, Coallier J, Desjardins R (1999). LIVE/DEAD® *BacLight*TM: application of a new rapid staining method for direct enumeration of viable and total bacteria in drinking water. *Journal of Microbiological Methods*, 37: 77-86.
- Boyacioglu H, Boyacioglu H (2007). Surface Water Quality Assessment by Environmetric Methods. *Environmental Monitoring and Assessment*, 131: 371-376.
- Bratbak G (1987). Carbon flow in an experimental microbial ecosystem. *Marine Ecology Progress Series*, 36: 267-276.
- Bremigan MT, Soranno PA, Gonzalez MJ, Bunnell DB, Arend KK, Renwick WH, Stein RA, Vanni MJ (2008). Hydrogeomorphic features mediate the effects of land use/cover on reservoir productivity and food webs. *Limnology and Oceanography*, 53(4): 1420-1433.
- Brion GM, Lingireddy S (1999). A neural network approach to identify non-point sources of microbial contamination. *Water Research*, 33(14): 3099-4106.
- Brion GM, Neelakantan TR, Lingireddy S (2001). Using Neural Networks to Predict Peak *Cryptosporidium* Concentrations. *Journal of the American Water Works Association (AWWA)*, 93(1): 99-105.
- Brion GM, Neelakantan TR, Lingireddy S (2002). A neural network based classification scheme for sorting sources and ages of fecal contamination in water. *Water Research*, 36(15): 3765-3774.

- Bruhn CL, Soranno PA (2005). Long term (1974-2001) Volunteer Monitoring of Water Clarity Trends in Michigan Lakes and their Relation to Ecoregion and Land Use/Cover. *Lake and Reservoir Management*, 21(1): 10-23.
- Byamukama D, Mach RL, Kansime F, Manafi M, Farnleitner AH (2005). Discrimination Efficacy of Fecal Pollution Detection in Different Aquatic Habitats of a High - Altitude Tropical Country, Using Presumptive Coliforms, *Escherichia coli* and *Clostridium perfringens* Spores. *Applied and Environmental Microbiology (AEM)*, 71(1): 65-71.
- Canale RP (1973). Model of Coliform Bacteria in Grand Traverse Bay. *Water Pollution Control Federation*, 45(11): 2358-2371.
- Canale RP, Patterson RL, Gannon JJ, Powers WF (1973). Water Quality Models for Total Coliform. *Water Pollution Control Federation*, 45(2): 325-336.
- Carlson RE (1977). A Trophic State Index for Lakes. *Limnology and Oceanography*, 22 (2): 361-369.
- Cébron A, Berthe T, Garnier J (2003). Nitrification and nitrifying bacteria in the lower Seine River and estuary (France). *Applied and Environmental Microbiology*, 69(12): 7091-7100.
- Chandramouli V, Brion G, Neelakantan TR, Lingireddy S. (2007). Backfilling missing microbial concentrations in a riverine database using artificial neural networks. *Water Research*, 41(1): 217-227.
- Chau K (2006). A review on integration of artificial intelligence into water quality modeling. *Marine Pollution Bulletin*, 52(7): 726-733.
- Cheruvilil KS, Soranno PA (2008). Relationships between lake macrophyte cover and lake and landscape features. *Aquatic Botany*, 88: 219-227.
- Chróst R (1986). Algal-bacterial Metabolic Coupling in the Carbon and Phosphorus Cycle in Lakes. In: Megusar F, Gantar M (eds) *Perspectives in Microbial Ecology*. Slovenian Society of Microbiology, Ljubljana.
- Chróst R (1990). Microbial ectoenzymes in aquatic environments. In: Overbeck J, Chróst RJ (eds) *Aquatic Microbial Ecology: biochemical and Molecular Approaches*. Springer Verlag, New York.
- Chróst R (1991). Environmental control of the synthesis and activity of aquatic microbial ectoenzymes. In: Chróst R (ed) *Microbial Enzymes in Aquatic Environments*. New York, Springer-Verlag, 29-59.
- Clair T, Dennis I, Cosby BJ (2003). Probable Changes in lake chemistry in Canada's Atlantic Provinces under proposed North American emission reduction. *Hydrology and Earth System Sciences*, 7(4): 574-582 .
- Conrads P, Roehl E (2006a). Transforming large databases into critical knowledge using Data mining- three case studies in south Carolina and Georgia. WEFTEC (Water environment federation, technical exhibition), 6249-6267.
- http://sc.water.usgs.gov/publications/pdf/WEFTEC06_3CaseStudies.pdf

- Conrads P, Roehl E (2006b). Estimating Water Depths Using Artificial Neural Networks. HIC, 7th International Conference on Hydroinformatics, Nice.
http://sc.water.usgs.gov/publications/pdf/HIC2006_EDEN.pdf
- Cotta MA (1988). Amyolytic Activity of Selected Species of Ruminant Bacteria. *Applied And Environmental Microbiology*, 54(3): 772-776.
- Crowther J, Kay D, Wyer MD (2001). Relationships Between Microbial Water Quality and Environmental Conditions an Coastal Recreational Waters: The Fylde Coast, UK. *Water Research*, 35(17): 4029-4038.
- Curtis TP, Mara DD, Silva SA (1992). Influence of pH, oxygen, and humic substances on ability of sunlight to damage fecal coliforms in waste stabilization pond water. *Applied and Environmental Microbiology*, 58(4): 1335-1343.
- Cvijan M, Laušević R (1994). Mikroalge i saprobiološka analiza vode Vlasinskog jezera. Konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda. Srpsko društvo za zaštitu voda. Zbornik radova, 128–135.
- Čomić LJ (1989). Mikrobnna populacija vode u slivu i akumulaciji Gruža. Doktorska disertacija, PMF, Univerzitet u Kragujevcu, 155 str.
- Čomić LJ (1999). Ekologija mikroorganizama. PMF, Kragujevac, 201 str.
- Čomić Lj, Ćurčić S, Ostojić A, Milošević S (2003). Pregled hidrobioloških istraživanja akumulacionih jezera u Srbiji. Konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda. Srpsko društvo za zaštitu voda. Zbornik radova, 47-53.
- Čomić LJ, Ćurčić S, Ranković B (1997). Sastav i dinamika zajednice mikroorganizama u Vlasinskom jezeru. U: Blaženčić (ur), Vlasinsko jezero - hidrobiološka studija. Biološki fakultet, Univerziteta u Beogradu, 41-60.
- Čomić Lj, Ostojić A (Ur.) (2005). Akumulaciono jezero Gruža. Monografija, PMF, Kragujevac, 260 str.
- Čomić Lj, Radojević I, Ćurčić S, Ostojić A (2004). Data Base for Monitoring, Protection and Management of Reservoirs in Serbia. BALWOIS / Conference on Water Observation and Information System for Decision Support. Ohrid.
http://www.balwois.com/balwois/administration/full_paper/ffp-7o-265.pdf
- Čomić Lj, Radojević I, Ćurčić S, Ostojić A (2006). Database for Monitoring, Protection and Management of Reservoirs in Serbia. *Kragujevac Journal of Sciences*, 28: 97-106.
- Čomić LJ, Ranković B (1997). Bacterial community in Gruža Reservoir (Yugoslvia). 3th International Conference on Reservoir Limnology and Water Quality, Abstracts: B-4.
- Ćirić S, Stojenović M (2009). Upporedne analize kvaliteta vode na vodozahvatima izvorišta Ćelije i Brestovac. . Konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda. Srpsko društvo za zaštitu voda. Zbornik radova, 93-98.
- Ćurčić S (1994). Bakterioplankton Vlasinskog jezera. Magistarska teza, PMF, Univerzitet u Novom Sadu, 93 str.

- Ćurčić S (2003). Mikrobiološki Indeks Kvaliteta Vode (MWQI) - Pokazatelj stanja zajednice mikroorganizama u akumulaciji Gruža. Doktorska disertacija, PMF, Univerzitet u Kragujevcu, 148 str.
- Ćurčić S, Čomić Lj (1998). Bacterioplankton of Vlasina Lake. *Archiv Biology of Science Belgrade*, 50(1): 35-41.
- Derlet RW, Ali Ger K, Richards JR, Carlson JR (2008). Risk Factors for Coliform Bacteria in Backcountry Lakes & Streams in the Sierra Nevada Mountains: A 5 - Year Study. *Wilderness and Environmental Medicine*, 19(2): 82-90.
- Dogan E, Ates A, Yilmaz EC, Eren B (2008). Application of Artificial Neural Networks to Estimate Wastewater Treatment Plant Inlet Biochemical Oxygen Demand. *Environmental Progress*, 27(4): 439-446.
- Dogan E, Sengorur B, Koklu R (2009). Modeling biochemical oxygen demand of the Melen River in Turkey using an artificial neural network technique. *Journal of Environmental Management*, 90: 1229-1235.
- Donderski W (1983). Tlenowe bakterie heterotroficzne jezior o różnej trofii (Heterotrophic aerobic bacteria in lakes of different trophy). PhD thesis, UMK, Torun.
- Donderski W, Bylinska T, Czajkowski H, Gardocka B, Kowalkowska D, Myzyk G, Poziemska, E (1984). Initial studies on heterotrophic bacteria capable of decomposition of some macromolecular compounds in waters and bottom sediments of six lakes in Iława Lake District. *AUNC Toruń, Limnological Papers*, (14): 75-82.
- Donderski W, Kalwasińska A (2003). Occurrence and Physiological Properties of Bacterioplankton of Lake Chełmżyńskie (Poland). *Polish Journal of Environmental Studies*, 12(3): 287-295.
- Donderski W, Lalke E (1993). Occurrence and physiological properties of epiphytic bacteria isolated from reed (*Phragmites australis* Trin. ex Steudel). *AUNC Toruń, Limnological Papers*, 18: 13-24.
- Donderski W, Stopiński M (1993). Occurrence and physiological properties of heterotrophic bacteria inhabiting the tripton of lakes of different trophy. *AUNC Toruń, Limnological Papers*, 18: 3-12.
- Donderski W, Strzelczyk E (1992). The ecology and physiology of aerobic heterotrophic bacteria in lakes of different trophy. In: Bohr R, Nienartowicz A (eds) *Some Ecological Processes of the Biological Systems in North Poland*. Wilkoń-Michalska JN Copernicus University, Press.
- Dreyfus G, Martinez JM, Samuelides M, Gordon MB, Badran F, Thiria S, Herault L (2002). *Reseaux de Neurones: Methodologie et Applications*. Editions Eyrolles, Paris, France.
- Edberg S, Smith DB (1989). Absence of association between total heterotrophic and total coliform bacteria from a public water supply. *Applied and Environmental Microbiology*, 55(2):380-384.
- Elçi S (2008). Effects of thermal stratification & mixing on reservoir water quality. *Limnology*, 9(2): 135-142.

- Eleria A, Vogel RM (2005). Predicting Fecal Coliform Bacteria Levels in the Charles River, Massachusetts, USA. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, 41(5): 1195-1209.
- Ellis-Evans JC (1985). Decomposition processes in marine Antarctic lakes. *Antarctic Nutrient Cycles*, 1: 253-260.
- Evans CA, Coombes PJ, Dunstan RH (2006). Wind, rain and bacteria: The effect of weather on the microbial composition of roof - harvested rainwater. *Water Research*, 40: 37-44.
- Fahnenstiel G, Lang G, Nalepa T, Johengen T (1995). Effects of Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) Colonization on Water Quality Parameters in Saginaw Bay, Lake Huron. *Journal Great Lakes Research*, 21(4): 435-448.
- Fisher DS, Endale DM (1999). Total Coliform, *E. coli* and *Enterococci* Bacteria in Grazed and Wooded Watersheds Of The Southern Piedmont. In Hatcher KJ (ed), *Proceedings of the 1999 Georgia Water Resources Conference*, Georgia, CRC Press.
<http://www.gwri.gatech.edu/uploads/proceedings/1999/FisherD-99.pdf>
- Flint KP (1974). The occurrence and properties of phosphatases in the bacterial flora of aquatic environments. Doctor Thesis, Faculty of science and engineering. University of Birmingham.
- Fuhrman JA, Steele JA (2008). Community structure of marine bacterioplankton: patterns, networks and relationships to function. *Aquatic microbial ecology*, 53: 69-81.
- Fulazzaky MA, Akil AH (2009). Development of Data and Information Centre System to Improve Water Resources Management in Indonesia. *Water Resources Management*, 23(6): 1055-1066.
- Gajewski A, Chróst RJ (1995). Microbial enzyme activities and phytoplankton and bacterial production in pelagial of the Great Mazurian Lakes (North-Eastern Poland) during summer stratification. *Polish Journal of Ecology*, 43(3-4): 245-265.
- Gajin S, Gantar M, Bokorov M, Erbeznik M (1988). Dominantna mikroflora površinskih voda. 4-ti Kongres Ekolog Jugoslavije, Zbornik radova, 508 str.
- Gajin S, Gantar M, Petrović O, Matavulj M (1991a). Akumulacija Sot - bakterioplankton. Vode Vojvodine. Godišnjak vodoprivrede Vojvodine. Novi Sad, 25-27.
- Gajin S, Gantar M, Petrović O, Matavulj M (1991b). Akumulacija Palić - bakterioplankton. Vode Vojvodine. Godišnjak vodoprivrede Vojvodine. Novi Sad, 57-60.
- Gajin S, Gantar M, Petrović O, Matavulj M (1991c). Akumulacija Ludoš - bakterioplankton. Vode Vojvodine. Godišnjak vodoprivrede Vojvodine. Novi Sad, 75-77.
- Gajin S, Gantar M, Petrović O, Matavulj M (1991d). Akumulacija Zobnatica - bakterioplankton. Vode Vojvodine. Godišnjak vodoprivrede Vojvodine. Novi Sad, 42-43.
- Gajin S, Matavulj M, Petrović O, Gantar M, Obreht Z, Radnović D (1990). Rezultati višegodišnjih mikrobioloških ispitivanja vode u akumulaciji Borkovac. Konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda. Srpsko društvo za zaštitu voda. Zbornik radova, 25-27.

- Gameson ALH, Saxon JR (1967). Field studies on effect of daylight on mortality of coliform bacteria. *Water Research*, 1: 279-295.
- Ganoulis J (2009). *Risk Analysis of Water Pollution: Second, Revised and Expanded Edition*. WILEY-VCH Verlag GmbH and Co. KgaA, Weinheim, 311 pp.
- George I, Anzil A, Servais P, (2004). Quantification of fecal coliform inputs to aquatic systems through soil leaching. *Water Research*, 38: 611-618.
- Gergel S, Turner M, Kratz T (1999). Dissolved Organic Carbon as an Indicator of the Scale of Watershed Influence on Lakes and Rivers. *Ecological Applications*, 9(4): 1377-1390.
- Gergel S, Turner M, Miller J, Melack J, Stanley E (2002). Landscape indicators of human impacts to riverine systems. *Aquatic Sciences*, 64(2): 118-128.
- Godlewska-Lipowa W (1974). Heterotrophic activity of bacterial microflora in Mazurian lakes of various trophic level. *Polish Archives of Hydrobiology*, 21: 51-58.
- Goosen NK, Rijswijk P, Brockmann U (1995). Comparison of heterotrophic bacterial production rates in early spring in the turbid estuaries of the Scheldt and the Elbe. *Hydrobiologia* 311: 31-42.
- Gorunescu F (2011). *Data Mining: Concepts, Models and Techniques*. Intelligent Systems Reference Library, Springer - Verlag Berlin Heidelberg,.
- Govindaraju RS (2000). Artificial neural network in hydrology. II: Hydrologic application, ASCE task committee application of artificial neural networks in hydrology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 5: 124-137.
- Han J, Kamber M (2000). *Data Mining: Concepts und Techniques*, Morgan Kaufmann Publishers.
- Han J, Kamber M, Pei J (2010). *Data mining: concepts and techniques*. 3rd ed., Elsevier Inc., 327-349.
- Hart D (2008). *Microsoft Office 2007 Business Intelligence*, McGraw-Hill.
- Harvey HR, Dyda RY, Kirchman DL (2006). Impact of DOM composition on bacterial lipids & community structure in estuaries. *Aquatic Microbial Ecology*, 42: 105-117.
- Haukka K, Kolmonen E, Hyder R, Hietala J, Vakkilainen K, Kairesalo T, Haario H, Sivonen K (2006). Effect of nutrient loading on bacterioplankton community composition in lake mesocosms. *Microbial Ecology*, 51: 137-146.
- He L-ML, He Z-L (2008). Water quality prediction of marine recreational beaches receiving watershed baseflow and stormwater runoff in southern California, USA. *Water Research* 42(10-11): 2563-2573
- Heinänen A (1992). Bacterioplankton in a subarctic estuary: the Gulf of Bothnia (Baltic Sea). *Marine Ecology Progress Series*, 86: 123-131.
- Helmke E, Weyland H (1991). Effect of temperature on extracellular enzymes occurring in permanently cold marine environments. *Kieler Meeresforschungen. Sonderheft*. 8: 198-204.
- Herbert RA (1999). Nitrogen cycling in coastal marine ecosystems. *FEMS Microbiology Reviews*, 23(5): 563-590.

- Hesselsøe AM (2001). Ammonia-oxidizing bacteria and nitrification in soil. Ph. D. thesis, Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark.
- Hietala J, Vakkilainen K, Kairesalo T, (2004). Community resistance and change to nutrient enrichment and fish manipulation in a vegetated lake littoral. *Freshwater Biology* 49: 1525-1537;
- Hong H, Qiu J, Liang Y (2010) Environmental Factors Influencing the Distribution of Total and Fecal Coliform Bacteria in Six Water Storage Reservoirs in the Pearl River Delta Region, China. *Journal of Environmental Sciences*, 22(5): 663-668.
- Hoppe HG, Schramm W, Bacold P (1988). Spatial and temporal distribution of pelagic microorganisms and their proteolytic activity outer a partly destroyed coral reef. *Marine Ecology Progress Series*, 44: 95-102.
- Howling D (1989). Mechanisms of starch enzymolysis. *International Biodeterioration*, 25(1-3): 15-19.
- Idakwo PY, Abu GO (2004). Distribution and Statistical analysis of bacteria in Lake Alau in the arid northern Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 8(1): 5-9.
- Imberger J (2004). A lake diagnostic system for managing lakes and reservoirs. *Water resources impact*, 6(1): 7-10.
- Iscen CF, Emiroglu Ö, Ilhan S, Arslan N, Yilmaz V, Ahiska S (2008). Application of multivariate stastical techniques in the assessment of surface water quality in Uluabat lake, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 144: 269-276.
- Ishida Y, Kadota H (1981). Growth patterns and substrate requirements of naturally occurring obligate oligotrophs. *Microbial Ecology*, 7: 123-130.
- Iwamoto T, Tani K, Nakamura K, Suzuki Y, Kitagawa M, Eguchi M, Nasu M (2000). Monitoring impact of in situ biostimulation treatment on groundwater bacterial community by DGGE. *FEMS Microbiology Ecology*, 32: 129-141.
- Janković M (1965). Limnološka ispitivanja baražnog jezera kod Grošnice. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, 322 strp.
- Jegatheesan V, Kastl G, Fisher I, Chandy J, Angles M (2004). Modelling bacterial growth in drinking water: effect of nutrients. *American Water Works Association*, 96 (5): 129-141.
- Jones JR, Knowlton MF, Obrecht DV, Cook EA (2004). Importance of landscape variables and morphology on nutrients in Missouri reservoirs. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61: 1503-1512.
- Jørgensen SE (2003). The application of models to find the relevance of residence time in lake and reservoir management. *Journal of Limnology*, 62(1): 16-20.
- Jørgensen SE, Löffler H, Rast W, Straškraba M (2005a). *Lake and Reservoir Management, Developments in Water Sciences*, 54: 1-502.
- Jørgensen SE, Xu F-L, Costanza R (2005b). *Handbook of Ecological Indicators for the Assessment of Ecosystem Health*, Elsevier, New York, 464 pp.

- Juhna T, Birzniece D, Rubulis J (2007). Effect of phosphorus on survival of *Escherichia coli* in drinking water biofilms. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(11): 3755-3758.
- Kapustina L (1999). Recent dynamics of bacterioplankton in Lake Ladoga. *Boreal environment research*, 4: 263-267.
- Karadžić V, Natić D, Subakov-Simić G, Krizmanić J (2008). Kvalitet vode akumulacije Kruščica. Konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda. Srpsko društvo za zaštitu voda. Zbornik radova, 141-146.
- Karner M, Fuks D, Herndel GJ (1992). Bacterial activity along a trophic gradient. *Microbial Ecology*, 24: 243-257.
- Karunanithi N, Grenney WJ, Whitley D, Bovee K (1994). Neural networks for river flow prediction. *Journal of Computing in Civil Engineering (ASCE)*, 8: 210-220.
- Kashefipour SM, Lin B, Falconer RA (2005). Neural networks for predicting seawater bacterial levels. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Water Management*, 158(3):111-118.
- Kazemi Yazdi S, Scholz M (2010). Assessing Storm Water Detention Systems Treating Road Runoff with an Artificial Neural Network Predicting Fecal Indicator Organisms. *Water Air and Soil Pollution*, 206(1-4): 35-47.
- Kent AD, Yannarell AC, Rusak JA, Triplett EW, McMahon KD (2007). Synchrony in aquatic microbial community dynamics. *The International Society for microbial Ecology Journal (ISME)*, 1: 38-47.
- Kerstein KO (1991). Annual variation of bacterial number, production and activity in central Kiel Bight. *Kieler Meeresforschungen. Sonderheft.*, 8: 8-13.
- Kiel RG, Kirchman DL (1993). Dissolved combined amino acids: chemical form and utilization by marine bacteria. *Limnology and Oceanography*, 38: 1256-1270.
- Kim M, Choi CY, Gerba CP (2008). Source tracking of microbial intrusion in water systems using artificial neural networks. *Water Research*, 42(4-5): 1308-1314.
- Kim SJ, Hoppe HG (1986). Microbial extracellular enzyme detection on agar by means of fluorogenic methylumbelliferyl substrates. *Actes de Colloques*, 3: 175-183.
- Kirchman DL, Dittel AI, Stuart E, Findlay G, Fischer D (2004). Changes in bacterial activity and community structure in response to dissolved organic matter in the Hudson River, New York. *Aquatic Microbial Ecology*, 35: 243-257.
- Kirchman DL, Rich JH (1997). Regulation of bacterial growth rates by dissolved organic carbon and temperature in the equatorial Pacific Ocean. *Microbial Ecology*, 33: 11-20.
- Kistemann T, Claen T, Koch C, Dangendorf F, Fischeder R, Gebel J (2002). Microbial load of drinking water reservoir tributaries during extreme rainfall and runoff. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(5): 2188-2197.
- Klimowicz H (1973). Bacterie w wodzie i sciekach oraz w urzadzeniach do oczyszczannia sciekow-
Bakterie v vode, stoných vodach, a takže v ustrojstvach dlja ocistki stoných vod. *Gaz, Woda i Technika Sanitaria*, 47: 418-421.

- Kling GW, Kipphut GW, Miller MM, O'Brien WJ (2000). Integration of lakes and streams in a landscape perspective: the importance of material processing on spatial patterns and temporal coherence. *Freshwater Biology*, 43: 477-497.
- Kondrat'ev SA, Ul'yanova TYu, Moiseenkov AI, Izmailova AV, Shkrebets AE (2006). Information Support for Studying Water Resources of Lake Ladoga and Its Basin. *Water Resources*, 33(5): 494-498.
- Kooij van der D, Hijnen WA (1985). Determination on the concentration of maltose and starch-like compounds in drinking water by growth measurements with a well-defined strains of a Flavobacterium species. *Appl Environmental of Microbiology*. 49(4): 765-771.
- Kratz TK, Soranno PA, Baines SB, Benson BJ, Magnuson JJ, Frost TM, Lathrop RC (1998). Inter-annual synchronous dynamics in north temperate lakes in Wisconsin, USA. In: George DG, Jones JC, Punochar P, Reynolds DS, Sutcliffe DW (eds) *Management of Lakes and Reservoirs during Global Climate Change*. Kluwer Academic Publishers: The Netherlands, 273-287.
- Krstulović N, Solić M (1988). Distribution of proteolytic, amylolytic and lipolytic bacteria in Kastela Bay. *Acta Adria*, 29: 75-83.
- Kumar P, Alameda J, Bajesy P, Folk M, Markus M (2006). *Hydroinformatics: Data Integrative Approaches in Computation. Analysis and Modeling*. CRC Press, 534 pp.
- Laird GA, Scavia D (1990). Distribution of labile dissolved organic carbon in Lake Michigan. *Limnology and Oceanography*, 35(2): 443-447.
- Li C, Yuan HL, Huang HZ (2005). Vertical distribution of phosphorus and P-dissolving/decomposing bacteria in the sediment of Guanting reservoir. *Science in China Series D (Earth Sciences)*, 48: 285-294.
- Lin B, Syed M, Falconer RA (2008). Predicting faecal indicator levels in estuarine receiving waters- An integrated hydrodynamic and ANN modelling approach. *Environmental Modelling and Software*, 23(6): 729-740.
- Lindström ES (2000). Bacterioplankton community composition in five lakes differing in trophic status and humic content. *Microbial Ecology*, 40: 104-113.
- Lindström ES, Bergström AK (2005). Community composition of bacterioplankton and cell transport in lakes in two different drainage areas. *Aquatic Sciences*, 67: 210-219.
- Lindström ES, Forslund M, Algesten G, Bergström AK (2006). External control of bacterial community structure in lakes. *Limnology and Oceanography*, 51: 339-342.
- Lindström ES, Kamst-Van Agterveld MP, Zwart G (2005). Distribution of typical freshwater bacterial groups is associated with pH, temperature, and lake water retention time. *Applied and Environmental Microbiology*, 71: 8201-8206.
- Lisle J, Smith J, Edwards D, McFeters G (2004). Occurrence of Microbial Indicators and *Clostridium perfringens* in Wastewater, Water Column Samples, Sediments, Drinking Water and Weddell Seal Feces Collected at McMurdo Station, Antarctica. *Applied and Environmental Microbiology*, 70(12): 7269-7276.

- Little AG, Sjogern RB, Carson CR (1979). Measurement of proteolysis in natural waters. *Applied and Environmental Microbiology*, 37: 900-908.
- Lobova TI, Lankin YuP, Popova LYu (2007). Assessing the Anthropogenic Impact on Lake Shira from Antibiotic Resistance of Heterotrophic Bacteria by Neural Networks Methods. *Mikrobiologiya*, 76(2): 263-270.
- Lokoska L (1996). Presence of some physiological groups of bacteria in the water of Lake Ohrid as bioindicators of pollution from the effluents of rivers Koselska and Velgoska. 5. Kongres ekologija Jugoslavije, Beograd, 105 str.
- Lokoska L (2004). Microbiological and physicochemical investigations of Lake Ohrid during 2003. Balwois Conference on water observation and information system for decision support, Ohrid. http://www.balwois.com/balwois/administration/full_paper/ffp-6p-142.pdf
- Lokoska L (2006). Microbiological water quality of Lake Prespa and its tributaries. BALWOIS / Conference on Water Observation and Information System for Decision Support. Ohrid. http://www.balwois.com/balwois/administration/full_paper/ffp-737.pdf
- Lokoska L, Novevska V (2005). Microbiological investigation of Ohrid and Prespa Lakes and their tributaries. *Limnological investigations of Ohrid and Prespa Lakes*, 384: 44-64.
- Lokoska L, Novevska V (2008). Microbiological Investigations Of Some Surface Springs Around Lake Ohrid And Subaquatic Springs At Kalista, During December 2005 - December 2006. BALWOIS / Conference on Water Observation and Information System for Decision Support. Ohrid. http://www.balwois.com/balwois/administration/full_paper/ffp-1205.pdf
- Lolić S, Vuković D, Dekić R, Maksimović T, Matavulj M (2009). Kvalitet vode vojnog jezera na Manjači na osnovu mikrobioloških parametara. 38 Konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda. Zbornik radova, 117-122.
- MacLennan J, Tang ZH, Crivat B (2010). *Data Mining with Microsoft SQL Server 2008*, Wiley Publishing, Inc, 291-318.
- Magnuson JJ, Benson BJ, Kratz TK, (1990). Temporal Coherence in the Limnology of a Suite of Lakes in Wisconsin, USA. *Freshwater Biology*, 23: 145-159.
- Magnuson JJ, Webster KE, Assel RA, Bowser CJ, Dillon PJ, Eaton JG, Evans HE, Fee EJ, Hall RI, Mortsch LR, Schindler DW, Quinn FH (1997). Potential Effects of Climate Changes on Aquatic Systems: Laurentian Great Lakes and Precambrian Shield Region. *Hydrological Process*, 11: 825-871.
- Mahloch JL (1974). Comparative Analysis of Modeling Techniques for Coliform Organisms in Streams. *Applied Microbiology*, 27(2): 340-345.
- Maier HR, Dandy GC (1996). The use of artificial neural networks for the prediction of water quality parameters. *Water Resources Research*, 32(4): 1013-1022.
- Maier HR., Dandy GC (2000). Neural networks for the prediction and forecasting of water resources variables: a review of modeling issues and applications. *Environmental Modelling and Software*, 15(1): 101-124.

- Martin SL, Soranno PA (2006). Lake landscape position: relationships to hydrologic connectivity and landscape features, *Limnology and Oceanography*, 51: 801-814.
- Mas DML, Ahlfeld DP (2007). Comparing artificial neural networks and regression models for predicting faecal coliform concentrations. *Hydrological Sciences - Journal - des Sciences Hydrologiques*, 52(6): 713-731.
- Matavulj M (1986). Nespecifične fosfomonoestar-hidrolaze mikroorganizama i njihov značaj u kruženju fosfora u akvatičnim sredinama. Doktorska disertacija, PMF Sveučilište Zagreb, 181 str.
- Matavulj M, Grubor G, Palanački V (1978). Aktivnost ekstracelularnih fosfo-monoestar hidrolaza u alkalnoj, kiseloj i neutralnoj sredini kod nekih heterotrofnih bakterija izolovanih iz Dunava. *Mikrobiologija*, 15(1): 49-57.
- Matavulj M, Palanački V, Ristić O (1976). Fosfatazna aktivnost heterotrofnih bakterija iz rečne i morske vode. *Mikrobiologija*, 13(1): 89-95.
- Maurin N, Amblard C, Bourdier G (1997). Phytoplanktonic excretion and bacterial reassimilation in an oligomesotrophic lake: molecular weight fractionation. *Journal of Plankton Research*, 19: 1045-1068.
- May R, Dandy G, Maier H, Nixon J (2008). Application of partial mutual information variable selection to ANN forecasting of water quality in water distribution systems. *Environmental Modelling and Software*, 23 (10-11): 1289-1299.
- McCambridge J, McMeekin TA (1984). Effect of solar radiation and predacious microorganisms on survival of fecal and other bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 41: 1083-1087.
- McCoy JH (1971). Sewage pollution of natural waters. In: Sykes G, Skinner FA (eds) *Microbiological aspects of pollution*. Academic Press, London.
- Medema GJ, Shaw S, Waite M, Snozzi M, Morreau A, Grabow W (2003). Catchment characterization and source water quality. In: Dufour A, (ed) *Assessing Microbial Safety of Drinking Water: Improving Approaches and Methods*. WHO, OECD, London, 111-158.
- Mehaffey MH, Nash MS, Wade TG, Ebert DW, Jones KB, Rage RA (2005). Linking land cover and water quality in New York City's water supply watersheds. *Environmental Monitoring and Assessment*, 107: 29-44.
- Menshutkin VV, Filatov NN, Potakhin MS (2009a). "Karelian Lakes" Expert System: 1. Ordinal and Nominal Characteristics of Lakes, *Water Resources*, 36(2): 148-159.
- Menshutkin VV, Filatov NN, Potakhin MS (2009b). "Karelian Lakes" Expert System: 2. Classification of Lakes. *Water Resources*, 36(3): 284-295.
- Meyer-Reil LA (1987). Seasonal and spatial distribution of extracellular enzymatic activities and microbial incorporation of dissolved organic substrates in marine sediments. *Applied and Environmental Microbiology*, 53: 1748-1755.

- Milenković N, Popović L, Janać M (2005). Rezultati jednogodišnjeg ispitivanja kvaliteta vode akumulacije Zavoj. Konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda. Srpsko društvo za zaštitu voda. Zbornik radova, 201-206.
- Milojević M (1994). Neka iskustva stečena tokom sedam godina aeracije akumulacije Gruža. Konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda. Srpsko društvo za zaštitu voda. Zbornik radova, 111-120.
- Milojević M, Ljubisavljević D, Đukić A (1995). Merenja pogonskih karakteristika hipolimnetičkog aeratora na akumulaciji Gruža. Konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda. Srpsko društvo za zaštitu voda. Zbornik radova, 150-154.
- Milošević S (1999). Dinamika zajednica mikroorganizama u Grošničkom jezeru. Magistarska teza. Univerzitet u Kragujevcu, PMF. 114 str.
- Miljanović B, Đukić N, Pujin V, Ivanc A, Živić N, Milenković P, Nakić S (2005). Fizičko-hemijski i biološki parametri u oceni stanja kvaliteta vode akumulacije "Bovan". Konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda. Srpsko društvo za zaštitu voda. Zbornik radova, 213-218.
- Miljković D, Lukić D, Milenković P, Božinović S, Zlatković S, Gotović D (2004). Kvalitet vode sa plaža akumulacije "Borsko jezero". Konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda. Srpsko društvo za zaštitu voda. Zbornik radova, 129-134.
- Mitreski K, Koneski, Z, Naumov N, Davcev D, (2004). Web - Based Information System for Pollution Monitoring of Lake Ohrid. Water, Air and Soil Pollution: Focus, 4(4-5): 189-199.
- Moaledj K, Overbeck J (1980). Studies on uptake kinetics of oligotrophic bacteria. Archives of Hydrobiology, 93: 284 – 302.
- Moe J, Dudley B, Ptacnik R (2008). REBECCA databases: experiences from compilation and analyses of monitoring data from 5,000 lakes in 20 European countries. Aquatic Ecology, 42(2): 183-201.
- Mudryk Z, Donderski W (1997). The occurrence of heterotrophic bacteria decomposing some macromolecular compounds in shallow estuarine lakes Kufel. In: Prejs A, Rybak JI (eds), Shallow Lakes '95. Hydrobiologia, 342/343: 71-78.
- Mundy J, Thornthwaite W, Kimball R (2011). The Microsoft Data Warehouse Toolkit: With SQL Server 2008 R2 and the Microsoft Business Intelligence Toolset. Wiley Publishing, Inc., 29-78.
- Murrell MC (2003). Bacterioplankton dynamics in a subtropical estuary: evidence for substrate limitation. Aquatic Microbial Ecology, 32: 239-250.
- Naiburg E, Maksimchuk R (2001). UML for Database Design, Addison Wesley.
- Neelakantan T, Brion GM, Lingireddy S (2001). Neural network modeling of *Cryptosporidium* and *Giardia* concentrations in the Delaware river. Water Science and Technology, 43(12): 125-132.

- Novevska V (2006). Facultative oligotrophic bacteria as a indicator of the trophic state of Lake Ohrid. BALWOIS / Conference on Water Observation and Information System for Decision Support. Ohrid. http://www.balwois.com/balwois/administration/full_paper/ffp-1205.pdf
- Novevska V, Lokoska L (2009). Water state of lake Prespa from microbiological aspect. Biotechnology and Biotechnological Equipment 23(2): 422-425.
- Novevska V, Naumoski T (2002). Review of the water quality in some areas of the litoral region of Lake Ohrid. 2nd International conference, Sustainable management of transboundary waters in Europe. Com Graph, Szezecin, Poland, Lectures and Posters: 505-509.
- Obradović V (2005). Mikrobiološka ispitivanja vode Zavojskog jezera i većih pritoka. Konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda. Srpsko društvo za zaštitu voda. Zbornik radova, 195-200.
- Ogwueleka TC, Ogwueleka FN (2010). Data mining application in predicting *Cryptosporidium* spp. oocysts and *Giardia* spp. cysts concentrations in rivers. Journal Of Engineering Science and Technology, 5(3): 342-349.
- Ostojić A (2000). Upporedna ekološka studija zooplanktona akumulacija Grošnica i Gruža. Doktorska disertacija. Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, 186 str.
- Ostojić A (2008). Zooplankton akumulacionih jezera Grošnica i Gruža. Monografija. Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac, 139 str.
- Ostojić A, Ćurčić S, Čomić Lj, Topuzović M (2005). Estimate of the eutrophication process in the Gruža reservoir (Serbia and Montenegro). Acta Hydrochimica et Hydrobiologica, 33:605-613.
- Pace NR (1997). A molecular view of microbial diversity and the biosphere. Science, 276: 734-740.
- Palani S, Liong S, Tkalic P (2008). An ANN application for water quality forecasting. Marine Pollution Bulletin, 56: 1586-1597.
- Parinet B, Lhote A, Legube B (2004). Principal component analysis: an appropriate tool for water quality evaluation and management - application to a tropical lake system. Ecological Modelling, 178: 295-311.
- Park S-Y, Choi JH, Wang S, Park SS (2006). Design of a water quality monitoring network in a large river system using the genetic algorithm. Ecological modelling, 199: 289-297.
- Peng X, Fanxiang K, Huansheng C, Min Z (2007). Relationship between bacterioplankton and phytoplankton community dynamics during late spring and early summer in Lake Taihu, China. Acta Ecologica Sinica, 27(5): 1696-1702.
- Petković S, Bogdanović B (1995). Ugroženost akumulacija erozijom i nanosom. Simpozijum "Akumulacije kao izvorišta za vodosnabdevanje vodom", Leskovac. Zbornik radova, 71-76.
- Petrović O, Gajin S, Matavulj M, Radnović D, Svirčev Z (1998). Mikrobiološko ispitivanje kvaliteta površinskih voda. Institut za biologiju, Novi sad, 122 str.
- Petrycka H, Mrozowska J, Kasza H (1990). Changes in bacterial microflora against the background of increasing eutrophication Goczałkowice Reservoir, southern Poland. Acta Hydrobiologica, 32: 55-66.

- Pinhassi J, Montserrat Sala M, Havskum H, Peters F, Guadayol Ò, Malits A, Marrasé C (2004). Changes in bacterioplankton composition under different phytoplankton regimens. *Applied and Environmental Microbiology*, 70: 6753-6766.
- Poindexter JS (1981). Oligotrophy. Fast and famine existence. In: Alexander M (ed) *Microbial ecology*, Vol 5. Plenum Publishing Corp, New York.
- Pomeroy LR, Wiebe WJ (2001). Temperature and substrates as interactive limiting factors for marine heterotrophic bacteria. *Aquatic Microbial Ecology*, 23: 187-204.
- Prieur D (1989). Preliminary study of heterotrophic bacterial communities in water intervertebrates from deep sea hydrothermal vents. *Proc. 21th EMBS Gdańsk*, 393-401.
- Prinčič A, Mahne I, Megušar F, Paul AE, Tiedje MJ (1998). Effects of pH and Oxygen and Ammonium Concentrations on the Community Structure of Nitrifying Bacteria from Wastewater. *Applied and Environmental Microbiology*, 64(10): 3584-3590.
- Radojević I (2007). Stvaranje informatičke osnove za praćenje kvaliteta akumulacionih jezera Srbije na osnovu mikrobioloških pokazatelja, Magistarska teza, Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno matematički fakultet, 145 str.
- Radojević I, Čomić Lj, Spasojević D, Ostojić A (2008b). Informacioni sistem - SeLaR, monitoring, zaštita i menadžment akumulacija u Srbiji. Naučno - stručni skup o prirodnim vrednostima i zaštiti životne sredine Ekološka istina. *Zbornik radova*, 399-402.
- Radojević I, Stefanović D, Čomić Lj, Nikolić N (2007). Database - Serbian Lakes and Reservoirs - SeLaR. *Kragujevac Journal of Sciences*, 29: 85-90.
- Radojević I, Stefanović D, Čomić Lj, Ostojić A (2008a). Information system of lakes and reservoirs of the Serbia - SeLaR. *Kragujevac Journal of Sciences*, 30: 81-98.
- Radojević ID, Stefanović DM, Čomić LjR, Ostojić AM, Topuzović MD, Stefanović ND (2012). Total coliforms and data mining as a tool in water quality monitoring. *African Journal of Microbiology Research*, 6(10): 2346-2356.
- Ranković V, Radulović J, Radojević I, Ostojić A, Čomić Lj (2010). Neural network modeling of dissolved oxygen in the Gruža reservoir, Srbija. *Ecological modelling*, 221: 1239-1244.
- Ranković V, Radulović J, Radojević I, Ostojić A, Čomić Lj (2012). Prediction of dissolved oxygen in reservoirs using adaptive network-based fuzzy inference system. *Journal of Hydroinformatics*, 14(1): 167-179.
- Raymond PA, Bauer JE (2000). Bacterial consumption of DOC during transport through a temperate estuary. *Aquatic Microbial Ecology*, 22: 1-12.
- Reckhow K (1994). Water quality simulation modeling and uncertainty analysis for risk assessment and decision making. *Ecological Modelling*, 72(1-2): 1-20.
- Riemann B (1983). Biomass and production of phyto-bacterioplankton in eutrophic Lake Tystrup, Denmark. *Freshwater Biology*, 13: 389-398.

- Riera JL, Magnuson JJ, Kratz TK, Webster KE (2000). A geomorphic template for the analysis of lake districts applied to the Northern Highland Lake District, Wisconsin, USA. *Freshwater Biology*, 43: 301-318.
- Ristanović B (1974). Populacija bakterija u Skadarskom jezeru. *Glasnik Republičkog Zavoda Zaštite prirode - Prirodnjačkog muzeja, Titograd*, 7: 37-48.
- Roehl E, Cook J (2010). Effects of Nonpoint Source Marsh Loading on Complex Estuaries. NEIWPCC, Conference on Nonpoint Source Loading, Plymouth, MA. [www.neiwpcc.org/npsconference/10-presentations/Cook%20-%20NPS%20Complex%20Estuaries%20\(ppt\).pdf](http://www.neiwpcc.org/npsconference/10-presentations/Cook%20-%20NPS%20Complex%20Estuaries%20(ppt).pdf)
- Rompré A, Servais P, Baudart J, de-Robine MR, Laurent P (2002). Detection and enumeration of coliforms in drinking water: Current methods and emerging approaches. *Journal of Microbiological Method*, 49(1): 31-54.
- Rooney-Varga JN, Giewat MW, Savin MC, Sood S, LeGresley M, Martin JL (2005). Links between phytoplankton and bacterial community dynamics in a coastal marine environment. *Microbial Ecology*, 49: 163-175.
- Roy R, Knowles R, Charlton NM (1996). Nitrification and methane oxidation at the sediment surface in Hamilton Harbour (Lake Ontario). *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences*, 53: 2466-2472.
- Rumelhart DE, Hinton GE, Williams RJ (1986). Learning representations by back-propagating errors. *Nature*, 323(6088): 533-536.
- Saava A (1985). First periodic assessment of the state of the marine environment of the Baltic Sea area, 1980-1985. *Baltic Sea Environment Proceedings*, 17A. www.helcom.fi/stc/files/Publications/Proceedings/bsep17a.pdf.
- Saether O (1979). Chironomid Communities as Water Quality Indicators. *Holarctic Ecology*, 2(2): 65-74.
- Saffran K (2001). Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life, CCME Water quality Index 1,0, User`s manual. Excerpt from Publication, 1299.
- Salles JF, Van Elsas JD, Van Veen JA (2006). Effect of agricultural management regime on Burkholderia community structure in soil. *Microbial Ecology*, 52: 267-279.
- Sanders RW, Caron DA, Berninger UG (1992). Relationship between bacteria and heterotrophic nanoplankton in marine and freshwaters: an inter - ecosystem comparison. *Marine Ecology Progress Series*, 86: 1-14.
- Sapp M, Wichels A, Wiltshire KH, Gerds G (2007). Bacterial community dynamics during the winter – spring transition in the North Sea. *FEMS Microbiology Ecology*, 59: 622-637.
- Schlosser I, Karr J (1981). Riparian Vegetation and Channel Morphology Impact on Spatial Patterns of Water Quality in Agricultural Watersheds. *Environmental Management*, 5(3): 233-243.
- Schryver JC, Brandt CC, Pfiffner SM, Palumbo AV, Peacock AD, White DC, McKinley JP, Long PE (2006). Application of Nonlinear Analysis Methods for Identifying Relationships Between

- Microbial Community Structure and Groundwater Geochemistry. *Microbial Ecology*, 51: 177-188.
- Shapiro J (1990). Current beliefs regarding dominance by blue-greens: the case for the importance of CO₂ and pH. *Verhandlungen der internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 24: 38-54.
- Shiah FK, Ducklow HW (1994). Temperature and substrate regulation of bacterial abundance, production and specific growth-rate in Chesapeake Bay, USA. *Marine Ecology Progress Series*, 103: 297-308.
- Simeonov V, Einax JW, Stanimirova I, Kraft J (2002). Environmetric modeling and interpretation of river water monitoring data. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 374: 898-905.
- Simić O (1973). Sezonska dinamika azotofiksatora i celulozizatora u vodi i sedimentima Dunava. *Archives of Biological Sciences*, 25(3-4): 167-175.
- Simon M, Grossart H-P, Schweitzer B, Ploug H (2002). Microbial ecology of organic aggregates in aquatic Ecosystems. *Aquatic Microbial Ecology*, 28: 175-211.
- Simon M, Tilzer MM (1987). Bacterial response to seasonal changes in primary production and phytoplankton biomass in Lake Constance. *Journal of Plankton Research*, 9(3): 535-552.
- Singh KP, Basant A, Malik A, Jain G (2009). Artificial neural network modeling of the river water quality - a case study. *Ecological Modelling*, 220(6): 888-895.
- Singh KP, Malik A, Mohan D, Sinha S (2004). Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India) - a case study. *Water Research*, 38: 3980-3992.
- Sipkoska-Gastarova B, Atanasova-Pancevska N, Kungulovski Dz, Kungulovski I (2008). Presence of nitrogen cycle bacteria in the water of Strezevo reservoir. BALWOIS / Conference on Water Observation and Information System for Decision Support. Ohrid. http://www.balwois.com/balwois/administration/full_paper/ffp-877.pdf
- Skórczewski P, Mudryk ZJ (2005). Physiological properties of bacteria inhabiting coastal lake surface and subsurface water layers. *Baltic Coastal Zone*, 9: 43-52.
- Smith M (1994). *Neural Networks for Statistical Modelling*. Van Nostrand Reinhold, NY, 235 pp.
- Sommaruga R, Conde D (1997). Seasonal variability of metabolically active bacterioplankton in the euphotic zone of a hypertrophic lake. *Aquatic Microbial Ecology*, 13: 241-248.
- Somville M (1984). Measurement and study of substrate specificity of exoglucosidase activity in eutrophic water. *Applied and Environmental Microbiology*, 48: 1181-1185.
- Soranno PA, Cheruvilil KS, Stevenson RJ, Rollins SL, Holden SW, Heaton S, Torng E (2008). A framework for developing ecosystem - specific nutrient criteria: Integrating biological thresholds with predictive modeling. *Limnology and Oceanography*, 53(2): 773-787.
- Soranno PA, Hubler SL, Carpenter SR, Lathrop RC (1996). Phosphorus loads to surface waters: a simple model to account for spatial pattern of land use. *Ecological Applications*, 6: 865-78.

- Soranno PA, Webster KE, Riera JL, Kratz TK, Baron JS, Bukaveckas PA, Kling GW, White DS, Caine N, Lathrop RC, Leavitt PR (1999). Spatial variation among lakes within landscapes: ecological organization along lake chains. *Ecosystems*, 2: 395- 410.
- Staley ZR, Rohr JR, Harwood VJ (2011). Test of Direct and Indirect Effects of Agrochemicals on the Survival of Fecal Indicator Bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(24): 8765-8774.
- Stanković S (2000). Jezera Srbije - limnološka monografija. Srpsko geografsko društvo, Beograd, 167 str.
- Stefanović D, Radojević I, Čomić Lj, Ostojić A, Topuzović M, Kaplarević-Mališić A (2012). Management Information System of Lakes and Reservoirs. *Water Resources*, 39(4): 488-495.
- Stepanuskas R, Moran MA, Bergamaschi BA, Hollibaugh JT (2003). Covariance of bacterioplankton composition and environmental variables in a temperate delta system. *Aquatic Microbial Ecology*, 31:85-98.
- Stilinović B (1979). Zastupljenost nekih fizioloških grupa u površinskim vodama različite kvalitete. II Kongres ekologa Jugoslavije - poseban otisak, Zagreb.
- Stilinović B, Futač N (1984). Vertikalni raspored bakterijskih populacija u jezeru Kozjak (Nacionalni park Plitvička jezera). *Ekologija*, 19 (1): 25-30.
- Stilinović B, Futač N (1985). Zastupljenost proteolitičkih bakterija među aerobnim saprofitskim bakterijama u površinskim vodama različite kvalitete. Prvi jugoslovenski simpozijum mikrobne ekologije. Knjiga rezimea, 15-16.
- Straškraba M, Tundisi JG (1999). Guidelines of Lake Management: Reservoir Water Quality Management. ILEC. International Lake Environment Committee - Scientific Publishers, Otsu, Vol. 9, 229 pp.
- Strzelczyk E, Donderski W, Mielczarek A (1972). Studies of cultural properties of planktonic, benthic and epiphytic bacteria. *AUNC. Toruń Limnological Papers*, 7: 3-12.
- Strzelczyk E, Donderski W, Stopiński M (1976). Studies on physiological of heterotrophic bacteria isolated from water and mud three lakes. *AUNC. Toruń Limnological Papers*, 9: 27-38.
- Sugita H, Oshima K, Fushino T, Deguchi Y (1987). Substrate specificity of heterotrophic bacteria in water and sediment of carp culture pond. *Aquaculture*, 64: 39-46.
- Syed Ahmad SM, Turki MB, Malek S (2009). Intelligent Computational Modeling and Prediction of Coliform Growth in Tropical Lakes based on Hybrid Self Organizing Maps (SOM) and Fuzzy Logic Approaches. *eJCSIT Electron. Journal Computer Science Information Technology*, 1(1): 18-22.
- Tang Z, MacLennan J (2005). *Data Mining with SQL Server 2005*. Wiley Publishing, Inc.
- Timotijević V (2002). Mikrobiološki indikatori kvaliteta vode u akumulacionom jezeru Gružaprisutvo, prostorna i vremenska dinamika. Specijalistički rad, PMF, Univerzitet u Kragujevcu, 84 str.

- Tomić P, Subotin I, Gagić T (2003). Hidroakumulacije kao turistički potencijal. U: Ivanc A., Miljanović B (ur) Hidroakumulacije, multidisciplinarni pristup održivom razvoju. Monografija, Novi Sad, 313 -321.
- Tong S, Chen W (2002). Modeling the relationship between land use and surface water quality, *Journal Environmental Management*, 66(4): 377-393.
- van Hannen EJ, Mooij W, van Agterveld MP, Gons HJ, Laanbroek HJ, (1999). Detritus-dependent development of the microbial community in an experimental system: qualitative analysis by denaturing gradient gel electrophoresis. *Applied and Environmental Microbiology*, 65: 2478-2484.
- Vollenweider RA (1968). The scientific basis of lake eutrophication, with particular reference to phosphorus and nitrogen as eutrophication factors. Technical Report DAS/DSI/68.27, OECD, Paris, 159 pp.
- Ward BB, Talbot MC, Perry MJ (1984). Contributions of phytoplankton and nitrifying bacteria to ammonium and nitrate dynamics in coastal waters. *Continental Shelf Research*, 3: 383-398.
- Webster KE, Kratz TK, Bowser CJ, Magnuson JJ, Rose WJ (1996). The influence of landscape position on lake chemical responses to drought in northern Wisconsin, USA. *Limnology and Oceanography*, 41: 977-984.
- Webster KE, Soranno PA, Baines SB, Kratz TK, Bowser CJ, Dillon PJ, Campbell P, Fee EJ, Hecky RE (2000). Structuring features of lake districts: Geomorphic and landscape controls on lake chemical responses to drought. *Freshwater Biology*, 43: 499-515.
- Wetzel RG (1983). *Limnology*, WB Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto. 743 pp.
- WFD CIS (2006). Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) Guidance Document No. 7 "Monitoring under the Water Framework".
- WHO (2008). *Guidelines for Drinking Water Quality* (3rd ed., incorporating first and second addenda). World Health Organization Press, Switzerland, 1: 281-294.
- Wilhm J, Dorris T (1968). Biological Parameters for Water Quality Criteria. *BioScience*, 18(6): 477-481.
- Wilkinson J, Jenkins A, Wyer M, Kay D (1995). Modelling Faecal Coliform Dynamics in Streams and Rivers. *Water Research*, 29(3): 847-855.
- Wu QL, Zwart G, Wu J, van Agterveld K, Liu S, Hahn MW (2007). Submersed macrophytes play a key role in structuring bacterioplankton community composition in the large, shallow, subtropical Taihu Lake, China. *Environmental Microbiology*, 9: 2765-2774.
- Yannarell AC, Triplett EW (2005). Geographic and environmental sources of variation in lake bacterial community composition. *Applied and Environmental Microbiology*, 71: 227-239.
- Ying Z, Jun N, Fuyi C, Liang G (2007). Water quality forecast through application of BP neural network at Yuquiao reservoir. *Journals of Zhejiang University - Science A*, 8(9): 1482-1487.
- Youn-Joo A, Kampbellb DH, Breidenbach GP (2002). *Escherichia coli* and total coliforms in water and sediments at lake marinas. *Environmental Pollution*, 120: 771-778.

- Zdanowski MK (1977). Microbial degradation of cellulose under natural conditions. A review. Polish Archives of Hydrobiology, 24 (2): 215-225.
- Zeng J, Yang L, Du H, Xiao L, Jiang L, Wu J, Wang X (2009). Bacterioplankton community structure in a eutrophic lake in relation to water chemistry. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 25(5): 763-772.
- Zhang X, Lulla M (2006). Evaluation of Pathogenic Indicator Bacteria in Structural Best Management Practices. Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic / Hazardous Substances and Environmental Engineering, 41(11): 2483-2493.
- Zhao D, Ma T, Zeng J, Yan W, Wang J, Huang R, Wang M (2011). Effects of lake water chemistry on bacterioplankton community structures of three lakes. African Journal of Microbiology Research, 5(27): 4820-4831.
- Živanović B, Kalinović D, Todorović M (1981). Zastupljenost i sezonska dinamika nekih fizioloških grupa mikroorganizama u vodama Stare Drave i jezera Sakadaš. Mikrobiologija, 19(2): 109-120.
- Василеска А (2002). Фосфатазна активност као индикатор за екофизиолошката састојба на водата во Охридското Езеро. Магистерски труд, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", ПМФ Скопје, 155 стр.
- Локоска Л (1995). Застепеност на некои физиолошки групи бактерии во водата и седиментите на Охридското Езеро како биоиндикатори за загадувањето од инфлуентите што ги носат Коселска и Велвошка река. Магистерски труд, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", ПМФ Скопје, 139 стр.
- Локоска Л (2000). Влијането на водата од притоците врз квалитативниот состав на бактериопланктонот во Охридското Езеро. Докторска дисертација. Универзитет "Св. Кирил и Методиј", ПМФ, Скопје, 206 стр.
- Новевска В (2002). Органотрофните бактерии како показател на биолошкиот статус на Охридското Езеро. Докторска дисертација. Универзитет "Св. Кирил и Методиј", ПМФ Скопје, 206 стр.
- Рогановић С (2009). Састав и динамика заједнице микроорганизма у језеру Бован. Магистарска теза, ПМФ, Универзитет у Крагујевцу, 94 стр.
- Савић С (2001). Медицински и еколошки аспекти биомониторинга акумулације "Бован". Докторска дисертација, Медицински факултет, Универзитет у Нишу, 153 стр.

ИНТЕРНЕТ ИЗВОРИ:

www.selar.pmf.kg.ac.rs

www.sepa.gov.rs

ПРИЛОЗИ

ПУБЛИКОВАНИ РАДОВИ ИЗ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Радови објављени у међународним научним часописима категорија М20

1. Ranković V, Radulović J, **Radojević I**, Ostojić A, Čomić Lj (2010). Neural network modeling of dissolved oxygen in the Gruža reservoir, Serbia. *Ecological Modelling*, 221: 1239-1244. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2009.12.023
ISSN 0304-3800 ИФ₂₀₀₈ 2,176 М22 5 бодова
2. Ranković V, Radulović J, **Radojević I**, Ostojić A, Čomić Lj (2012). Prediction of dissolved oxygen in reservoirs using adaptive network-based fuzzy inference system. *Journal of Hydroinformatics*, 14(1): 167-179. DOI:10.2166/hydro.2011.084
ISSN 1464-7141 ИФ₂₀₁₀ 1,200 М22 5 бодова
3. Stefanović D, **Radojević I**, Čomić Lj, Ostojić A, Topuzović M, Kaplarević-Mališić A (2012). Management Information System of Lakes and Reservoirs. *Water Resources*, 39(4): 488-495. DOI: 10.1134/S0097807812040124
ISSN 0097-8078 ИФ₂₀₁₀ 0.326 М23 3 бода
4. **Radojević I**, Stefanović D, Čomić Lj, Ostojić A, Topuzović M, Stefanović N (2012). Total coliforms and data mining as a tool in water quality monitoring. *African Journal of Microbiology Research*, 6(10): 2346-2356. DOI: 10.5897/AJMR11.1346
ISSN 1996-0808 ИФ₂₀₁₀ 0,528 М23 3 бода

Референце националног нивоа

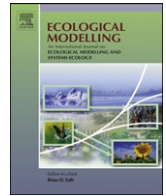
1. Čomić Lj, **Radojević I**, Ćurčić S, Ostojić A (2006). Database for Monitoring, Protection and Management of Reservoirs in Serbia. *Kragujevac Journal of Sciences*, 28: 97-106.
ISSN 1450-9636 М53 1бод
2. **Radojević I**, Stefanović D, Čomić Lj, Nikolić N (2007). Database-Serbian Lakes and Reservoirs-SeLaR. *Kragujevac Journal of Sciences*, 29: 85-90.
ISSN 1450-9636 М53 1 бод
3. **Radojević I**, Stefanović D, Čomić Lj, Ostojić A (2008). Information system of lakes and reservoirs of the Serbia-SeLaR. *Kragujevac Journal of Sciences*, 30: 81-98.
ISSN 1450-9636 М53 1бод

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (М33)

1. Čomić Lj, **Radojević I**, Ćurčić S, Ostojić A (2004). Data Base for Monitoring, Protection and Management of Reservoirs in Serbia. *BALWOIS / Conference on Water Observation and Information System for Decision Support*. Ohrid. Proceedings, 1-8. ISBN 9989-110-26-3.
Available from: http://balwois.com/balwois/info_sys

Саопштења на скуповима националног значаја штампана у целини (М63)

1. **Radojević I**, Čomić Lj, Spasojević D, Ostojić A (2008). Informacioni sistem - SeLaR, monitoring, zaštita i menadžment akumulacija u Srbiji. *Naučno - stručni skup o prirodnim vrednostima i zaštiti životne sredine, Ekološka istina, Sokobanja. Zbornik radova*, 399-402.
ISBN 978-86-80987-57-6



Neural network modeling of dissolved oxygen in the Gruža reservoir, Serbia

Vesna Ranković^{a,*}, Jasna Radulović^a, Ivana Radojević^b, Aleksandar Ostojić^b, Ljiljana Čomić^b

^a Department for Applied Mechanics and Automatic Control, Faculty of Mechanical Engineering, University of Kragujevac, 34000 Kragujevac, Sestre Janjić 6, Serbia

^b Institute of Biology and Ecology, Faculty of Science, University of Kragujevac, 34 000 Kragujevac, Radoja Domanovića 12, Serbia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 23 July 2009

Received in revised form 2 November 2009

Accepted 22 December 2009

Available online 8 February 2010

Keywords:

Feedforward neural network

Modeling

Dissolved oxygen

Reservoir

ABSTRACT

The objective of this study is to develop a feedforward neural network (FNN) model to predict the dissolved oxygen in the Gruža Reservoir, Serbia. The neural network model was developed using experimental data which are collected during a three years. The input variables of the neural network are: water pH, water temperature, chloride, total phosphate, nitrites, nitrates, ammonia, iron, manganese and electrical conductivity. Sensitivity analysis is used to determine the influence of input variables on the dependent variable. The most effective inputs are determined as pH and temperature, while nitrates, chloride and total phosphate are found to be least effective parameters. The Levenberg–Marquardt algorithm is used to train the FNN. The optimal FNN architecture was determined. The FNN architecture having 15 hidden neurons gives the best choice. Results of FNN models have been compared with the measured data on the basis of correlation coefficient (r), mean absolute error (MAE) and mean square error (MSE). Comparing the modelled values by FNN with the experimental data indicates that neural network model provides accurate results.

© 2009 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

Water quality measurements include a variety of physical, chemical, and biological parameters. Basic problem in the case of water quality monitoring is the complexity associated with analyzing the large number of variables. Different multivariate statistical techniques, such as cluster analysis (CA), principal component analysis (PCA) and factor analysis (FA) are used for the interpretation of a complex data (Iscen et al., 2008).

The concentration of dissolved oxygen (DO) is important for the healthy functioning of aquatic ecosystems, and a significant indicator of the state of aquatic ecosystems.

The dissolved oxygen levels in aquatic systems probably reveal more about their metabolism than any other single measurement. Concentrations reflect the momentary balance between oxygen supply from the atmosphere and photosynthesis on one hand, and the metabolic processes that consume oxygen on the other hand (Kalff, 2002).

It is highly desirable to create a DO model for each major reservoir so that water quality can be optimized throughout a time horizon.

Different models have been developed and used to analyze dissolved oxygen. These are grouped into two general categories: deterministic (Stefan and Fang, 1994; Stefan et al., 1995; Ansa-

Ansare et al., 2000; García et al., 2002; Hull et al., 2008; Shukla et al., 2008) and statistical/stochastic models (Boano et al., 2006).

Although the modeling of dissolved oxygen in aquatic ecosystems has been studied, many aspects of its dynamics are still unclear (Antonopoulos and Gianniou, 2003). The DO dynamics is highly nonlinear and many useful statistical theories cannot be implemented.

One of the successful soft computing methods applications is to model complex nonlinear systems. A number of authors have established that feedforward neural network (FNN), with a variety of activation functions, serve as universal approximators (Blum and Li, 1991; Hornik, 1991). The most important property of the neural network is its capability to learn from examples. ANN provides an effective tool to analysis and modeling nonlinear relationships in ecology (Lek et al., 1996).

The development and current progress of integration of various Artificial Intelligence techniques (knowledge-based system, genetic algorithm, artificial neural network, and fuzzy inference system) into water quality modeling are reviewed by Chau (2006). The artificial neural networks (ANNs) have been successfully used tools in the fields of water quality prediction and forecasting. FNN models were identified, validated and tested for the computation of DO (dissolved oxygen) (Dogan et al., 2009) and DO (dissolved oxygen) and BOD (biochemical oxygen demand) (Singh et al., 2009) of river water. Palani et al. (2008) demonstrated the application of neural network models for the prediction and forecasting of selected seawater quality variables. ANNs have been used intensively in the development of a reservoir water quality simulation

* Corresponding author. Tel.: +381 34 335 990; fax: +381 34 333 192.

E-mail addresses: vesnar@kg.ac.yu, vesnar@kg.ac.rs (V. Ranković).

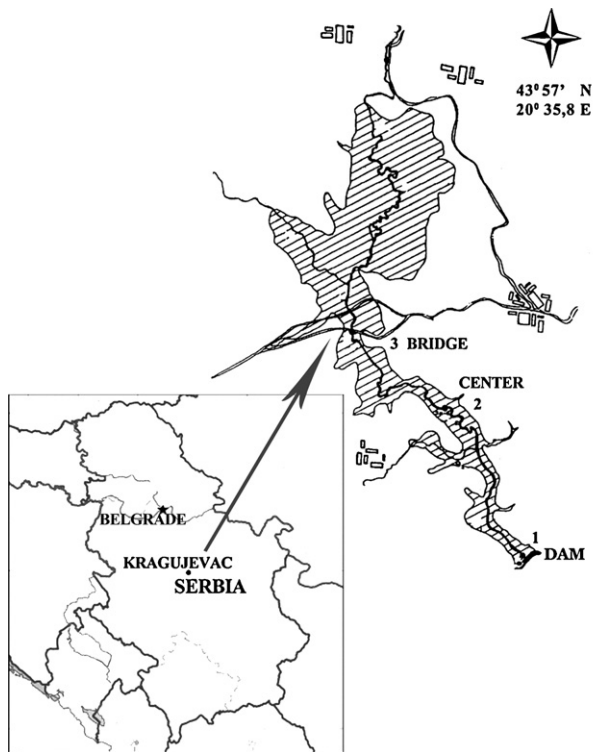


Fig. 1. The Gruža Reservoir and sampling points (1, Dam; 2, Center; 3, bridge).

model (Soyupak et al., 2003; Chaves and Kojiri, 2007; Kuo et al., 2007; Ying et al., 2007).

The aim of this paper is to construct a FNN model to predict the dissolved oxygen in the Gruža Reservoir, Serbia and demonstrate its application to identifying complex nonlinear relationships between input and output variables. The Gruža Reservoir has been chosen due to its importance in watersupply as well as its high trophic degree, which has been reached in less than twenty years. The need to create the model results from the fact that during the summer period in hypolimnion the conditions are anoxic. The proposed model may contribute to more efficient management as well as to preventive activities.

2. Materials and methods

2.1. Study area

The Gruža Reservoir was formed on the Gruža River for the purpose of supplying Kragujevac and the surrounding area with drinking water. The city of Kragujevac, Serbia, is the administrative, political, economic, educational and cultural hub of the District of Šumadija and the surrounding neighborhood districts (Fig. 1).

Construction of the dam began in 1979, and the reservoir was filled with water in 1985. It is located at an altitude of 238–269 m a.s.l., with a total water volume of $64.6 \times 10^6 \text{ m}^3$, a surface area of 934 ha, and a drainage basin of 318 km². The maximum depth of the reservoir is 31 m, and the reservoir exhibits 3–5 m water level fluctuations. It has a hydraulic residence time of 22 months. More than two-thirds of the reservoir has all the characteristics of lowland reservoirs, with shallow depth (mean depth of reservoir is 6.5 m), an unfavorable ratio of trophogenic and tropholytic layers, and banks surrounded by meadows and cultivated land. The soil upon which the accumulation lake was made contains Fe and Mn. A special characteristic is a bridge crossing the reservoir, which carries frequent motor traffic, so that considerable amounts of exhaust

fumes collect over the reservoir and enter the water by means of diffusion or with precipitation. The large surface in relation to the mean depth favors eutrophication (Ostojić et al., 2005).

The average values of trophic state parameters ($9\text{--}200 \mu\text{g L}^{-1}$ total phosphorus, $3\text{--}99 \mu\text{g L}^{-1}$ chlorophyll-a, and $0.5\text{--}2 \text{ m}$ Secchi transparency) indicate that water of the Gruža Reservoir is eutrophic according to three types of classification: Carlson (1977), OECD (1982), and Jones and Lee (1982). It is apparent that the Gruža Reservoir can be classified as a eutrophic water on the basis of total phosphorus content of chlorophyll-a and hypertrophic water with respect to transparency (Ostojić et al., 2005).

It is surrounded by farmland, and receives waste water from a number of neighbouring settlements. The reservoir exhibits thermal stratification from the end of April to the beginning of October (Comic and Ostojić, 2005).

2.2. Water quality data

The data set used in this study was generated through monitoring of the water quality of Gruža reservoir. Monthly sampling was carried out during the period from three years (2000–2003). Three permanent sampling sites were selected (Fig. 1). One was directly beside the dam, where the depth varied from 25 to 30 m, depending on the water level. The second was in the central part with a depth ranging from 14 to 17 m. The third was in the shallowest part, near the bridge, with a depth ranging from 5 to 9 m, about 200 m from its end, which is under water even when its level is lowest. Samples were collected at 3-m depth intervals during the thermal stratification period and at 5-m increments during the mixing period. For the analysis we selected 180 samples with complete data.

Physical and chemical analyses were performed using Standard Methods (APHA, 1995).

The parameters analyzed in this paper are based on variables that reflect the water quality and they can be divided into the following categories (Straškraba and Tundisi, 1999):

- water quality variables indicative of stratification which include temperature, dissolved oxygen, pH, Fe and Mn,
- water quality variables that indicate the trophic status and include total phosphorus and nitrogen,
- mineral budget: conductivity, chloride.

A data set including 180 data samples. The available set of data was divided into two sections as training and test set. In the training process of the FNN 152 samples were used. The ANN model was tested using 28 randomly selected data.

Basic statistics of the measured water quality variables in the Gruža Reservoir is presented in Table 1. The input variables of the neural networks model are denoted as x_i , $i = 1, 2, \dots, 10$ and the output as y . Measured value of the output is denoted as y_m .

3. ANN model

3.1. ANN and training algorithm

Artificial neural networks are composed of a set of simple elements, the so-called artificial neurons. These elements are inspired by biological nervous systems. The model of a neuron represented in Fig. 2.

The output of a neuron can be expressed as:

$$\text{out} = f(n) \quad (1)$$

Table 1
Basic statistics of the measured water quality variables in the Gruža Reservoir.

Variable	Unit	Min	Max	Mean	SD	CDO
x_1 – pH	–	7.13	8.96	7.8143	0.3922	0.6318
x_2 – Nitrites	mg/L	0.00	0.08	0.0116	0.0144	–0.3601
x_3 – Ammonia	mg/L	0.00	6.80	0.2622	0.5813	–0.2947
x_4 – Cl^-	mg/L	4.60	26.60	10.7006	2.5394	–0.0642
x_5 – Conductivity	$\mu\text{S}/\text{cm}$	243.00	471.00	350.5111	36.6739	–0.2515
x_6 – Fe	mg/L	0.00	1.10	0.0802	0.1246	–0.335
x_7 – Mn	mg/L	0.00	9.60	0.3253	0.7904	–0.3216
x_8 – Total P	mg/L	0.00	0.56	0.0701	0.0823	–0.2069
x_9 – Temperature	$^\circ\text{C}$	3.10	28.50	14.4133	5.4807	–0.0593
x_{10} – Nitrates	mg/L	0.00	6.80	0.5701	0.7501	0.1186
y_m – DO	mg/L	0.10	14.50	5.0146	3.5276	1.0000

SD, standard deviation; CDO, correlation with DO.

where $n = \sum_{j=1}^R \omega_j x_j + b$; x_1, x_2, \dots, x_R are the input signals; $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_R$ are the weights of neuron; b is bias value; and $f(\cdot)$ is the activation function.

The linear and sigmoid are the most common used activation functions in the construction of artificial neural networks.

Linear function has form:

$$f(n) = n \tag{2}$$

An example of the sigmoid is the logistic function, defined by:

$$f(n) = \frac{1}{1 + e^{-n}} \tag{3}$$

Also, as sigmoid function can be used hyperbolic tangent function, (Haykin, 1999):

$$f(n) = \frac{1 - e^{-n}}{1 + e^{-n}} \tag{4}$$

Models of neural networks are divided into two categories: feedforward neural networks and recurrent neural networks. Feedforward neural networks propagate data linearly from input to output and they are the most popular and most widely used models in many practical applications. Hornik (1991) showed the FNN with as few as a single hidden layer and arbitrary bounded and smooth activation functions can approximate a continuous nonlinear function.

In this paper two layer neural network shown in Fig. 3 with hyperbolic tangent neurons in the hidden layer and linear neuron in the output layer is used to approximate the dissolved oxygen.

The inputs x_1, x_2, \dots, x_R are multiplied by weights $\omega_{i,j(1)}$ and summed at each hidden neuron i . Then the summed signal $n_{i(1)} = \sum_{j=1}^R \omega_{i,j(1)} x_j + b_{i(1)}$ at a node activates a nonlinear function f_1 . The

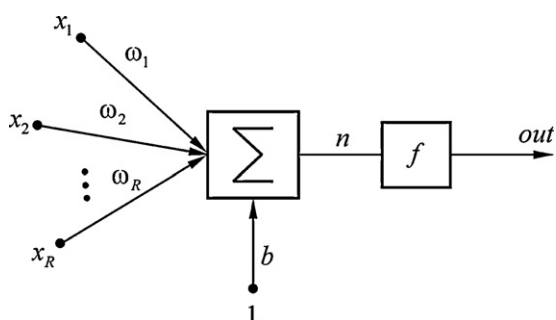


Fig. 2. Nonlinear model of a neuron.

output y at a linear output node can be calculated as:

$$y = \sum_{i=1}^z \omega_{1,i(2)} \frac{1 - e^{-\left(\sum_{j=1}^R x_j \omega_{i,j(1)} + b_{i(1)}\right)}}{1 + e^{-\left(\sum_{j=1}^R x_j \omega_{i,j(1)} + b_{i(1)}\right)}} + b_{1(2)} \tag{5}$$

where R is the number of inputs, z is the number of hidden neurons, $\omega_{i,j(1)}$ is the first layer weight between the input j and the i th hidden neuron, $\omega_{1,i(2)}$ is the second layer weight between the i th hidden neuron and output neuron, $b_{i(1)}$ is a biased weight for the i th hidden neuron and $b_{1(2)}$ is a biased weight for the output neuron.

The most popular training algorithm to update the weights and biases of a neural network is the standard backpropagation learning algorithm, also called the generalized delta rule, introduced by Rumelhart et al. (1986). The basic algorithm is a gradient descent method in which the network weights and biases are moved along the negative performance function. It has the problems of local minima and slow convergence. There are many variations of the backpropagation algorithm. In this paper it is used Levenberg–Marquardt backpropagation (Hagan and Menhaj, 1994).

The performance function is defined as:

$$E(\omega) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N (y_{mi} - y_i)^2 = \frac{1}{2} (y_m - y)^T (y_m - y) \tag{6}$$

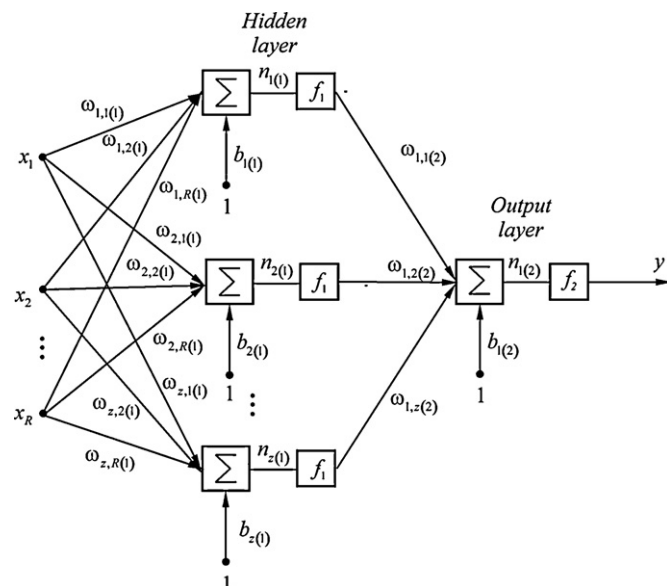


Fig. 3. Feedforward neural network with one hidden layer.

where y_i and y_{mi} denote the network output and measured value from the i th element; N is the number of elements of the training set and ω is an n -element ($n=R \cdot z + 2 \cdot z + 1$) vector that contains all weights and biases of the neural network and can be written as:

$$\omega = [\omega_{1,1(1)}, \omega_{1,2(1)}, \dots, \omega_{z,R(1)}, b_{1(1)}, b_{2(1)}, \dots, b_{z(1)}, \omega_{1,1(2)}, \omega_{1,2(2)}, \dots, \omega_{1,z(2)}, b_{1(2)}]^T \tag{7}$$

With the Levenberg–Marquardt’s method, the increment $\Delta\omega$, by minimization of E with respect to the parameter vector ω , is:

$$\Delta\omega = -(J^T J + \mu I)^{-1} \cdot J^T (y_m - y) \tag{8}$$

where J is the Jacobian matrix, I is the identity matrix and μ is an adaptive factor. When the scalar μ is zero, this is just Newton’s method. When μ is large, this becomes gradient descent with a small step size.

The Jacobian matrix is calculated as:

$$J(\omega) = \begin{bmatrix} \frac{\partial y_1}{\partial \omega_{1,1(1)}} & \dots & \frac{\partial y_1}{\partial b_{1(2)}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial y_N}{\partial \omega_{1,1(1)}} & \dots & \frac{\partial y_N}{\partial b_{1(2)}} \end{bmatrix} \tag{9}$$

3.2. Performance criteria and sensitivity analysis

The selection of an appropriate set of input variables during FNN development is important for modeling.

Created models for DO are based on different input variables. Soyupak et al. (2003), while suggesting the model for three reservoirs in Turkey, have chosen the following input variables as an input: season, distance from major source, the depth and temperature. Sengorur et al. (2006) have decided that an input would include NO₂-N, NO₃-N, temperature, flow and BOD, a Kuo et al. (2007) month, pH, chlorophyll-*a*, NH₄-N and NO₃-N. Ying et al. (2007) have chosen the following eight parameters: temperature, turbidity, pH, alkalinity, chloride, NH₄-N, NO₂-N and hardness, pointing out that each of them affects the water quality DO to a certain degree. Singh et al. (2009) proposed 11 variables: pH, total alkalinity, total hardness, total solids, COD, NH₄-N, NO₃-N, chloride, phosphate, K and Na.

The basis for modelling is the parameters used in previously mentioned models as well as the parameters characteristic for this specific reservoir (Mn and Fe). When the oxidation microzone is disturbed under anaerobic conditions in the deepest layers of a hypolimnion (a frequent occurrence during the summer months), phosphate, manganese and ferro ions are liberated from the sediment into the water (Comic and Ostojic, 2005).

Various approaches have been applied within the literature to find the relative importance and contribution of the input variables to the model output (Singh et al., 2004; May et al., 2008). In this paper the sensitivity analysis is used to determine the influence of input variables on the dependent variable (Dogan et al., 2008, 2009).

Different approaches have been suggested to conduct a sensitivity analysis. The Pearson correlation coefficient is one of the most commonly used performance in selecting proper inputs for the ANN. Correlation coefficient is defined as the degree of correlation between the experimental and modelled values:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{N_o} (y_i - \bar{y})(y_{mi} - \bar{y}_m)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N_o} (y_i - \bar{y})^2 \sum_{i=1}^{N_o} (y_{mi} - \bar{y}_m)^2}} \tag{10}$$

where y_i and y_{mi} denote the network output and measured value from the i th element; \bar{y} and \bar{y}_m denote their average respectively, and N_o represents the number of observations.

Another performance measure is mean absolute error (MAE). It is defined as:

$$MAE = \frac{1}{N_o} \sum_{i=1}^{N_o} |y_{mi} - y_i| \tag{11}$$

The mean square error (MSE) is calculated as:

$$MSE = \frac{1}{N_o} \sum_{i=1}^{N_o} (y_{mi} - y_i)^2 \tag{12}$$

The smaller values of MAE and MSE ensure the better performance.

The separate neural network model was developed for each independent input variable. Sensitivity analysis was applied to determine the most effective variable. The input variables that have the smallest effect on the performance of an ANN can be excluded from the input variables. The values of r , MAE and MSE for the training set, test set and training + test set of the each artificial neural network model are given in Table 2.

From Table 2 it can be seen that the most effective inputs are determined as pH and temperature. On the other hand, nitrates, chloride and total phosphate are found to be least effective parameters.

4. Results and discussion

In this paper the MATLAB Neural Network Toolbox is used for the implementation of the neural network. Selection of an appropriate number of neurons in the hidden layer is very important. The optimal network size was selected from the one which resulted

Table 2
Performance parameters of the artificial neural network models for sensitivity analysis.

Input		r	MAE	MSE
pH	Training	0.7824	1.7355	5.0440
	Test	0.3950	2.2054	8.3236
	Training + test	0.7436	1.8086	5.5542
Nitrites	Training	0.5154	2.4005	9.5496
	Test	0.4789	2.0746	6.8846
	Training + test	0.5121	2.3498	9.1350
Ammonia	Training	0.5935	2.1860	8.4241
	Test	0.6556	1.8245	5.1826
	Training + test	0.6005	2.1298	7.9199
Cl ⁻	Training	0.3249	2.7847	11.6314
	Test	0.2899	2.5149	8.6685
	Training + test	0.3188	2.7440	11.1845
Conductivity	Training	0.5522	2.3384	9.0391
	Test	0.4802	2.0640	8.0202
	Training + test	0.5342	2.2957	8.8806
Fe	Training	0.5239	2.4878	9.4353
	Test	0.6252	1.8575	5.2352
	Training + test	0.5389	2.3897	8.7819
Mn	Training	0.6857	1.9680	6.8897
	Test	0.7422	1.6107	4.1244
	Training + test	0.6918	1.9125	6.4595
Total P	Training	0.4835	2.4755	9.9641
	Test	0.2268	2.7503	11.0254
	Training + test	0.4365	2.5182	10.1292
Temperature	Training	0.7456	1.9530	5.7755
	Test	0.6747	1.8692	4.7445
	Training + test	0.7392	1.9400	5.6151
Nitrates	Training	0.3534	2.7939	11.3798
	Test	0.4460	2.2931	7.4002
	Training + test	0.3625	2.7160	10.7607

Table 3
Correlation coefficient for the training and test sets.

ANN structure	10-11-1	10-13-1	10-15-1	10-17-1
Training	0.8773	0.947	0.974	0.8763
Test	0.8328	0.8659	0.8738	0.8362

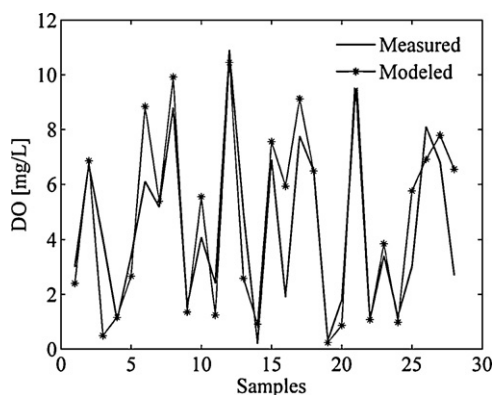


Fig. 4. The measured and modelled dissolved oxygen values in test set.

in maximum correlation coefficient for the training and test sets, [Table 3](#). Based on [Table 3](#), it was concluded that the optimal number of hidden neurons is 15. The first model included the whole set of the input variables. [Figs. 4 and 5](#) show the measured and model computed values of DO in test and training + test sets.

Comparisons of measured and ANN-modelled values of DO for the test and training + test data sets are shown in [Fig. 6a](#) and [b](#), respectively.

The respective values of MAE and MSE for the three data sets are 0.4693 and 0.6670 for training, 1.1790 and 2.7585 for test, and 0.5797 and 0.9923 for training + test set.

Total phosphate and chloride do not have a significant effect on the performance of the ANN model and can be excluded from the input variables. Another FNN model with 8 input variables has coefficient of correlation values for the training, test, training + test sets 0.9417, 0.8478 and 0.9239, respectively. The respective values of MAE and MSE for the three data sets are 0.8329 and 1.4718 for training, 1.6409 and 3.8999 for test, 0.9586 and 1.8495 for training + test set.

The results of this study can be compared with the results reported in the literature.

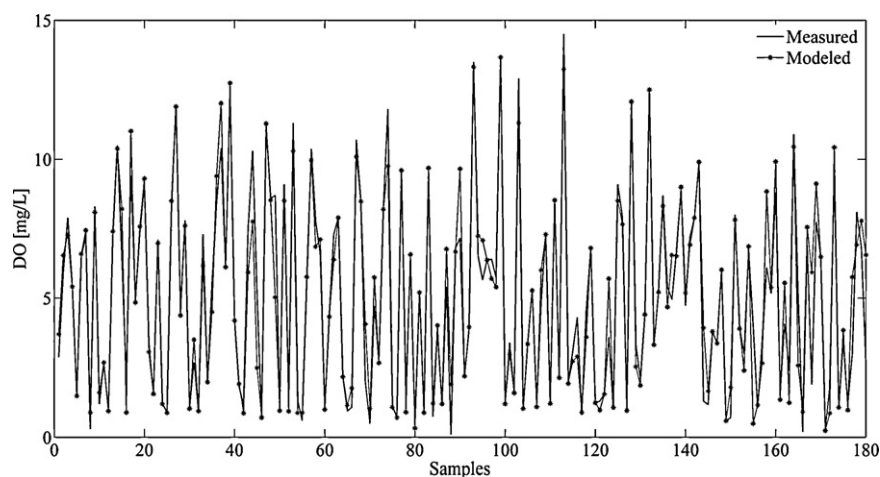


Fig. 5. The measured and modelled dissolved oxygen values in training + test set.

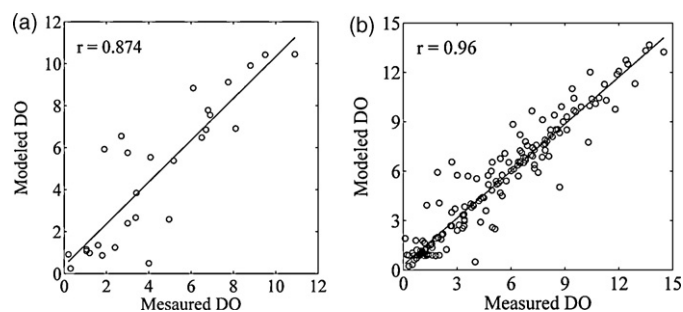


Fig. 6. Comparison of the model computed and measured DO values in (a) test set and (b) training + test set.

[Kuo et al. \(2007\)](#) describes the training, validation and application of ANN model for predicting the dissolved oxygen in the Te-Chi reservoir (Taiwan). The correlation coefficients for modelled values and observed DO values were 0.75, 0.72 for training and test data sets, respectively.

[Ying et al. \(2007\)](#) studied a water quality forecast model through application of BP neural network technique. The correlation coefficient of 0.94 was calculated between the measured and modelled DO values.

[Soyupak et al. \(2003\)](#) used the neural network modeling approach to compute the pseudo steady state time and space dependent DO concentrations in three separate reservoirs with different characteristics using limited number of input variables. The correlation coefficient larger than 0.95 was reported between the measured and model computed output variables.

[Singh et al. \(2009\)](#) computed DO and BOD levels in the Gomti river (India) using three-layer feedforward neural networks with back propagation learning. The coefficient of determination for modelled values and observed DO values were 0.70, 0.74, and 0.76 for the training, validation and test sets, respectively. The respective values of RMSE and bias for the three data sets are 1.50 and -0.05 for training, 1.44 and 0.49 for validation, and 1.23 and -0.43 for testing. In case of the BOD, the coefficient of determination values for the training, validation and test sets were 0.85, 0.85, and 0.77, respectively. The respective values of RMSE and bias for the three data sets are 2.25 and 0.14 for training, 1.84 and 0.87 for validation, and 1.38 and -0.22 for testing.

[Sengorur et al. \(2006\)](#) used FNN for computing monthly values of DO. Correlation coefficient was 0.9186, and ANN approaches are reasonable for modelling DO prediction.

In our study, the coefficient of correlation values for the test set 0.8478 and 0.874, for eight input variables included in model

and for ten input variables included in model, respectively, may be attributed to the non-homogenous nature of the water quality variables. Also, a relatively low correlation between the measured and model computed output variables may be due to the fact that our set of the input variables do not include all the relevant variables.

The proposed model shows efficiency in forecasting the dissolved oxygen profiles in eutrophic water bodies, and it is in accordance with results of other authors. It is in accordance with Ying et al. (2007) that “if the correlation between the forecast and actual measured values is fairly good, the forecast model is viable and can be applied to real practice”. Singh et al. (2009) showed that the optimal networks are capable to capture long-term trends observed for the tedious water quality variables (DO and BOD) and that ANN can be seen to be a powerful predictive alternative to traditional modeling techniques.

However, although the literature offers some recent successful NN applications related to water quality estimations (Soyupak et al., 2003), due to the fact that water quality forecast can be easily affected with high uncertainty and specific circumstances, such as climatological and eco-regional (Vanderberghe et al., 2007). Proposed models could show certain deviations. Thus, it is necessary for proposed models to be able to adjust because forecast model is time-bound and therefore it is necessary to update the model from time to time with actual measured values (Ying et al., 2007).

5. Conclusions

Modeling water quality variables is a very important aspect in the analysis of any aquatic systems. The chemical, physical, and biological components of aquatic ecosystems are very complex and nonlinear. In recent years, computational-intelligence techniques such as neural networks, fuzzy logic and combined neuro-fuzzy systems have become very effective tools to identification and modeling nonlinear systems.

In this paper, FNN model was developed to predict dissolved oxygen in the Gruža Reservoir. ANN structure has been designed and trained using the MATLAB Neural Network Toolbox. The performance of the ANN network was tested using correlation coefficients, mean absolute error and mean square error. Results of simulation, presented in this paper, show that the application of the neural network to prediction of dissolved oxygen gives satisfactory results. Proposed approach can be a very efficient tool and useful alternative for the computation of water quality parameters.

References

Ansa-Ansare, O.D., Marr, I.L., Cresser, M.S., 2000. Evaluation of modelled and measured patterns of dissolved oxygen in a freshwater lake as an indicator of the presence of biodegradable organic pollution. *Water Res.* 34, 1079–1088.

Antonopoulos, V.Z., Gianniu, S.K., 2003. Simulation of water temperature and dissolved oxygen distribution in the Lake Vegoritis, Greece. *Ecol. Model.* 160, 39–53.

APHA, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed. American Public Health Association, Washington (DC).

Blum, E.K., Li, L.K., 1991. Approximation theory and feedforward networks. *Neur. Net.* 4, 511–515.

Boano, F., Revelli, R., Ridolfi, L., 2006. Stochastic modelling of DO and BOD components in a stream with random inputs. *Adv. Water Res.* 29, 1341–1350.

Carlson, R.E., 1977. A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 22, 361–369.

Chau, K., 2006. A review on integration of artificial intelligence into water quality modeling. *Marine Pollut. Bull.* 52, 726–733.

Chaves, P., Kojiri, T., 2007. Conceptual fuzzy neural network model for water quality simulation. *Hydrol. Process.* 21, 634–646.

Comic, Lj., Ostojic, A. (Eds.), 2005. The Gruža Reservoir. Faculty of Science, Kragujevac, Serbia and Montenegro, 260 pp. (in Serbian).

Dogan, E., Ates, A., Yilmaz, E.C., Eren, B., 2008. Application of artificial neural networks to estimate wastewater treatment plant inlet biochemical oxygen demand. *Environ. Progr.* 27, 439–446.

Dogan, E., Sengorur, B., Koklu, R., 2009. Modeling biological oxygen demand of the Melen River in Turkey using an artificial neural network technique. *J. Environ. Manage.* 90, 1229–1235.

García, A., Revilla, J.A., Medina, R., Álvarez, C., Juanes, J.A., 2002. A model for predicting the temporal evolution of dissolved oxygen concentration in shallow estuaries. *Hydrobiologia* 475/476, 205–211.

Hagan, M.T., Menhaj, M., 1994. Training feedforward networks with the Marquardt algorithm. *IEEE Trans. Neural Netw.* 5, 989–993.

Haykin, S., 1999. *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. Prentice-Hall, New Jersey, 842 pp.

Hornik, K., 1991. Approximation capabilities of multilayer feedforward networks. *Neural Netw.* 4, 251–257.

Hull, V., Parrella, L., Falcucci, M., 2008. Modelling dissolved oxygen dynamics in coastal lagoons. *Ecol. Model.* 2, 468–480.

Iscen, F.C., Emiroglu, Ö., Ilhan, S., Arslan, N., Yilmaz, V., Ahiska, S., 2008. Application of multivariate statistical techniques in the assessment of surface water quality in Ulubat Lake, Turkey. *Environ. Monit. Assess.* 144, 269–276.

Jones, R.A., Lee, G.F., 1982. Recent advances in assessing impact of phosphorus loads on eutrophication-related water quality. *Review. Water Res.* 16, 503–515.

Kalff, J., 2002. *Limnology: Inland Water Ecosystems*. Prentice-Hall, New Jersey, USA, 592 pp.

Kuo, J.T., Hsieh, M.H., Lung, W.S., She, N., 2007. Using artificial neural network for reservoir eutrophication prediction. *Ecol. Model.* 200, 171–177.

Lek, S., Delacoste, M., Baran, P., Dimopoulos, I., Lauga, J., Aulagnier, S., 1996. Application of neural networks to modelling nonlinear relationships in ecology. *Ecol. Model.* 90, 39–52.

May, R.J., Maier, H.R., Dandy, G.C., Fernando, T.M.K.G., 2008. Non-linear variable selection for artificial neural networks using partial mutual information. *Environ. Model. Soft.* 23, 1312–1326.

OECD, 1982. *Eutrophication of Waters. Monitoring, Assessment and Control*. OECD, Paris.

Ostojčić, A., Čurčić, S., Čomić, Lj., Topuzović, M., 2005. Estimate of the eutrophication process in the Gruža reservoir (Serbia and Montenegro). *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 33, 605–613.

Palani, S., Liong, S.Y., Tkalic, P., 2008. An ANN application for water quality forecasting. *Marine Pollut. Bull.* 56, 1586–1597.

Rumelhart, D.E., Hinton, G.E., Williams, R.J., 1986. Learning representations by back-propagating errors. *Nature* 323, 533–536.

Sengorur, B., Dogan, E., Koklu, R., Samandar, A., 2006. Dissolved oxygen estimation using artificial neural network for water quality control. *Fresen. Environ. Bull.* 15 (9a), 1064–1067.

Shukla, J.B., Misra, A.K., Chandra, P., 2008. Mathematical modeling and analysis of the depletion of dissolved oxygen in eutrophied water bodies affected by organic pollutants. *Nonlinear Anal. Real World Appl.* 9, 1851–1865.

Singh, K.P., Malik, A., Mohan, D., Sinha, S., 2004. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)—a case study. *Water Res.* 38, 3980–3992.

Singh, K.P., Basant, A., Malik, A., Jain, G., 2009. Artificial neural network modeling of the river water quality—a case study. *Ecol. Model.* 220, 888–895.

Soyupak, S., Karaer, F., Gürbüz, H., Kivrak, E., Sentürk, E., Yazici, A., 2003. A neural network-based approach for calculating dissolved oxygen profiles in reservoirs. *Neural Comput. Appl.* 12, 166–172.

Stefan, H.G., Fang, X., 1994. Dissolved oxygen model for regional lake analysis. *Ecol. Model.* 71, 37–68.

Stefan, H.G., Fang, X., Wright, D., Eaton, J.G., McCormick, J.H., 1995. Simulation of dissolved oxygen profiles in a transparent, dimictic Lake. *Limnol. Oceanogr.* 40, 105–118.

Straškraba, M., Tundisi, J.G., 1999. Guidelines of Lake Management: Reservoir Water Quality Management, vol. 9. International Lake Environment Committee—Scientific Publishers, Otsu, Japan, pp. 1–229.

Vanderberghe, V., Bauwens, W., Vanrolleghem, P.A., 2007. Evaluation of uncertainty propagation into river water quality predictions to guide future monitoring campaigns. *Environ. Modell. Software* 22 (5), 725–732.

Ying, Z., Jun, N., Fuyi, C., Liang, G., 2007. Water quality forecast through application of BP neural network at Yuquiu reservoir. *J. Zhejiang Univ. Sci.* A 8, 1482–1487.

**Provided for non-commercial research and educational use only.
Not for reproduction or distribution or commercial use.**



This article was originally published by IWA Publishing. IWA Publishing recognizes the retention of the right by the author(s) to photocopy or make single electronic copies of the paper for their own personal use, including for their own classroom use, or the personal use of colleagues, provided the copies are not offered for sale and are not distributed in a systematic way outside of their employing institution.

Please note that you are not permitted to post the IWA Publishing PDF version of your paper on your own website or your institution's website or repository.

Please direct any queries regarding use or permissions to hydro@iwap.co.uk

Prediction of dissolved oxygen in reservoirs using adaptive network-based fuzzy inference system

Vesna Ranković, Jasna Radulović, Ivana Radojević, Aleksandar Ostojić and Ljiljana Čomić

ABSTRACT

Predicting water quality is the key factor in the water quality management of reservoirs. Since a large number of factors affect the water quality, traditional data processing methods are no longer good enough for solving the problem. The dissolved oxygen (DO) level is a measure of the health of the aquatic system and its prediction is very important. DO dynamics are highly nonlinear and artificial intelligence techniques are capable of modelling this complex system. The objective of this study was to develop an adaptive network-based fuzzy inference system (ANFIS) to predict the DO in the Gruža Reservoir, Serbia. The fuzzy model was developed using experimental data which were collected during a 3-year period. The input variables analysed in this paper are: water pH, water temperature, total phosphate, nitrites, ammonia, iron, manganese and electrical conductivity. The selection of an appropriate set of input variables is based on the building of ANFIS models for each possible combination of input variables. Results of fuzzy models are compared with measured data on the basis of correlation coefficient, mean absolute error and mean square error. Comparing the predicted values by ANFIS with the experimental data indicates that fuzzy models provide accurate results.

Key words | adaptive network-based fuzzy inference system, dissolved oxygen, modelling, reservoir

Vesna Ranković (corresponding author)
Jasna Radulović
Department for Applied Mechanics and Automatic Control,
Faculty of Mechanical Engineering,
University of Kragujevac, 34000 Kragujevac,
Sestre Janjić 6,
Serbia
E-mail: vesnar@kg.ac.rs

Ivana Radojević
Aleksandar Ostojić
Ljiljana Čomić
Institute of Biology and Ecology,
Faculty of Science,
University of Kragujevac,
34000 Kragujevac, Radoja Domanovića 12,
Serbia

INTRODUCTION

Modelling water quality variables is a very important aspect of the analysis of any aquatic system. The chemical, physical and biological components of aquatic ecosystems are very complex and nonlinear. Recently, numerous computational and statistical approaches have been developed, leading to the appearance of ecological informatics (Chon & Park 2006). The future of eco-environmental modelling lies in the integration of different paradigms and techniques (Chen *et al.* 2006).

The concentration of dissolved oxygen (DO) is important for the healthy functioning of aquatic ecosystems, and a significant indicator of the state of aquatic ecosystems. It is highly desirable to create a DO model for each major reservoir so that water quality can be optimized throughout a time horizon. Although the modelling of DO has been

studied, many aspects of its dynamics are still unclear (Antonopoulos & Gianniou 2003). DO dynamics are highly nonlinear and many useful statistical theories cannot be implemented.

One of the successful applications of artificial intelligence (AI) techniques (knowledge-based systems, genetic algorithms, artificial neural networks and fuzzy inference systems) is to model complex nonlinear systems.

Soft computing techniques have been widely applied in different fields including water resource engineering (Lin *et al.* 2006; Wang *et al.* 2009).

Artificial neural networks (ANNs) have been successfully used as tools in the fields of water quality prediction and forecasting. Many researchers have considered neural network modelling of nonlinear dynamic systems. Various

forms of neural networks have been applied for resolving this problem. It is well known that a feedforward neural network (FNN) using the back propagation learning algorithm can approximate a given nonlinear function to any desired degree of accuracy. FNN models were identified, validated and tested for the computation of DO (Dogan *et al.* 2009) and DO and BOD (biochemical oxygen demand) (Singh *et al.* 2009) of river water. A back-propagation algorithm neural network was developed for simultaneous forecasting concentrations of total nitrogen, total phosphorus and DO in the Changle River, southeast China (Chen *et al.* 2010).

Palani *et al.* (2008) demonstrated the application of neural network models for the prediction and forecasting of selected seawater quality variables. Muttill & Chau (2006) employed ANNs and genetic programming for the modelling and prediction of coastal algal blooms. ANNs have been used intensively in the development of a reservoir water quality simulation model (Soyupak *et al.* 2003; Chaves & Kojiri 2007; Kuo *et al.* 2007; Ying *et al.* 2007; Ranković *et al.* 2010).

In recent years fuzzy logic systems have been successfully applied to a number of scientific and engineering problems. The fuzzy system and neural networks have similar mathematical fundamentals, so that a training method used with neural networks could be applied to fuzzy models (Wieland & Mirschel 2008). Fuzzy modelling from measured data is an effective tool for the approximation of uncertain nonlinear systems. In general, there are two types of fuzzy inference models (Jang *et al.* 1997). The Mamdani fuzzy model, in which the antecedent and consequent are fuzzy propositions, has been used to achieve quantitative analysis (Evsukoff *et al.* 2002). The Mamdani model is typically used in expert systems. The second type of fuzzy model is Takagi & Sugeno (1985) (Sugeno & Kang 1988). In this model the consequent is an affine linear function of the input variables. Fuzzy models have already been applied to water quality problems (Liou *et al.* 2003). Firat & Güngör (2008) and Jacquin & Shamseldin (2009) investigated the applicability and capability of fuzzy inference systems in river flow forecasting. Soyupak & Chen (2004) developed a fuzzy logic model to estimate pseudo steady-state chlorophyll-*a* concentrations in a very large and deep Keban Dam Reservoir. Pereira *et al.* (2009) constructed a fuzzy model to compute chlorophyll concentration in a Brazilian upwelling system. Marsili-Libelli (2004) described the

design of an algal bloom fuzzy predictor. Fuzzy pattern recognition is used to model the DO dynamics in the Orbetello lagoon by Giusti & Marsili-Libelli (2009). Altunkaynak *et al.* (2005) used fuzzy logic modelling for predicting the DO concentration in the Golden Horn.

The aim of this paper was to construct an adaptive network-based fuzzy inference system (ANFIS) model to predict the DO in the Gruža Reservoir, Serbia and to demonstrate the model's application to identifying complex nonlinear relationships between input and output variables. Kosko (1994) proved that a fuzzy system can uniformly approximate any real continuous function on a closed and bounded domain to any degree of accuracy. ANFIS is also a universal approximator.

Created models for DO are based on different input variables. Soyupak *et al.* (2003), while suggesting the model for three reservoirs in Turkey, chose the following input variables as an input: season, distance from major source, the depth and temperature.

Sengorur *et al.* (2006) decided that an input would include NO₂-N, NO₃-N, temperature, flow and BOD. Kuo *et al.* (2007) constructed a three-layer FNN for the computation of DO level in the Te-Chi reservoir (Taiwan) using six input variables: month, pH, chlorophyll-*a*, NH₄-N, NO₃-N and water temperature. Ying *et al.* (2007) chose the following eight parameters: temperature, turbidity, pH, alkalinity, chloride, NH₄-N, NO₂-N and hardness, pointing out that each of them affects DO to a certain degree. Singh *et al.* (2009) proposed 11 variables: pH, total alkalinity, total hardness, total solids, COD, NH₄-N, NO₃-N, chloride, phosphate, K and Na. In this paper, the basis for modelling is the parameters used in the previously mentioned models as well as the parameters characteristic for this specific reservoir: manganese (Mn) and iron (Fe). When the oxidation microzone is disturbed under anaerobic conditions in the deepest layers of a hypolimnion (a frequent occurrence during the summer months), phosphate, manganese and ferro ions are liberated from the sediment into the water (Comic & Ostojic 2005). Ranković *et al.* (2010) developed a FNN model to predict the DO in the Gruža Reservoir, Serbia. The input variables of the neural network were: water pH, water temperature, chloride, total phosphate, nitrites, nitrates, ammonia, iron, manganese and electrical conductivity.

Sensitivity analysis was used to determine the influence of input variables on the dependent variable and the following order was obtained: water pH, water temperature, manganese, ammonia, iron, electrical conductivity, nitrites, total phosphate, nitrates and chloride.

It was shown that nitrates and chloride did not have a significant effect on the performance of the ANN model and could be excluded from the input variables. In this paper an ANFIS model for the same reservoir was developed.

The major objective of the study presented in this paper was to construct a high-quality ANFIS model to predict the DO in the reservoir and to demonstrate its application to identifying complex nonlinear relationships between input and output variables. However, it should be noted that although the motivation in this paper was primarily ANFIS development, the process of the proposed input variables selection is such that it can be used for identifying an appropriate set of inputs during AI modelling of other water quality variables.

MATERIAL AND METHODS

Study area and data

The Gruža Reservoir was formed on the Gruža River for the purpose of supplying Kragujevac and the surrounding area with drinking water (Figure 1). Construction of the dam began in 1979, and the reservoir was filled with water in 1985. It is located at an altitude of 238–269 m above sea level (a.s.l.), with a total water volume of $64.6 \times 10^6 \text{ m}^3$, a surface area of 934 ha, and a drainage basin of 318 km². The maximum depth of the reservoir is 31 m, and the reservoir exhibits 3–5 m water level fluctuations. It has a hydraulic residence time of 22 months. More than two thirds of the reservoir has all the characteristics of lowland reservoirs, with shallow depth (mean depth of reservoir is 6.5 m), an unfavourable ratio of trophogenic and tropholytic layers, and banks surrounded by meadows and cultivated land. The soil upon which the accumulation lake was made contains Fe and Mn. A special characteristic is a bridge crossing the reservoir, which carries frequent motor traffic, so that considerable amounts of exhaust fumes are gathered over the reservoir and enter the water by means of diffusion or with precipitation.

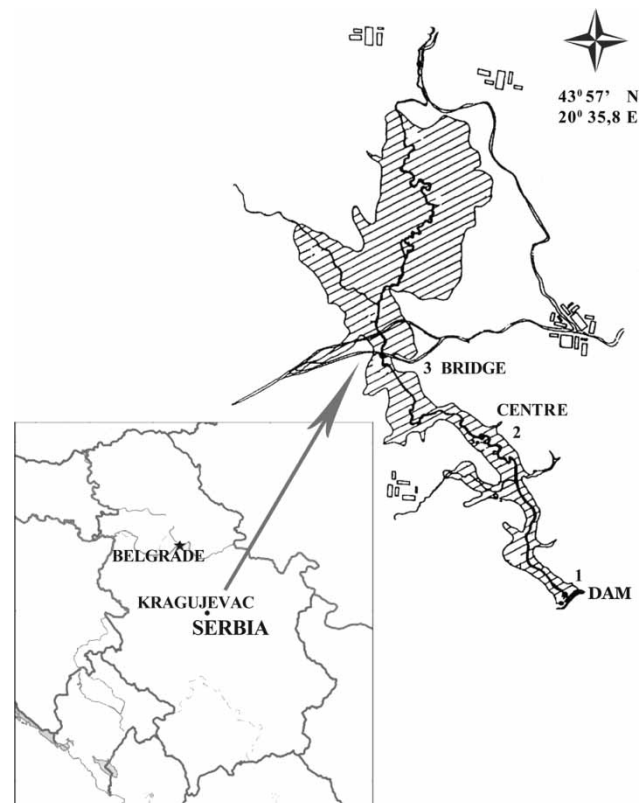


Figure 1 | The Gruža Reservoir and sampling points (1 – Dam, 2 – Centre, 3 – Bridge).

The large surface in relation to the mean depth favours eutrophication (Ostojić *et al.* 2005). The average values of trophic state parameters indicate that the water of the Gruža Reservoir is eutrophic. It is apparent that the Gruža Reservoir can be classified as a eutrophic water on the basis of total phosphorus content of chlorophyll-*a* and hypertrophic water with respect to transparency (Ostojić *et al.* 2005). It is surrounded by farmland, and receives waste water from a number of neighbouring settlements. The reservoir exhibits thermal stratification from the end of April to the beginning of October (Comic & Ostojić 2005).

The data set used in this study was generated through the monitoring of the water quality of Gruža reservoir. Monthly sampling was carried out during a period of 3 years (2000–2003). Three permanent sampling sites were selected (Figure 1). One was directly beside the dam, where the depth varied from 25 to 30 m, depending on the water level. The second was in the central part with a depth ranging from 14 to 17 m. The third was in the shallowest part, near the bridge, with a depth ranging from 5 to 9 m,

about 200 m from its end, which is under water even when its level is lowest. Samples were collected at intervals of depth of 3 m during the thermal stratification period and at 5 m increments during the mixing period. For the analysis 180 samples with complete data were selected.

The available set of data was divided into two sections as a training test and a test set. In the training process of the ANFIS, 152 samples were used. The ANFIS model was tested using 28 randomly selected data.

ANFIS structure

Supposing that the first-order Takagi–Sugeno fuzzy inference system (FIS) has m inputs (x_1, x_2, \dots, x_m) and one output y . Linguistic labels x_j are $A_{1j}, A_{2j}, \dots, A_{nj}$. The rule base contains $p = n^m$. For simplicity, it is assumed that the FIS has $m = 2$ and $n = 2$. Then the rule base contains four if–then rules:

R_1 : If x_1 is A_{11} and x_2 is A_{12} then $f_1 = q_{11}x_1 + q_{12}x_2 + c_1$

R_2 : If x_1 is A_{11} and x_2 is A_{22} then $f_2 = q_{21}x_1 + q_{22}x_2 + c_2$

R_3 : If x_1 is A_{21} and x_2 is A_{12} then $f_3 = q_{31}x_1 + q_{32}x_2 + c_3$

R_4 : If x_1 is A_{21} and x_2 is A_{22} then $f_4 = q_{41}x_1 + q_{42}x_2 + c_4$

where q_{kj} and c_k ; $k = 1, 2, \dots, 4$, $j = 1, 2$, are the consequent parameters. In this inference system the output of each rule is a linear combination of input variables.

The corresponding equivalent ANFIS architecture (Jang 1993) is shown in Figure 2. When f_k is a constant, a zero-order Takagi–Sugeno fuzzy model is formed, which may be considered to be a special case of a Mamdani FIS. The zero-order

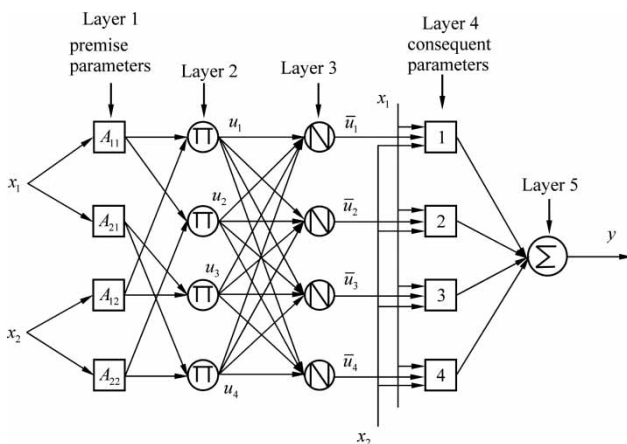


Figure 2 | Two-input ANFIS with four rules.

Takagi–Sugeno fuzzy model is functionally equivalent to a radial basis function (RBF) network under certain constraints.

Functional equivalence between a RBF network and ANFIS can be established under these conditions (Jang & Sun 1993).

1. The number of RBF hidden neurons is equal to the number of fuzzy if–then rules.
2. The output of each fuzzy if–then rule is composed of a constant.
3. The membership functions (MFs) within each fuzzy rule are chosen as Gaussian functions with the same variance.
4. The multiplication operator is used to compute the firing strength of each rule.
5. Both the RBF network and the FIS under consideration use the same method (i.e. either weighted average or weighted sum) to derive their overall outputs.

In this study, the third constraint is not satisfied because the *gauss2mf* membership function, but not Gaussian function, is selected.

The ANFIS structure contains five layers.

Layer 1

The outputs of the layer are fuzzy membership grade of inputs $\mu_{A_{ij}}(x_j)$. If the Gaussian MF is adopted, $\mu_{A_{ij}}(x_j)$ is given by:

$$\mu_{A_{ij}}(x_j) = e^{-(x_j - c_{ij})/2\sigma_{ij}^2}, \quad i = 1, 2, \quad j = 1, 2, \quad (1)$$

where c_{ij} and σ_{ij} are the parameters of the MF or premise parameters.

Layer 2

Every node in this layer is a fixed node. The output of nodes can be presented as:

$$u_1 = \mu_{A_{11}}(x_1) * \mu_{A_{12}}(x_2),$$

$$u_2 = \mu_{A_{11}}(x_1) * \mu_{A_{22}}(x_2),$$

$$u_3 = \mu_{A_{21}}(x_1) * \mu_{A_{12}}(x_2),$$

$$u_4 = \mu_{A_{21}}(x_1) * \mu_{A_{22}}(x_2),$$

* denotes T -norm. Nodes are marked by a circle and labelled Π .

Layer 3

The output of each fixed node labelled N can be presented as:

$$\bar{u}_k = \frac{u_k}{\sum_{k=1}^4 u_k}, \quad k = 1, 2, 3, 4. \quad (2)$$

Layer 4

Every node in this layer is a square. The outputs of this layer are given by:

$$\bar{u}_k f_k = \bar{u}_k \sum_{j=1}^2 q_{kj} x_j + c_k, \quad k = 1, 2, 3, 4. \quad (3)$$

Layer 5

Finally, the output of the ANFIS can be presented as:

$$y = \sum_{k=1}^4 \bar{u}_k f_k = \frac{1}{\sum_{k=1}^4 u_k} \sum_{k=1}^4 u_k \left(\sum_{j=1}^2 q_{kj} x_j + c_k \right). \quad (4)$$

There are four methods to update the parameters of the ANFIS structure, as listed below according to their computation complexities (Jang 1993):

1. Gradient descent (GD): All parameters are updated by the GD.
2. GD and one pass of least square estimation (LSE): The LSE is applied only once at the very beginning to get the initial values of the consequent parameters and then the GD takes over to update all parameters.
3. GD and LSE: This is the hybrid learning.
4. Sequential LSE: using extended Kalman filter algorithm to update all parameters.

In this paper the hybrid learning algorithm that combines the GD and the LSE method is used for updating the parameters. For adapting premise parameters the GD method is used. The LSE method is used for updating the consequent parameters. Each epoch of the hybrid learning algorithm involves a forward and a backward pass in the ANFIS. Jang (1993) described the mathematical background of the hybrid learning algorithm. This algorithm converges

much faster since it reduces the dimension of the search space of the back-propagation GD algorithm.

Select input variables and performance criteria

The selection of an appropriate set of input variables from all possible input variables during AI model development is important for obtaining high-quality model. Many of the described methods for input variable selection are based on heuristics, expert knowledge, statistical analysis, or a combination of these. However, although there is a well justified need to consider input variable selection carefully, there is currently no consensus on how this task should be undertaken (May et al. 2008).

Jang (1996) presented a heuristic, relatively simple and fast method of input selection for neuro-fuzzy modelling using ANFIS. Finding an optimal solution requires building ANFIS models for each possible combination of input variables (the number of possible combinations is 2^{n_c} , where n_c is the number of candidate variables) which becomes computationally prohibitive for problems involving even a moderate number of candidate input variables. If we have a modelling problem with n_c candidate inputs and we want to find the most influential m inputs as the inputs to ANFIS, we construct $C_m^{n_c} = n_c(n_c - 1) \dots (n_c - m + 1)/m!$ ANFIS models (each with different combination of m inputs), and train them with a single pass of the LSE method (Jang 1996). The proposed method is based on the assumption that the ANFIS model with the smallest root mean squared error (RMSE) after one epoch of training has a greater potential of achieving a lower RMSE when more epochs of training are given. This assumption is not absolutely true, but it is heuristically reasonable.

In this paper, Jang's method was used for the selection of an appropriate set of input variables. An ANFIS model has been trained for 300 epochs. After that number of epochs, the reduction of the RMSE value is negligible. Thus, comparison of trained ANFIS models is justified.

RMSE is calculated by the following expression:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N_o} \sum_{i=1}^{N_o} (y_{mi} - y_i)^2}, \quad (5)$$

where y_i and y_{mi} denote the network output and measured

value from the i th element and N_o represents the number of observations.

The prediction performances of the fuzzy model were evaluated using correlation coefficient (r), mean absolute error (MAE) and mean square error (MSE):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{N_o} (y_i - \bar{y})(y_{mi} - \bar{y}_m)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N_o} (y_i - \bar{y})^2 \sum_{i=1}^{N_o} (y_{mi} - \bar{y}_m)^2}}, \quad (6)$$

$$\text{MAE} = \frac{1}{N_o} \sum_{i=1}^{N_o} |y_{mi} - y_i|, \quad (7)$$

and

$$\text{MSE} = \frac{1}{N_o} \sum_{i=1}^{N_o} (y_{mi} - y_i)^2, \quad (8)$$

where y_i and y_{mi} denote the ANFIS output and measured value from the i -th element; \bar{y} and \bar{y}_m denote their average respectively, and N_o represents the number of observations.

The Pearson correlation coefficient is defined as the degree of correlation between the experimental and predicted values.

RESULTS AND DISCUSSION

In this paper the MATLAB Fuzzy Toolbox was used for the implementation of the fuzzy model. The input variables analysed in this paper were: water pH, water temperature, total phosphate, nitrites, ammonia, iron, manganese and electrical conductivity. The number of possible combinations is $2^8 = 256$. It is necessary to build $C_6^8 = 28$ ANFIS models if we want to find the six most relevant inputs. The training parameters of these models are given in Table 1. It is also important to select proper parameters for the training process, including the initial step size, the step size increase rate and the step size decrease rate. Parameter selection for the training process and their impact on the ANFIS has been addressed in the literature (Jang 1993). The initial step size is defined to 0.01. The step size decrease rate is 0.9 and the step size increase rate is 1.1. Fuzzy partitioning of the input variables of the ANFIS is realized by the selection of the two primary fuzzy sets.

Table 1 | The training parameters of the ANFIS

Number of rules	64
Epoch	300
Membership function	<i>gauss2mf</i>
AND method	Product
Implication method	Minimum
Aggregation method	Maximum
Defuzzification method	Weight average

The two-sided Gaussian (*gauss2mf*) MF is taken. The *gauss2mf* is a kind of smooth MF, so the resulting model will generally have a high accuracy in fitting the training data (Wang et al. 2005). The function *gauss2mf* $\mu_{A_{ij}}(x_j)$ is a combination of two Gaussian functions. The first function, specified by $\sigma_{ij(1)}$ and $c_{ij(1)}$, determines the shape of the left-most curve. The second function specified by $\sigma_{ij(2)}$ and $c_{ij(2)}$, determines the shape of the right-most curve. Whenever $c_{ij(1)} < c_{ij(2)}$, the *gauss2mf* function reaches a maximum value of 1. Otherwise, the maximum value is less than one.

The ANFIS models in the considered example have 64 rules.

Thus the 496 parameters in this example are composed of 48 premise parameters and 448 consequent parameters when the first order Takagi–Sugeno fuzzy model is used. In this paper, the zero-order Takagi–Sugeno fuzzy model ($f_k = c_k$) is selected. For adapting the premise parameters (48) the GD method is used. The LSE method is used for updating the consequent parameters (64).

From Table 2 it can be seen that the RMSE after 300 epochs is the smallest for model 9 with the inputs: pH, temperature (*Temp*), manganese (Mn), ammonia (*Ammon*), electrical conductivity (EC) and iron (Fe).

The parameters of the MFs of the inputs after training are shown in Table 3.

The rule base of the ANFIS for DO calculation:

Rule 1: If (pH is A_{11}) and (*Temp* is A_{12}) and (Mn is A_{13}) and (*Ammon* is A_{14}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{16}) then (f_1 is -16.13).

Rule 2: If (pH is A_{11}) and (*Temp* is A_{12}) and (Mn is A_{13}) and (*Ammon* is A_{14}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{26}) then (f_2 is 61.58).

Table 2 | RMSE after 300 epochs of training

Models	Input variables of the fuzzy models	RMSE after 300 epochs of training
1	pH, ammonia, conductivity, Fe, Mn, nitrites	2.3922
2	pH, ammonia, nitrites, total P, Mn, temperature	2.0739
3	pH, ammonia, conductivity, total P, Mn, temperature	1.5519
4	pH, nitrites, conductivity, Fe, total P, temperature	1.6782
5	pH, nitrites, conductivity, Fe, Mn, temperature	1.8092
6	Nitrites, ammonia, conductivity, Fe, Mn, temperature	2.4739
7	pH, ammonia, conductivity, nitrites, total P, temperature	1.8736
8	Nitrites, ammonia, conductivity, Fe, Mn, total P	2.6808
9	pH, ammonia, conductivity, Fe, Mn, temperature	1.4604
10	pH, ammonia, conductivity, Fe, nitrites, total P	2.2743
11	pH, total P, conductivity, Fe, Mn, temperature	1.4779
12	pH, ammonia, nitrites, Fe, total P, temperature	2.1016
13	pH, ammonia, conductivity, Fe, nitrites, temperature	1.7784
14	Total P, ammonia, conductivity, Fe, Mn, temperature	2.1773
15	Nitrites, ammonia, conductivity, Fe, total P, temperature	2.4259
16	pH, ammonia, nitrites, Fe, Mn, total P	2.5858
17	pH, ammonia, conductivity, Fe, Mn, total P	2.0954
18	pH, ammonia, conductivity, Fe, total P, temperature	1.5299
19	pH, nitrites, total P, Fe, Mn, temperature	2.1888
20	Nitrites, total P, conductivity, Fe, Mn, temperature	2.5663
21	pH, ammonia, conductivity, nitrites, Mn, total P	2.371
22	pH, ammonia, total P, Fe, Mn, temperature	1.6798

(continued)

Table 2 | continued

Models	Input variables of the fuzzy models	RMSE after 300 epochs of training
23	Nitrites, ammonia, conductivity, total P, Mn, temperature	2.4537
24	pH, ammonia, conductivity, nitrites, Mn, temperature	1.9639
25	pH, nitrites, conductivity, Fe, Mn, total P	2.4396
26	pH, nitrites, conductivity, total P, Mn, temperature	1.9829
27	Nitrites, ammonia, total P, Fe, Mn, temperature	2.5497
28	pH, ammonia, nitrites, Fe, Mn, temperature	2.0782

Rule 3: If (pH is A_{11}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{16}) then (f_3 is -16.02).

Rule 4: If (pH is A_{11}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{16}) then (f_4 is 3.449).

Rule 5: If (pH is A_{11}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{16}) then (f_5 is -20.6).

Rule 6: If (pH is A_{11}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{26}) then (f_6 is -359.1).

Rule 7: If (pH is A_{11}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{16}) then (f_7 is 136).

Rule 8: If (pH is A_{11}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{26}) then (f_8 is 5.818).

Rule 9: If (pH is A_{11}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{16}) then (f_9 is 541.6).

Rule 10: If (pH is A_{11}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{26}) then (f_{10} is -81.02).

Rule 11: If (pH is A_{11}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{16}) then (f_{11} is -90.59).

Table 3 | The parameters of the membership functions of the inputs

Input variable	Range	MF	Parameters of the MF
pH	[7.33 8.96]	A_{11} A_{21}	$\sigma_{11(1)} = 0.2769$; $c_{11(1)} = 6.841$; $\sigma_{11(2)} = 0.31$; $c_{11(2)} = 7.661$; $\sigma_{21(1)} = 0.3829$; $c_{21(1)} = 8.155$; $\sigma_{21(2)} = 0.2769$; $c_{21(2)} = 9.449$;
Temp	[3.1 28.5]	A_{12} A_{22}	$\sigma_{12(1)} = 4.315$; $c_{12(1)} = -4.52$; $\sigma_{12(2)} = 3.731$; $c_{12(2)} = 10.21$; $\sigma_{22(1)} = 4.814$; $c_{22(1)} = 20.43$; $\sigma_{22(2)} = 4.315$; $c_{22(2)} = 36.12$;
Mn	[0 9.6]	A_{13} A_{23}	$\sigma_{13(1)} = 1.631$; $c_{13(1)} = -2.88$; $\sigma_{13(2)} = 1.631$; $c_{13(2)} = 2.88$; $\sigma_{23(1)} = 2.549$; $c_{23(1)} = 6.356$; $\sigma_{23(2)} = 1.631$; $c_{23(2)} = 12.48$;
Ammon	[0 6.8]	A_{14} A_{24}	$\sigma_{14(1)} = 1.155$; $c_{14(1)} = -2.04$; $\sigma_{14(2)} = 1.155$; $c_{14(2)} = 2.039$; $\sigma_{24(1)} = 2.116$; $c_{24(1)} = 4.356$; $\sigma_{24(2)} = 1.155$; $c_{24(2)} = 8.84$;
EC	[243 471]	A_{15} A_{25}	$\sigma_{15(1)} = 38.73$; $c_{15(1)} = 174.6$; $\sigma_{15(2)} = 38.73$; $c_{15(2)} = 311.4$; $\sigma_{25(1)} = 38.72$; $c_{25(1)} = 402.6$; $\sigma_{25(2)} = 38.73$; $c_{25(2)} = 539.4$;
Fe	[0 1.1]	A_{16} A_{26}	$\sigma_{16(1)} = 0.1869$; $c_{16(1)} = -0.33$; $\sigma_{16(2)} = 0.04021$; $c_{16(2)} = 0.3299$; $\sigma_{26(1)} = 0.0183$; $c_{26(1)} = 0.1142$; $\sigma_{26(2)} = 0.1869$; $c_{26(2)} = 1.43$;

Rule 12: If (pH is A_{11}) and (Temp is A_{12}) and (Mn is A_{23}) and (Ammon is A_{14}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{26}) then (f_{12} is -90.27).

Rule 13: If (pH is A_{11}) and (Temp is A_{12}) and (Mn is A_{23}) and (Ammon is A_{24}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{16}) then (f_{13} is 361.4).

Rule 14: If (pH is A_{11}) and (Temp is A_{12}) and (Mn is A_{23}) and (Ammon is A_{24}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{26}) then (f_{14} is 742).

Rule 15: If (pH is A_{11}) and (Temp is A_{12}) and (Mn is A_{23}) and (Ammon is A_{24}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{16}) then (f_{15} is -129.7).

Rule 16: If (pH is A_{11}) and (Temp is A_{12}) and (Mn is A_{23}) and (Ammon is A_{24}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{26}) then (f_{16} is 13.89).

Rule 17: If (pH is A_{11}) and (Temp is A_{22}) and (Mn is A_{13}) and (Ammon is A_{14}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{16}) then (f_{17} is 45.94).

Rule 18: If (pH is A_{11}) and (Temp is A_{22}) and (Mn is A_{13}) and (Ammon is A_{14}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{26}) then (f_{18} is -21.53).

Rule 19: If (pH is A_{11}) and (Temp is A_{22}) and (Mn is A_{13}) and (Ammon is A_{14}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{16}) then (f_{19} is 0.2198).

Rule 20: If (pH is A_{11}) and (Temp is A_{22}) and (Mn is A_{13}) and (Ammon is A_{14}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{26}) then (f_{20} is 69.31).

Rule 21: If (pH is A_{11}) and (Temp is A_{22}) and (Mn is A_{13}) and (Ammon is A_{24}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{16}) then (f_{21} is -15.18).

Rule 22: If (pH is A_{11}) and (Temp is A_{22}) and (Mn is A_{13}) and (Ammon is A_{24}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{26}) then (f_{22} is 45.78).

Rule 23: If (pH is A_{11}) and (Temp is A_{22}) and (Mn is A_{13}) and (Ammon is A_{24}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{16}) then (f_{23} is -48.96).

Rule 24: If (pH is A_{11}) and (Temp is A_{22}) and (Mn is A_{13}) and (Ammon is A_{24}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{26}) then (f_{24} is -344.1).

Rule 25: If (pH is A_{11}) and (Temp is A_{22}) and (Mn is A_{23}) and (Ammon is A_{14}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{16}) then (f_{25} is -998.4).

Rule 26: If (pH is A_{11}) and (Temp is A_{22}) and (Mn is A_{23}) and (Ammon is A_{14}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{26}) then (f_{26} is -90.82).

Rule 27: If (pH is A_{11}) and (Temp is A_{22}) and (Mn is A_{23}) and (Ammon is A_{14}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{16}) then (f_{27} is 160.2).

Rule 28: If (pH is A_{11}) and (Temp is A_{22}) and (Mn is A_{23}) and (Ammon is A_{14}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{26}) then (f_{28} is -17.74).

Rule 29: If (pH is A_{11}) and (Temp is A_{22}) and (Mn is A_{23}) and (Ammon is A_{24}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{16}) then (f_{29} is 549.6).

- Rule 30: If (pH is A_{11}) and ($Temp$ is A_{22}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{26}) then (f_{30} is 216.3).
- Rule 31: If (pH is A_{11}) and ($Temp$ is A_{22}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{16}) then (f_{31} is 298.3).
- Rule 32: If (pH is A_{11}) and ($Temp$ is A_{22}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{26}) then (f_{32} is -18.93).
- Rule 33: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{16}) then (f_{33} is 27.98).
- Rule 34: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{26}) then (f_{34} is 61.26).
- Rule 35: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{16}) then (f_{35} is 190.2).
- Rule 36: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{26}) then (f_{36} is -117.2).
- Rule 37: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{16}) then (f_{37} is 114.8).
- Rule 38: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{26}) then (f_{38} is -249.8).
- Rule 39: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{16}) then (f_{39} is -1460).
- Rule 40: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{26}) then (f_{40} is 773.2).
- Rule 41: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{16}) then (f_{41} is -590.5).
- Rule 42: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{26}) then (f_{42} is -420.6).
- Rule 43: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{16}) then (f_{43} is 270).
- Rule 44: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{26}) then (f_{44} is 490.9).
- Rule 45: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{16}) then (f_{45} is 22).
- Rule 46: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{26}) then (f_{46} is 112.6).
- Rule 47: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{16}) then (f_{47} is -30.23).
- Rule 48: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{12}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{26}) then (f_{48} is 182.5).
- Rule 49: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{22}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{16}) then (f_{49} is 4.394).
- Rule 50: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{22}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{26}) then (f_{50} is -74.94).
- Rule 51: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{22}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{16}) then (f_{51} is -59.17).
- Rule 52: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{22}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{26}) then (f_{52} is -174).
- Rule 53: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{22}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{16}) then (f_{53} is -91.47).
- Rule 54: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{22}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{26}) then (f_{54} is 715.3).
- Rule 55: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{22}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{16}) then (f_{55} is 927.3).
- Rule 56: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{22}) and (Mn is A_{13}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{26}) then (f_{56} is 1016).
- Rule 57: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{22}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{16}) then (f_{57} is 327.9).

Rule 58: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{22}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{26}) then (f_{58} is 37.17).

Rule 59: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{22}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{16}) then (f_{59} is -966).

Rule 60: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{22}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{14}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{26}) then (f_{60} is -170.6).

Rule 61: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{22}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{16}) then (f_{61} is 407.4).

Rule 62: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{22}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{15}) and (Fe is A_{26}) then (f_{62} is 106.3).

Rule 63: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{22}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{16}) then (f_{63} is 8.502).

Rule 64: If (pH is A_{21}) and ($Temp$ is A_{22}) and (Mn is A_{23}) and ($Ammon$ is A_{24}) and (EC is A_{25}) and (Fe is A_{26}) then (f_{64} is 46.99).

Figures 3 and 4 show the measured and model computed values of DO in test and training + test sets.

Comparisons of measured and ANFIS-predicted values of DO for the test and training + test data sets are shown in Figures 5(a) and 5(b).

The respective values of MAE and MSE for the two data sets are 0.6670 and 1.23 for the test set, and 1.0373 and 2.1831 for the training + test set.

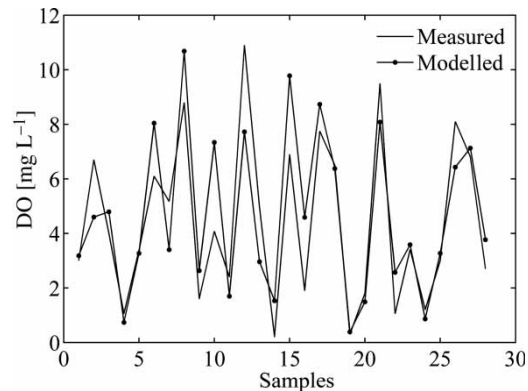


Figure 3 | The measured and predicted DO values in test set.

Analysing the results shown in Table 2, it can be seen that models 9 and 11 are the two most effective models with five identical inputs and only one different input. It seems that ammonia and total phosphate are at the similar, relatively low, level of importance for the data fitting. An ANFIS model with five input variables: pH, temperature, manganese, electrical conductivity and iron, is created. The training parameters of the ANFIS are the same as in Table 1, except that the number of the rules is 32. RMSE after 300 epochs of training is 1.6275. The coefficient of correlation values for the test and training + test set sets were 0.8217, and 0.8856, respectively. The respective values of MAE and MSE for the two data sets are 1.2897 and 2.786 for the test set, and 1.1847 and 2.67 for the training + test set. The prediction performances of the model with five inputs are worse than performances of the two most effective models from Table 2.

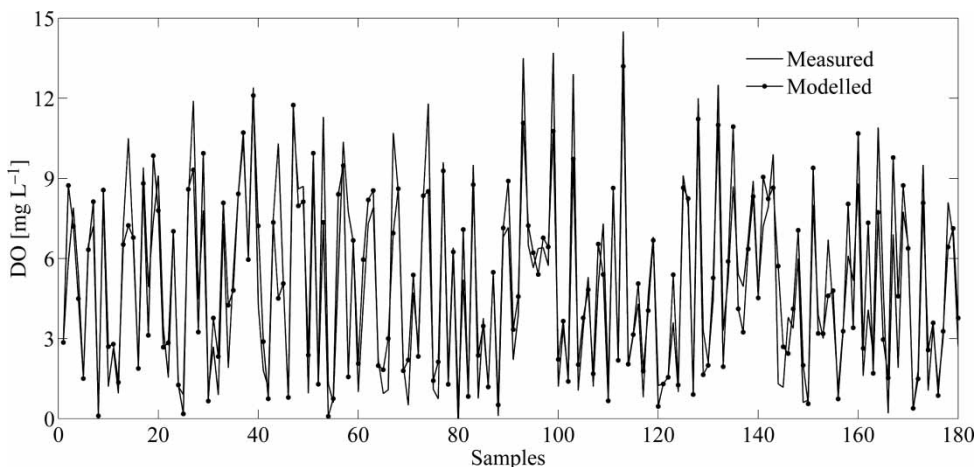


Figure 4 | The measured and predicted DO values in training + test set.

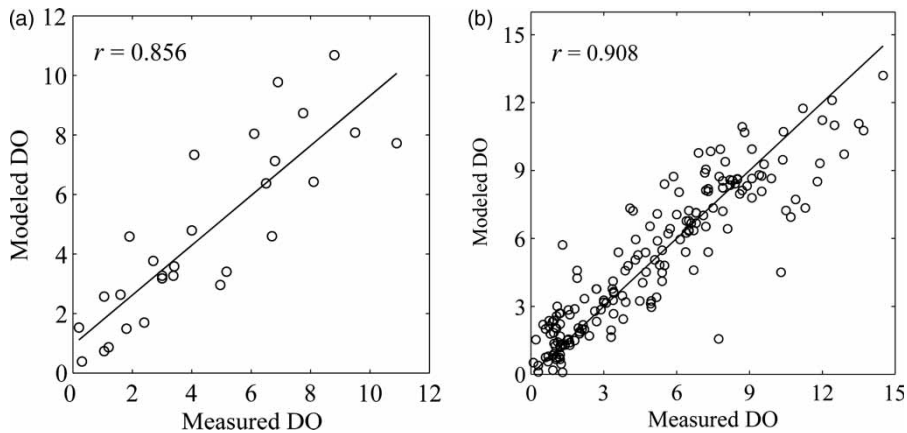


Figure 5 | Comparison of the model computed and measured DO values in (a) test set and (b) training + test set.

The results of this study can be compared with results reported in the literature.

Ranković *et al.* (2010) computed DO in the Gruža Reservoir (Serbia) using two-layer feed forward neural networks. The input variables of the neural network were: water pH, water temperature, chloride, total phosphate, nitrites, nitrates, ammonia, iron, manganese and electrical conductivity. Sensitivity analysis is used to determine the influence of input variables on the dependent variable and the following order is obtained: water pH, water temperature, manganese, ammonia, iron, electrical conductivity, nitrites, total phosphate, nitrates and chloride. A FNN model with 10 input variables has coefficient of correlation values for test and training + test sets 0.8478 and 0.9239, respectively. The respective values of MAE and MSE for the two data sets are 1.1790 and 2.7585 for the test set, and 0.5797 and 0.9923 for the training + test set.

In this paper the initial set of the input variables consisted of the eight most effective inputs: pH, temperature, manganese, ammonia, electrical conductivity, iron, nitrites and total phosphate according to results from Ranković *et al.* (2010).

The ANFIS model developed in this paper for the same reservoir and for the same data set, with six selected input variables, determined by Jang's method, has a slightly higher coefficient of correlation values for the test set, but a slightly lower coefficient of correlation values for the training + test set (Figure 5). A relatively low correlation between the measured and model computed output variables, in our

investigations, may be attributed to the non-homogeneous nature of the water quality (input and output) variables or due to the fact that set of the input variables used did not include all of the relevant variables.

Both models give similar acceptable results and are potential algorithms to be used as water management tools. FNN is simpler approach in the sense of computational complexity, but on the other hand the ANFIS DO model, with the smaller number of inputs provides a similar accuracy. Ranković *et al.* (2010) concluded that the optimal number of hidden neurons of FNN is 15. Thus, the number of the parameters which are determined by the learning algorithm in FNN was 181.

In this paper, the ANFIS DO model had 112 parameters determined by the training process.

The proposed model shows efficiency in forecasting the DO profiles in eutrophic water bodies, and it is in accordance with results of other authors. It is in accordance with Ying *et al.* (2007) that 'if the correlation between the forecast and actual measured values is fairly good, the forecast model is viable and can be applied to real practice'.

However, although the literature offers some recent successful neural network and fuzzy systems applications related to water quality estimations due to the fact that water quality forecast can be easily affected with high uncertainty and specific circumstances, such as climatological, eco-regional, etc. (Vandenberghe *et al.* 2007). Proposed models could show certain deviations. Thus, it is necessary for proposed models to be adjustable because forecast

model is time-bound and therefore it is necessary to update the model from time to time with actual measured values (Ying *et al.* 2007).

CONCLUSIONS

The aim of this paper was to develop an ANFIS model to predict the DO in water supply reservoir Gruža in Serbia and demonstrate its application to identify complex non-linear relationships between input and output variables. The proposed model shows efficiency in forecasting the DO profiles in eutrophic water bodies. Also, the model is an invaluable tool for studying system dynamics and predicting future states. The fuzzy logic model once developed for a water body, can favourably be used during further monitoring activities, as a predictive management tool. It can be concluded that neuro-fuzzy modelling can be successfully applied for estimations in lakes and reservoirs, and can replace classical approaches, because of its simplicity. An ANFIS application could be used in the future to investigate the applicability of this approach to other reservoirs. As a final conclusion, ANFIS can be a powerful tool for environmental and ecological modelling and assessment.

It should be noted that there are no fixed rules for developing AI techniques in the fields of water quality prediction and forecasting. AI models are usually constructed based on expert knowledge and trial and error adjustment of parameters. Thus, there is no guarantee that the optimal solution will be found. Some future directions for further development are the hybrid combinations of two or more AI methods to produce an even better water quality modelling system.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to express their sincere thanks to the three anonymous referees for their valuable comments and useful suggestions that helped to improve this paper and future research.

REFERENCES

- Altunkaynak, A., Özger, M. & Çakmakçı, M. 2005 Fuzzy logic modeling of the dissolved oxygen fluctuations in Golden Horn. *Ecol. Model.* **189** (3–4), 436–446.
- Antonopoulos, V. Z. & Gianniou, S. K. 2003 Simulation of water temperature and dissolved oxygen distribution in the Lake Vegoritis, Greece. *Ecol. Model.* **160** (1–2), 39–53.
- Chaves, P. & Kojiri, T. 2007 Conceptual fuzzy neural network model for water quality simulation. *Hydrol. Process.* **21** (5), 634–646.
- Chen, Q., Morales-Chaves, Y., Li, H. & Mynett, A. E. 2006 Hydroinformatics techniques in eco-environmental modelling and management. *J. Hydroinform.* **8** (4), 297–316.
- Chen, D., Lu, J. & Shen, Y. 2010 Artificial neural network modelling of concentrations of nitrogen, phosphorus and dissolved oxygen in a non-point source polluted river in Zhejiang Province, southeast China. *Hydrol. Process.* **24** (3), 290–299.
- Chon, T. S. & Park, Y. S. 2006 Ecological informatics as an advanced interdisciplinary interpretation of ecosystems. *Ecol. Inform.* **1** (3), 213–217.
- Lj Comić & A. Ostojic (eds). 2005 *The Gruža Reservoir (in Serbian)*. Faculty of Science, Kragujevac, Serbia and Montenegro.
- Dogan, E., Sengör, B. & Koklu, R. 2009 Modeling biological oxygen demand of the Melen River in Turkey using an artificial neural network technique. *J. Environ. Manag.* **90** (2), 1229–1235.
- Evsukoff, A., Branco, A. C. S. & Galichet, S. 2002 Structure identification and parameter optimization for non-linear fuzzy modeling. *Fuzzy Sets Sys.* **132** (2), 173–188.
- Firat, M. & Güngör, M. 2008 Hydrological time-series modelling using an adaptive neuro-fuzzy inference system. *Hydrol. Process.* **22** (13), 2122–2132.
- Giusti, E. & Marsili-Libelli, S. 2009 Spatio-temporal dissolved oxygen dynamics in the Orbetello lagoon by fuzzy pattern recognition. *Ecol. Model.* **220** (19), 2415–2426.
- Jacquin, A. P. & Shamseldin, A. Y. 2009 Review of the application of fuzzy inference systems in river flow forecasting. *J. Hydroinform.* **11** (3–4), 202–210.
- Jang, J. S. R. 1993 ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference Systems. *IEEE Trans. Syst. Man Cybernet.* **23** (5), 665–685.
- Jang, J. S. R. 1996 Input selection for ANFIS learning. In *Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, New Orleans, LA, September (IEEE Neural Networks Council, ed.), pp. 1493–1499.
- Jang, J. S. R. & Sun, C. T. 1993 Functional equivalence between radial basis function networks and fuzzy inference systems. *IEEE Trans. Neur. Net.* **4** (1), 156–159.
- Jang, J. S. R., Sun, C. T. & Mizutani, E. 1997 *Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Kosko, B. 1994 Fuzzy Systems as universal approximators. *IEEE Trans. Comp.* **43** (11), 1329–1333.

- Kuo, J. T., Hsieh, M. H., Lung, W. S. & She, N. 2007 Using artificial neural network for reservoir eutrophication prediction. *Ecol. Model.* **200** (1–2), 171–177.
- Lin, J. Y., Cheng, C. T. & Chau, K. W. 2006 Using support vector machines for long-term discharge prediction. *Hydrol. Sci. J.* **51** (4), 599–612.
- Liou, S. M., Lo, S. L. & Hu, C. Y. 2003 Application of two-stage fuzzy set theory to river quality evaluation in Taiwan. *Water Res.* **37** (6), 1406–1416.
- Marsili-Libelli, S. 2004 Fuzzy prediction of the algal blooms in the Orbetello lagoon. *Environ. Model. Softw.* **19** (9), 799–808.
- May, R. J., Maier, H. R., Dandy, G. C. & Fernando, T. M. K. G. 2008 Non-linear variable selection for artificial neural networks using partial mutual information. *Environ. Model. Software* **23** (10–11), 1312–1326.
- Muttill, N. & Chau, K. W. 2006 Neural network and genetic programming for modelling coastal algal blooms. *Int. J. Environ. Pollut.* **28** (3–4), 223–238.
- Ostojić, A., Čurčić, S., Čomić, Lj. & Topuzović, M. 2005 Estimate of the eutrophication process in the Gruža Reservoir (Serbia and Montenegro). *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* **33** (6), 605–613.
- Palani, S., Liong, S. Y. & Tkalich, P. 2008 An ANN application for water quality forecasting. *Marine Pollut. Bull.* **56** (9), 1586–1597.
- Pereira, G. C., Evsukoff, A. & Ebecken, N. F. F. 2009 Fuzzy modelling of chlorophyll production in a Brazilian upwelling system. *Ecol. Model.* **220** (12), 1506–1512.
- Ranković, V., Radulović, J., Radojević, I., Ostojić, A. & Čomić, Lj. 2010 Neural network modeling of dissolved oxygen in the Gruža reservoir, Serbia. *Ecol. Model.* **221** (8), 1239–1244.
- Sengorur, B., Dogan, E., Koklu, R. & Samandar, A. 2006 Dissolved oxygen estimation using artificial neural network for water quality control. *Fresen. Environ. Bull.* **15** (9a), 1064–1067.
- Singh, K. P., Basant, A., Malik, A. & Jain, G. 2009 Artificial neural network modeling of the river water quality – a case study. *Ecol. Model.* **220** (6), 888–895.
- Soyupak, S. & Chen, D. G. 2004 Fuzzy logic model to estimate seasonal pseudo steady state chlorophyll-a concentrations in reservoirs. *Environ. Model. Assess.* **9** (1), 51–59.
- Soyupak, S., Karaer, F., Gürbüz, H., Kivrak, E., Sentürk, E. & Yazici, A. 2003 A neural network-based approach for calculating dissolved oxygen profiles in reservoirs. *Neural Comput. Appl.* **12** (3–4), 166–172.
- Sugeno, M. & Kang, G. T. 1988 Structure identification of fuzzy model. *Fuzzy Sets Syst.* **28** (1), 15–33.
- Takagi, T. & Sugeno, M. 1985 Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.* **15** (1), 116–132.
- Vandenberghe, V., Bauwens, W. & Vanrolleghem, P. A. 2007 Evaluation of uncertainty propagation into river water quality predictions to guide future monitoring campaigns. *Environ. Model. Software* **22** (5), 725–732.
- Wang, H., Kwong, S., Jinb, Y., Wei, W. & Mand, K. F. 2005 Multi-objective hierarchical genetic algorithm for interpretable fuzzy rule-based knowledge extraction. *Fuzzy Set. Syst.* **149** (1), 149–186.
- Wang, W. C., Chau, K. W., Cheng, C. T. & Qiu, L. 2009 A comparison of performance of several artificial intelligence methods for forecasting monthly discharge time series. *J. Hydrol.* **374** (3–4), 294–306.
- Wieland, R. & Mirschel, W. 2008 Adaptive fuzzy modeling versus artificial neural networks. *Environ. Model. Software* **23** (2), 215–224.
- Ying, Z., Jun, N., Fuyi, C. & Liang, G. 2007 Water quality forecast through application of BP neural network at Yuquio reservoir. *J. Zhejiang Univ. Sci. A.* **8** (9), 1482–1487.

RUBRIKA
RUBRIKA

Management Information System of Lakes and Reservoirs¹

Dušan Stefanović^a, Ivana Radojević^b, Ljiljana Čović^b, Aleksandar Ostojić^b,
Marina Topuzović^b, and Ana Kaplarević-Mališić^a

^a Institute of Mathematics and Informatics, Faculty of Science, University of Kragujevac 34000 Kragujevac,
Radoja Domanović a 12, Serbia

^b Institute of Biology and Ecology, Faculty of Science, University of Kragujevac 34000 Kragujevac,
Radoja Domanovića 12, Serbia

e-mail: dusans@kg.ac.rs

Received March 17, 2011

Abstract—Information technologies provide a significant support in the management of lakes and reservoirs. Existing information systems mostly did not comprise all the necessary data and enabled collecting only a limited set of reports. More complex data analyses such as statistical analyses and data research were conducted in separate environments and required additional preparation of the data. Information system of lakes and reservoirs in Serbia (SeLaR) was produced in order to provide all the necessary information for lake and reservoir management. The information system integrates a large data set and provide users with necessary information in the form of reports and charts. The users of the system are scientists and experts who study these issues, as well as students with the objective of continuous education. Furthermore, an interface was produced to enable linking with data research software. In this way a unique working environment was created to provide users with an efficient model of acquiring all the information necessary for the management and to find out new facts in data interaction, and also to make a forecast. This study presents an overview of the information system, its production model, the information available and the possibilities of data research.

Keywords: Information System; Data Mining; Management; Water quality; Lakes; Reservoirs.

DOI: 10.1134/S0097807812040124

Contemporary world is facing the fact that there is a discrepancy between different needs for drinking water and available resources of relatively clean water. There is a tendency for the proportion between the needs for and the availability of clean water to be violated under the influence of a rising number of populations as well as a greater contamination of water systems. Therefore, it is necessary to maintain the state of reservoirs, both natural and artificial ones, at a satisfactory level. As lakes are evolutionary, natural and contemporary hydrographic objects, the research, especially if related to the living world and ecological relations, has to be constant, systematic, versatile and purposeful. Lake ecosystems are very susceptible to various influences, which is caused by a small degree of self-regulation, wherefore the preventive lake protection is better than remediation of the harmful effects [13].

The application of information technologies is very significant in managing lakes and reservoirs. Information technologies enable merging all the relevant facts needed for managing as well as for showing them in the form best suitable for the user. For example, the unique information system of European lakes where

the data are organised within a relational database in five basic tables: station information, chemistry sample information, biology sample information, chemistry values (including variables such as pH or phosphorus) and biological values (such as biomass or abundance per taxon) [22]. A special attention is given to the systems dealing with water quality. For example, information system for determining IBI (The Index of Biotic Integrity) for fish communities based on a greater number of input parameters [31], information system for managing water resources by integrating hydro-chemical, hydrological, data about microbiology, phytoplankton, zooplankton, macrophytes etc. [15], information system based on relational database containing a fuzzy models for water quality determining [19, 20, 21], real time information and control system for decision support [11], etc.

The objective of the information system (IS) SeLaR is creating an integral and purposeful information system about lakes and reservoirs in Serbia. It should enable gathering in one place all the available data concerning lakes and reservoirs in Serbia, a relatively easy access to scientific data and manipulation, a new, modern and contemporary insight into the state of lakes and hydroreservoirs in Serbia, as well as an

¹ The article is published in the original.

integrated and coordinated management of the data and obtaining the information necessary for monitoring, management and education. Besides various previous of combined data, IS SeLaR should also give answers to other challenges such as information analysis and application, parameter comparison, statistical supplementation, etc. The objective of the data analysis is to determine dependence between entities, unknown relations, regularities of dynamics of specific characteristics, and predictions. Database designed in this way can also be the basis for simulation.

Information system (IS) SeLaR was created in order to improve the management of lakes and reservoirs. It is the first system containing ordered data related to the state of lakes and reservoirs in Serbia. The system is designed for a great number of users, especially in the fields of biology and ecology (researchers, students, etc.), as well as for other participants in reservoir managing. Hence, it is implemented as the Intranet and the Internet application. It supports all kinds of management, as well as a sustainable exploitation of water resources in general.

CREATING INFORMATION SYSTEM

Object-oriented approach with the use of UML (Unified Modelling Language) was used for creating the information system [3, 23]. UML enables modelling of information systems of various applications using several diagrams, comprising basic Use Case and Class diagram. Use Case diagram gives an overview of the system from the viewpoint of the user, i.e. the overview of what should be included in an information system. Class diagram gives an overview of the classes in the system where those related to real system entities can be directly transformed into a data model, and then into a relational database. Basic components of SeLaR information system are database maintaining, report and the analysis of data. Database as the model of the real system contains all the entities relevant to the realisation of the set objectives. These entities are lakes and reservoirs, physical dimensions, location, events, etc. (Table 1). The entities have their characteristics which are contained in the database. In the scope of data analysis tools, these characteristics are marked as variable. Individual values of the characteristics are marked as objects (in the database they correspond to classes in the table). The aim is to enable different aspects of researching lakes and reservoirs by covering these data.

The selection of significant components for creating IS (in this case entities) is based upon scientific facts which are obtained on the basis of previous research which study lakes and reservoirs, and which refer to their functioning and the parameters which influence them [4, 5, 17, 30]. All the necessary data are concentrated in the relational database, all in one place. One group of these parameters refers to physical, climatic and topographic characteristics of lake

surroundings, the other to physical-chemical and biological characteristics of lakes and reservoirs [7, 8, 16]. The important parameters are the depth and the location within the lake [26]. Regarding the importance of lakes and reservoirs in quality drinking water supplying, different methods of analysing and assessing water quality have been developed [18, 14]. According to this, three groups of entities have been integrated into the database: the entities referring to characteristics of lakes and reservoirs and their surroundings, the entities containing the values of different parameters (physical-chemical and biological) and calculated values representing the characteristics of the system such as water quality and the entities referring to systematic categories. A brief description of all basic entities which correspond to the classes in the class diagram is as follows in Table 1.

Data model, i.e. database, provides a high degree of semantics of a real system. This means that it contains essential data about lakes and reservoirs, which provide objective realisation of the information system. These data are structural and linked in order to enable a quality and effective maintaining (new data input, changing or deleting) and a simple acquisition of various information in the form of inquiries, tables and graphical overviews. This enables monitoring relevant parameters in managing lakes and reservoirs, such as the state of flora and fauna, water quality state in space and time and such like. Besides these features, SeLaR information system enables far more advanced methods of data analysing such as statistical analysis and Data Mining [6, 12, 27, 29]. There is a unique interface which provides an automatic transfer of data from the database to data structures required by the software for statistical processing and Data Mining. This provides a unique working environment where data are input into the system only once, when they are created, afterwards being available in the realisation of inquiry and analysis.

A data model formed in this way has a universal character and it is useful in producing the information system of lakes and reservoirs independently of their location.

INFORMATION SYSTEM OVERVIEW

The basic functions of the information system are maintaining of the database and generating reports. Database maintaining is a set of activities including new data inputs, alteration and deletion of data. Database maintaining is realised through a set of screen forms for new data inputs, alteration and deletion of existing data. These screen forms should provide the quality of existing data as well as efficiency and order in the working process. The first three columns of the main page (Lake and reservoir, Register and Register of systematic) refer to maintaining the database and they consist of a set of screen forms which correspond to certain entities. Generating report presents the set

Table 1. Overview of the entity system

Name of entities	Description of entities
Ecosystem	Types of ecosystem (Lake or Reservoir/LR)
LR Types	Types of Lake or Reservoir (LR) regarding the way of their creation (tectonic, aeolian, reservoir, etc.)
Types of water mixing	The type of water mixing
Retention Time	The average time a water molecule will spend in that reservoir
Events	Data about relevant events which have impact on LR, such as floods, algal bloom, rapid water level falling, etc.
Activities	Activities such as tourism, sport activities, fishing, traffic, etc.
Climatic characteristics	Data such as air temperature, water temperature, precipitation, etc.
Land use	Data such as fields, woods, pastures, orchards, sport, roads, etc.
Surrounding population	Data such as the number of settlements, population density, etc.
Interventions	Data such as addition of CuSO ₄ , hypolymnetic aeration, etc.
Physical dimensions	Data about surface area, volume, maximal depth, average depth, average annual amplitude, surface area, length and width of the basin, the batimetric map of the lake, etc.
Purification	Data such as activities on sanitary protection and waste water purification
Lake-Reservoir	Basic, time invariable characteristics of lakes and reservoirs such as LR description, location (geographical length and width, altitude, map), data related to dam (height, length, top, length of the dome)
Rivers and channels	Data about rivers and channels flowing into or out of LR
Physical-chemical parameters	Physical-chemical parameters with appropriate units
Biological parameters	Data about biological parameters including the appropriate units
Group Characteristics	Characteristics referring to a specific biological community
Method_characteristics	Methods applied for individual characteristics. For example, standard methods for assessing water quality [1, 2]
LR_GC_Values	The values of characteristics measured on a specific date for micro-location in the lake (location on LR, depth). According to this it is possible to record more values of one characteristic—for example, the values of water characteristics referring to different reservoirs, locations in the lakes and dates together with different methods of water quality measuring
Units	Codes of units referring to values of all types of parameters
Phylum, Class, Ordo, Family, Genus, Species	Systematic categories

of screen forms and the reports which provide all the necessary information to the users. An example of a standard report is presented in Fig. 1. The report includes basic data on the reservoir Gruža with a photo.

Besides the contents of the entities and their relations, there are also reports which contain connected data from more entities or which present certain calculations (indexes, water quality characteristics). The objective is to present discrepancies in the reports without a detailed analysis. Users access the database, both for its maintaining and for reporting, through an appropriate user interface. SQL Server is used for the realisation of this system as the system for database managing, SQL Project as the user interface and EXCEL for graph data.

The following Fig. 2 and Fig. 3 show some of many graphical interpretations of the reports. Data refer to

Gruža Reservoir. Figure 2 shows a three-dimensional graphical report of average annual proteolytic bacteria on three selected locations. It can be observed that the highest values are registered in 1999, in the year of great diluvial waves. Lake code, years, locations and characteristics are specified as input parameters in order to obtain reports.

Figure 3 shows the report of water quality according to WQI method. In order to obtain the information, the following data are input: lake code (from the pull-down list of all lakes), time period for calculating quality and the method according to which water quality is determined from the appropriate pull-down list.



Fig. 1. Basic data on Lake Gruza.

DATA ANALYSIS

The aim of data analysis is to determine still unknown relations (dependences) between entity attributes, their mutual characteristics and the prediction of future behaviour. Data analysis enables making conclusions and conducting appropriate measures within managing lakes and reservoirs according to proposed objectives. As seen from the database description, all relevant changes upon entities are registered per date and location. It enables data analysis in temporal and spatial dimension. Before starting data analysis it is necessary to conduct denormalisation [9]. Denormalisation is conducted through specialised user interface which transforms relations from relational database into the structures suitable for processing by the software suitable for analysis. Specialised software is used for data analysis: SQL Server, Analysis Services, Excel and SPSS.

Data analysis in Excel is conducted by using analytical components of SQL Server 2008 [28]. Data

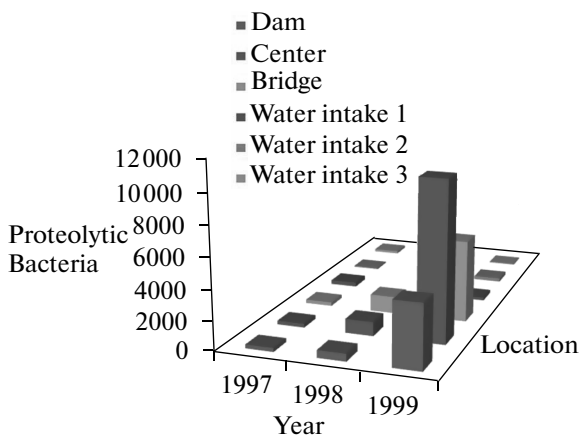


Fig. 2. Average annual values of proteolytic bacteria for three selected years per one location.

from relational database are transformed into appropriate multidimensional structures through a specialized user interface. It means that the user can use appropriate data structures transformed from the database with no engagement of his own. Excel offers different possibilities for data analysis and serves as powerful, flexible and easy to use client application [10]. Each analysis contains the following steps: modelling, model realisation and report presenting. Modelling encompasses, first of all, determining features, e.g. physical-chemical (oxygen, BOD, total phosphates, orthophosphates, nitrites, nitrates, ammonia, etc.), microbiological (heterotrophic psychrophiles and mesophiles, fecal coliform, total coliform, E. coli etc.), features such as location, depth, which are included in the model. Determining entity features

Water Quality

WQI

Lake or Hydro Accumulation	
Code:	10
Name:	Gruza

From: 1/1/2003
 To: 8/20/2010
 Location: Brana
 Depth: 5 m
 River:

Category:	Serbian WQI
I Value:	II Class
	Good I

No.	Parameter	Value
1	Temperature (Celcius)	18.06
2	Saturation	70.26
3	BOD (BPK 5) mg/l	2.2
4	Ammoniac	0.13
5	E. coli (br/ 100cm@3)	
6	PH	7.97
7	Total Oxidised Nitrogen (mg/l,N)	0.85
8	Phosphate (mg/l, P)	0.02
9	SS (mg/l)	
10	Conductivity (micro S/cm)	310.96

Fig. 3. Water quality data according to WQI method.

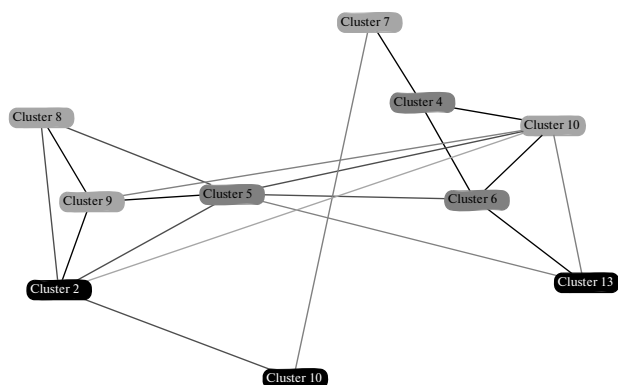


Fig. 4. Cluster diagram for the projected model.

which are included in the model depends on the objective of the analysis. Before carrying out the algorithm it is necessary to check and clear the data and to determine parameters. For example, in Cluster analysis some parameters which are used are: Minimum_Support controls when a cluster is considered “empty” and it is discarded and reinitialised, Stopping Tolerance is used by the algorithm to determine when a model has converged. Model realisation represents carrying out a particular algorithm on the model. The reports consist of a table and graphical overviews. Overviews of the analysis for cluster and classification are given on the example of oxygen level in Gruza accumulation.

Cluster

Cluster has a similar function as Detect Categories only it provides more information. The objective of clustering is to find groups that are very different from each other, and whose members are very similar to each other. Unlike classification (see Predictive Data

Mining below), you do not know what the clusters will be when you start, or by which attributes the data will be clustered. If each object is assigned one and exactly one cluster then this is @hard clustering@. There are several algorithms used for Cluster [9, 28]. The Microsoft Clustering algorithm allows two distinct methods of cluster assignment: @K-means@ and @expectation maximization@ (EM).

The example below shows a model which consists of locations, depths, water temperatures and oxygen. The objective is to identify, if present, patterns according to which features contained in the model behave. 10 clusters were initialised. Figure 4 presents a Cluster diagram which shows a graphical representation of the data associations found. The significant clusters or nodes of data are shown as shaded rectangles. The most important are the first three clusters, and then the fourth one. The majority of the objects is concentrated in these clusters. Dark lines represent a strong connection between the clusters.

A more detailed analysis of the cluster is possible based on other cluster overviews, whereas the most important one is the description of their characteristics. Out of 10 clusters, clusters 2 and 6 are presented below as an illustration (Table 2).

Variable (feature) spectrums and probabilities with which they participate in a specific cluster are given for each cluster. Based on the analysis of cluster features dominant variables and probabilities in specific clusters can be detected. For example, if the focus of analysis is oxygen (which is determined by modelling), we can see that it is predominant in cluster 2 with values of 10.5–19 mg/l and the probability of 81%. Also, the most influential feature in this cluster is the location with the values of 21–32 (these locations refer to deltas and tributaries of accumulations). Relatively important influence is that of water temperature 50% with values of 0.2–9.8°C, then depth values of 14–15 and

Table 2. Overview of the characteristics of cluster 2 and cluster 6

Cluster 2			Cluster 6		
Variables	Values	Probability, %	Variables	Values	Probability, %
Location	21–32	89	Oxygen	0.1–5.0	92
Oxygen	10.5–19.0	81	Depth	2–7	80
Temperature	0.2–9.8	50	Location	10–15	72
Depth	14–15	34	Temperature	14.4–19.1	52
Temperature	9.8–14.4	26	Temperature	9.8–14.4	31
Oxygen	7.8–10.5	18	Location	1–9	28
Depth	11–13	16	Depth	8–10	20
Temperature	14.4–19.1	11	Temperature	19.1–30.5	14
Location	16–20	8	Temperature	0.2–9.8	3
Temperature	19.1–30.5	3			
Oxygen	5.0–7.8	1			

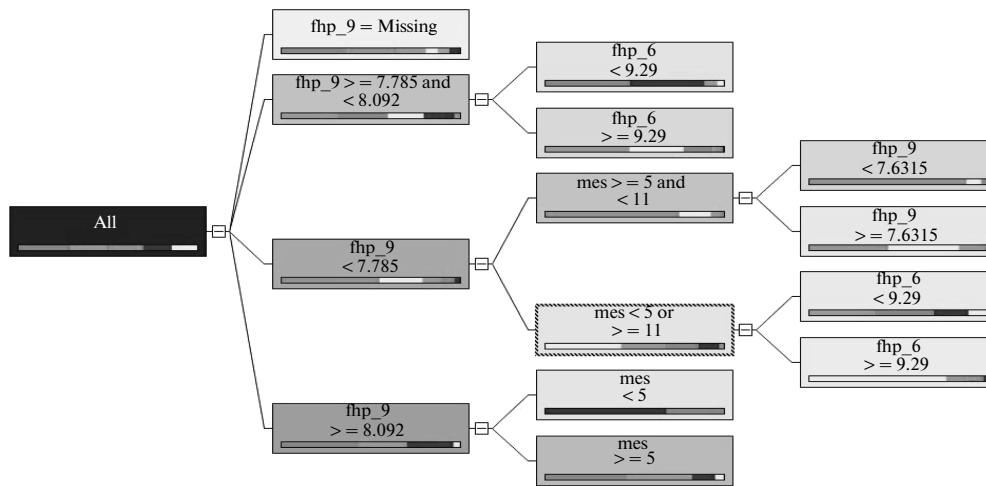


Fig. 5. Decision tree for oxygen.

the probability at 34%. As opposite to cluster 2, the lowest levels of oxygen are in cluster 6 (0.1–5 mg/l) with the probability of 92%. Importantly, depth values reach 2–7 meters (80%) and water temperature from 10 to 15°C with the influence of 72%. The analysis of differences can be observed in the best way in Cluster discrimination.

Model realisation can be repeated with a changed parameter which refers to a maximum number of clusters. As the maximum number of clusters increase, so does the convergency of the model.

Classify

A classification model extracts patterns that predict individual values of one column based on the values in other columns. Algorithms used are Decision Trees, Naive Bayes and Neural Nets. Microsoft Decision Tree is a hybrid and supports classification, regression and association. The classification for oxygen was made regarding other physical-chemical parameters. The first obtained diagram reveals the dependency net. Oxygen values for Gruza accumulation depend on pH, temperature and month. The next diagram which is obtained is a decision tree.

Figure 5 presents a decision tree showing the identified pattern upon which the dependency net with pH, temperature and month was determined. The pattern identified five classes which are formed based on grouping oxygen values. The first category consists of oxygen values < 3.1 mg/l, the second >= 11.88 mg/l, the third 3.1–6.88 mg/l, the fourth 6.88–9.38 mg/l and the fifth >= 9.38–11.88 mg/l. Probabilities for oxygen values were calculated according to categories for each node. Each category is marked by one colour on the decision tree diagram which is proportional to its probability. On the root node (All) which refers to the whole sample irrespective of pH values, tempera-

ture and month, probabilities of oxygen values according to categories (Table 3) are calculated. It can be observed that oxygen values in the range 6.88–9.38 will appear with the probability of 22.29.

Level 2 shows that pH values exert a primary influence on oxygen values. Generally, higher pH values produce a higher level of oxygen and vice versa, lower pH values produce a lower level of oxygen. For pH >= 8.1 the probability that oxygen values will be > 6.88 mg/l is even up to 95.16%. In the months during summer the probability will be significantly increased. So, for pH >= 8.1 and the month < 5 the probability that oxygen values will be > 9.38 mg/l is increased up to 99.63%, whereas the probability that it would be > 11.88 mg/l is 67.03%. For pH < 8.1 the probability that oxygen value is <6.88 mg/l is 78.00%, and that it is <3.1 mg/l is 53.47%. During summer months it decreases significantly, so during the period from the fifth to the tenth month the probability that oxygen value is <6.88 mg/l is 91.56%, whereas the probability that it will be <3.1 mg/l is 73.71%.

Analysis of the impacts of different parameters on oxygen content in the reservoir Gruza was tested based on data from the database and other tools and models, which are all shown similar conclusions [24, 25]. Some specifics and differences can be explained by the

Table 3. Probabilities of oxygen values on a root level

Value	Cases	Probability	Color
<3.1	228	20.43	Green
≥11.88	176	15.83	Purple
3.1–6.88	170	15.29	Yellow
6.88–9.38	249	22.29	Red
9.38–11.88	290	25.92	Blue

smaller data set and their coherence during a shorter time period.

The examples show that IS SeLaR can provide necessary information to the users in the way that is the most suitable for them. The information may be about entities such as general characteristics about lakes and reservoirs, the state of water quality, the state of various biological communities, etc. Additionally, obtaining information on the dynamics of variables in space and time and comparing variables of different lakes and reservoirs is also possible in a quite simple way. A complete statistical data processing and Data Mining are enabled. A particular convenience is the possibility to use software tools for statistical analysis and Data Mining excluding additional preparation of data which is a usual procedure. The users of the system can use it without engaging computer specialists.

The IS enables various ways for management of Serbian lakes and reservoirs at the local level, as well as at higher regional or even national level, requiring the cooperation of all relevant institutions. It is currently used in cooperation with the Public Utility Company for Water Supply and Sewerage for the various reporting and analysis that were applied in practice for the management of the reservoirs Gruza and Grosnica.

CONCLUSION

Informational system SeLaR presented in this paper was developed with the purpose of integrating all the relevant factors for monitoring and management of reservoirs and lakes in Serbia. It is a necessary step toward improving the current situation in management of lakes and reservoirs. SeLaR IS enables:

- Collecting and maintaining of all relevant data;
- Spatial and temporal monitoring of the state trough physical, climatic, topographic characteristics of the lake surroundings, as well as hydrological, physical, chemical and biological characteristics and human influence;
- Finding and analyzing relationships between variables;
- Dynamics analysis;
- Detection patterns of dynamic variables or groups of variables;
- Creation of different Data Mining models for predictions and decision support.

All this was accomplished by a specific original application logic which links the database of the information system with data structures and models which are necessary for statistical processing of the data and Data Mining. SeLaR information system is a scientifically

based system for water resources management and enables assessment of the efficiency of the existing monitoring system and provides ways of their improvement. The system supports a great number of users, especially in a field of science, but also for the other

participants in management of reservoirs and it enables their cooperation. It provides all forms of management and sustainable exploitation of water resources in whole, and enables transfer of information and knowledge as well as creation of network of researchers. The SeLaR IS represents virtual laboratory available to a great number of users which can coordinate, synchronise and exchange their research data.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by the Ministry of Science of Serbia. The authors are thankful to the Public Utility Company for Water Supply and Sewerage which gave access to data needed for the purpose of this paper.

REFERENCES

1. APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation, 1995.
2. APHA, AWWA, WEF, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed. Washington, DC: American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation, 2005.
3. Booch, G., Rumbaugh, J., and Jacobson, I., *The Unified Modeling Language User Guide*, Addison Wesley, 1998.
4. Bremigan, M.T., Soranno, P.A., Gonzalez, M.J., et al., Hydrogeomorphic Features Mediate the Effects of Land Use/Cover on Reservoir Productivity and Food Webs, *Limnol. Oceanogr.*, 2008, vol. 53, no. 4, 1 pp. 1420–1433.
5. Cheruvilil, K.S. and Soranno, P.A., Relationships between Lake Macrophyte Cover and Lake and Landscape Features, *Aquat. Bot.*, 2008, vol. 88, pp. 219–227. 1
6. Conrads, P. and Roehl, E., Estimating Water Depths Using Artificial Neural Networks, *HIC, 7th International Conference on Hydroinformatics*, Nice, 2006.
7. Elçi, S., Effects of Thermal Stratification and Mixing on Reservoir Water Quality, *Limnol.*, 2008, vol. 9, no. 2, 1 pp. 135–142.
8. Gergel, S., Turner M., and Kratz, T., Dissolved Organic Carbon as an Indicator of the Scale of Watershed Influence on Lakes and Rivers, *Ecol. Appl.*, 1999, vol. 9, 1 no. 4, pp. 1377–1390.
9. Han, J. and Kamber, M., *Data Mining: Concepts and Techniques*, Morgan Kaufmann Publishers, 2000.
10. Harts, D., *Microsoft Office 2007 Business Intelligence*, McGraw-Hill, 2008.
11. Imberger, J., A Lake Diagnostic System for Managing Lakes and Reservoirs, *Water Resources Impact.*, 2004, vol. 6, no. 1, pp. 7–10. 1
12. Jørgensen, S.E., The Application of Models to Find the Relevance of Residence Time in Lake and Reservoir Management, *J. Limnol.*, 2003, vol. 62 (Suppl. 1), 1

- Papers from Bolsena Conference (2002), Residence Time in Lakes: Science, Management, Education.
13. Jørgensen, S.E., Löffler, H., Rast, W. and Straskraba, M., Lake and Reservoir Management, *Developments in Water Sciences*, 2005a, vol. 54, pp. 1–502, Elsevier, B.V., Amsterdam, ISBN: 978-0-444-51678-7.
 14. Jørgensen, S.E., Xu F.-L. and Costanza, R., *Handbook of Ecological Indicators for the Assessment of Ecosystem Health*, 2005b, Elsevier, New York.
 15. Kondrat'ev, S.A., Ul'yanova, T.Yu., Moiseenkov, A.I., Izmailova, A.V., and Shkrebets A.E., Information Support for Studying Water Resources of Lake Ladoga and Its Basin, *Water Resources*, 2006, vol. 33, no. 5, pp. 494–498.
 16. Magnuson, J.J., Webster, K.E., Assel, R.A., Bowser, C.J., Dillon, P.J., Eaton, J.G., Evans, H.E., Fee, E.J., Hall, R.L., Mortsch, L.R., Schindler, D.W., and Quinn, F.H., Potential Effects of Climate Changes on Aquatic Systems: Laurentian Great Lakes and Precambrian Shield Region, *Hydrol. Process.*, 1997, vol. 11, pp. 825–871.
 17. Martin, S.L. and Soranno, P.A., Lake Landscape Position: Relationships to Hydrologic Connectivity and Landscape Features, *Limnol. Oceanogr.*, 2006, vol. 51, pp. 801–814.
 18. May, R., Dandy, G., Maier, H., and Nixon, J., Application of Partial Mutual Information Variable Selection to ANN Forecasting of Water Quality in Water Distribution Systems. *Environ. Model. Soft.*, 2008, vol. 23, nos. 10–11, pp. 1289–1299.
 19. Menshutkin, V.V., Filatov, N.N., and Potakhin, M.S., “Karelian Lakes” Expert System: 1. Ordinal and Nominal Characteristics of Lakes, *Water Resources*, 2009a, vol. 36, no. 2, pp. 148–159.
 20. Menshutkin, V.V., Filatov, N.N., and Potakhin, M.S., “Karelian Lakes” Expert System: 2. Classification of Lakes. *Water Resources*, 2009b, vol. 36, no. 3, pp. 284–295.
 21. Mitreski, K., Koneski, Z., Naumov, N., and Davcev, D., Web-Based Information System for Pollution Monitoring of Lake Ohrid, *Water, Air and Soil Pollut.: Focus*, 2004, vol. 4, nos. 4–5, pp. 189–199.
 22. Moe, J., Dudley, B., and Ptacnik R., REBECCA Databases: Experiences from Compilation and Analyses of Monitoring Data from 5,000 Lakes in 20 European Countries, *Aquat. Ecol.*, 2008, vol. 42, no. 2, pp. 183–201.
 23. Naiburg, E. and Maksimchuk, R., *UML for Database Design*, Addison Wesley, 2001.
 24. Ranković, V., Radulović, J., Radojević, I., Ostojic, A., and Čomić, Lj., Neural Network Modeling of Dissolved Oxygen in the Gruža Reservoir, Srbija, *Ecol. Model.*, 2010, vol. 221, pp. 1239–1244.
 25. Ranković, V., Radulović, J., Radojević, I., Ostojic, A., and Čomić Lj., Prediction of Dissolved Oxygen in Reservoirs Using Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System, *J. Hydroinformatics*, 2011, (in press), Available online 25 April 2011. DOI:10.2166/hydro.2011.084
 26. Roehl, E. and Cook, J., Effects of Nonpoint Source Marsh Loading on Complex Estuaries, *NEIWPCC, Conference on Nonpoint Source Loading*, Plymouth, MA, 2010.
 27. Soranno, P.A., Cheruvilil, K.S., Stevenson, R.J., Rollins, S.L., Holden, S.W., Heaton, S., and Torng, E., A Framework for Developing Ecosystem-Specific Nutrient Criteria: Integrating Biological Thresholds with Predictive Modeling, *Limnol. Oceanogr.*, 2008, vol. 53, no. 2, pp. 773–787.
 28. Tang, Z. and MacLennan, J., *Data Mining with SQL Server 2005*, Wiley Publishing, Inc., 2005.
 29. Tong, S. and Chen, W., Modeling the Relationship between Land Use and Surface Water Quality, *J. Environ. Manage.*, 2002, vol. 66, no. 4, pp. 377–393.
 30. Webster, K.E., Soranno, P.A., Baines, S.B., Kratz, T.K., Bowser, C.J., Dillon, P.J., Campbell, P., Fee, E.J., and Hecky, R.E., Structuring Features of Lake Districts: Geomorphic and Landscape Controls on Lake Chemical Responses to Drought, *Freshw. Biol.*, 2000, vol. 43, pp. 499–515.
 31. Williams, J.B. and Poff, N.L., Informatics Software for the Ecologist's Toolbox: A Basic Example, *Ecol. Inform.*, 2006, vol. 1, no. 3, pp. 325–329.

SPELL: 1. vol

Full Length Research Paper

Total coliforms and data mining as a tool in water quality monitoring

Ivana D. Radojević^{1*}, Dušan M. Stefanović², Ljiljana R. Čomić¹, Aleksandar M. Ostojić¹,
Marina D. Topuzović¹ and Nenad D. Stefanović²

¹Institute of Biology and Ecology, Faculty of Science, University of Kragujevac, 34000 Kragujevac, Radoja Domanovića 12, Serbia.

²Institute of Mathematics and Informatics, Faculty of Science, University of Kragujevac, 34000 Kragujevac, Radoja Domanovića 12, Serbia.

Accepted 10 February, 2012

Total coliforms, as a microbiological indicator of water quality, have been tested on the basis of condition, dynamics, as well as on the dependence on other physicochemical and biological parameters, by methods and models of data mining. Using a combination of intelligent approaches, cluster analysis and classification, total coliforms have been analyzed and modeled on the examples of the Gruža and the Grošnica reservoirs. These reservoirs have different morphometric characteristics, different trophic status as well as dominant bacterial communities. The study is based on the existing information system and automated data analyses for the period of 10 years. The system determines the accuracy of analyses by validity percentage. The analyses show that the number of total coliforms is connected to anthropogenic activity, the amount of organic mater, as well as to the presence of bacterial community which is not dominant or characteristic for the specific reservoir.

Key words: Total coliforms, reservoir, water quality, data mining, cluster analysis, classification.

INTRODUCTION

Water quality is determined according to its physical, chemical and biological parameters (Sargaonkar and Deshpande, 2003). The main problem is the complexity of the analysis of great number of variables as well as their variability due to natural and human influences (Saffran, 2001; Simeonov et al., 2002). Classification, modeling and interpretation of great number of data are an important segment of water quality monitoring (Boyacioglu and Boyacioglu, 2007).

In recent years, various tools and techniques of data

mining have become an important part of monitoring of water quality status; they also provide prediction of changes, and are significant in the processes of sustainable monitoring of water resources (Kumar et al., 2006). Data mining also known as "knowledge-discovery in databases" implies automatic or semiautomatic research and analysis of great amount of data in order to discover patterns and relations hidden among the data (Han et al., 2010).

In water quality assessment the microbial community has special significance, especially in terms of protecting public health. Coliform bacteria, normally present in intestinal tract of humans and worm-blooded animals, can secondary be found on plants, in the soil and in waters. Although primarily non-pathogenic, their presence refers to the presence of disease-causing organisms. They reach natural waters mainly during rainfall, through runoff from agricultural and urban lands as well as through drainage (Medema et al., 2003). Total (TC) and fecal coliforms (FC) as indicators of previous and new fecal pollution, are often used as indicators of microbial water quality (Rompré et al., 2002). TC is used

*Corresponding author. E-mail: ivana@kg.ac.rs. Tel: +381 34 336 223. Fax: +381 34 335 040.

Abbreviations: TC, total coliforms; H, heterotrophs; Hm, heterotrophs (mesophile); FO, facultative oligotrophs; BOD₅, 5-day biochemical oxygen demand; Mn, manganese; COD, chemical oxygen demand; TP, total phosphate; EC, conductivity; Fe, iron; NH₄⁺, ammonia; Chl-a, chlorophyll a; Cl⁻, chloride; TSS, total suspended solids; MPN, Most Probable Number; cfu, colony forming units; CA, cluster analysis.

as a parameter giving basic information on microbiological quality of surface waters (WHO, 2008).

Different factors influence the number and dynamics of coliform bacteria in natural surface waters. Physicochemical and biological properties of water, such as pH, dissolved oxygen, temperature, phosphates, BOD₅, SS, organic and inorganic nutrients, humic substances, predacious microorganisms such as protozoa, also have an important role (McCambridge and McMeekin, 1984; Curtis et al., 1992; Bagde and Rangari, 1999; Youn-Joo et al., 2002; Juhna et al., 2007; Syed Ahmad et al., 2009; Hong et al., 2010). Environmental factors also have great influence: atmospheric conditions (precipitation and solar radiation), surface runoff, human activities causing contamination such as different use of land – agricultural, urban, industrial (Gameson and Saxon, 1967; McCambridge and McMeekin, 1984; Fisher and Endale 1999; Kistemann et al., 2002; Tong and Chen, 2002; George et al., 2004; Mehaffey et al., 2005; Byamukama et al., 2005; Zhang and Lulla, 2006; Derlet et al., 2008).

The Gruža and the Grošnica reservoirs are important sources of water supply for Kragujevac city and its surroundings. In previous period, these reservoirs were subjects to various hydro-biological researches (Ćurčić and Čomić, 2002; Ostojić et al., 2005, 2007), concluding that Gruža is eutrophic reservoir in which the dominant community is the heterotrophic bacteria while Grošnica is oligo-mezotrophic reservoir in which the facultative oligotrophic is the dominant bacteria group. The number of total coliforms was observed in standard microbiological researches but they have never been subject to any further researches.

The analysis, modeling and prediction of the number of total coliforms were performed by various statistical and other tools, among which data mining tools were less frequent (Canale et al., 1973; Mahloch, 1974; Bergstein et al., 2001; Brion et al., 2002; Idakwo and Abu, 2004; Derlet et al., 2008; Iscen et al., 2008; Syed Ahmad et al., 2009). Due to the importance of coliform bacteria in determining quality of natural waters, the aim of this paper is to automatically, with chosen methods and models of data mining, determine the dependence degree and the size of influence of physicochemical and biological parameters on abundance and dynamics of total coliform bacteria, based on the data implied in information system for the two reservoirs with different morphometric characteristics, trophic status and dominant bacterial community.

MATERIALS AND METHODS

Study area and water quality data

The city of Kragujevac (in the central part of Serbia) is supplied with water from the Gruža and the Grošnica reservoirs (Figure 1). Characteristics and the values of trophic state parameters of both reservoirs are given in previous paper (Ostojić et al., 2007). The

data set used in this study was generated through monitoring of the water quality of the Gruža and the Grošnica reservoir. The data set includes the data of the laboratory for water quality inspection of the public utility company for water supply and sewerage in Kragujevac. Monthly sampling was carried out during the period of ten years (1998 to 2008). Three permanent sampling sites were selected for qualitative and quantitative sampling for Grošnica reservoir and five sampling sites for Gruža reservoir (Figure 1). Samples were taken at every 5 m of depth. Analyses were performed by using standard methods (APHA, 1998). Physicochemical, microbiological and other parameters used for modeling are same for both reservoirs. They were taken from the information system Serbian lakes and reservoirs (SeLaR), and are described in detail in the paper Stefanović et al. (2012).

Data set for Gruža reservoir includes 1608 samplings, out of which 640 values for TC are missing, therefore 968 data have been used for the analysis. For Grošnica reservoir the data set implies 382 sampling, out of which 172 include TC values and they have been used for the analysis.

Data analysis, methods and models

In our case, data source is relational database of the SeLaR information system. This database stores a wide spectrum of different data such as characteristics of lakes and reservoirs, their geographic positions, characteristics of the surroundings etc. It also stores values of physical, chemical and microbiological parameters measured over the years at different locations and depths of lakes and reservoirs. This way, it integrates all the data required in the data mining process. Data entry process ensures data quality through different validation mechanisms, data model constrains and relationships. Processes of extracting, transformation and loading are realized through the special interface called unified dimensional model (UDM) (Mundy et al., 2011).

Construction of the UDM as an additional layer over the data sources offers more clearly data model, isolation from the heterogeneous data platforms and formats, and improved performance for aggregated queries and data mining processing. UDM also allows business rules to be embedded in the model, as well as option to define actions in relation to query results (that is drill-down reporting). Another advantage of this approach is that UDM does not require data warehouse or data mart. It is possible to construct UDM directly on top of relational database systems, and to combine relational databases and data warehouse systems within a single UDM. UDM allow creation of one data source view (DSV) for use by the system. The DSV is an abstraction layer that is used to extend the objects (relational tables and views) that are exposed by the data source to a collection of objects from which OLAP (On-line analytical processing) server objects are created. Within the data source view we included all of the relational views that were used to create OLAP cubes and data mining models.

Data in the relational database are stored in normalized tables optimized for transactional processing. UDM interface performs several activities: data selection, calculation of certain aggregated values, and transforms data so it can be used in the data mining process. These data transformation forms have both temporal and spatial dimensions.

As a software development environment we used Microsoft SQL server 2008 R2 package: relational database engine for SeLaR data, integration services for data transformation and loading, and analysis services for OLAP and data mining modeling. We used clustering and decision trees algorithms for building the data mining models.

Clustering

Clustering is the process of grouping a set of data objects into

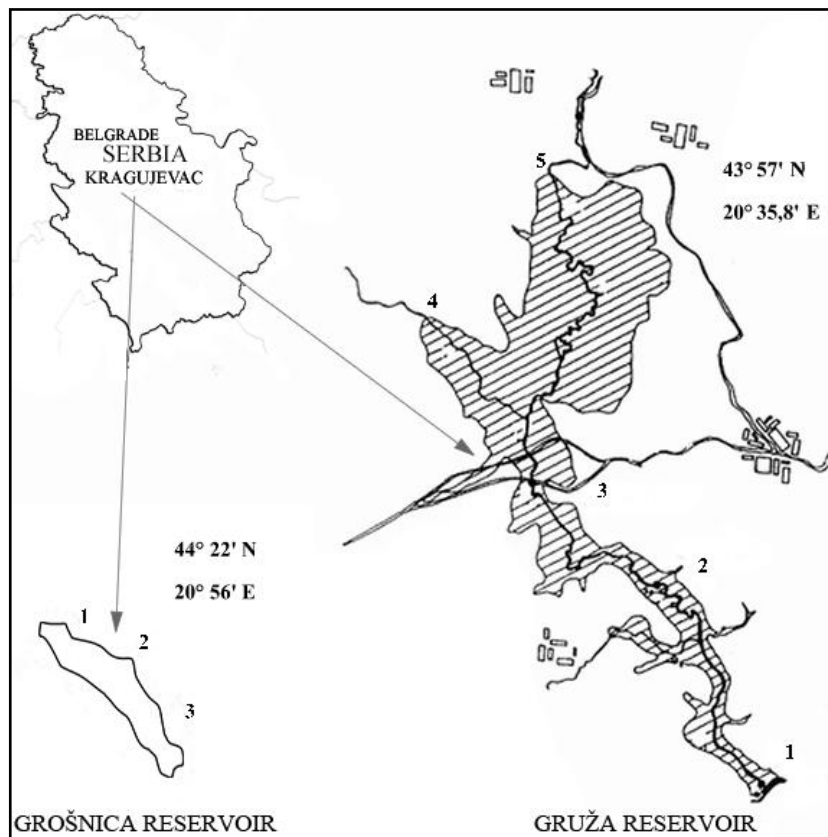


Figure 1. The Gruža and the Grošnica reservoir sampling points (1– Dam, 2 – Center, 3 – Bridge, 4 – The mouth of the Borač River, 5 – The mouth of the Gruža River).

multiple groups or clusters so that objects within a cluster have high similarity, but are very dissimilar to objects in other clusters. Similarity or dissimilarity between objects in a single cluster is determined by measurements (or proximities). Calculation of similarity/dissimilarity between attributes is dependent on the attribute type (normal, binary, numeric and ordinal) and can be based on distance between attribute values or probabilities of attribute values. Clusters can have stronger or weaker relationships. Values of particular objects (rows or n-tuples) of some variable (column or attribute) can be common for more than one cluster. The number of this common object values determine the degree of relationship (similarity) between clusters. Basic clustering techniques are organized into the following categories: partitioning methods, hierarchical methods, density-based methods and grid-based methods. Partitioning organizes the objects of a set into several exclusive groups or clusters. First, from n set of objects, k partitions are formed, and then iterative relocation technique is applied which improves the model by moving objects between partitions. Partitioning methods include k-means, k-medoids, and CLARANS (Jiawei Han et al., 2010).

Clustering algorithm within SQL server analysis offers two clustering methods: Expectation Maximization (EM) and K-means. EM cluster assignment method uses a probabilistic measure to determine which objects belong to which cluster. EM method considers a bell curve for each dimension with a mean and standard deviation. As a point falls within the bell curve, it is assigned to a cluster with a certain probability. Because the curves for various clusters can (and do) overlap, any point can belong to multiple clusters, with an assigned probability for each. This

technique is considered soft clustering because it allows clusters to overlap with indistinct edges. The K-means (it belongs to group of partitioning methods) method assigns cluster membership by distance an object belongs to the cluster whose centre it is closest to (which is measured using a simple Euclidean distance). When all objects have been assigned to clusters, the centre of the cluster is moved to the mean of all assigned objects, thus the name K-means -K being the typical denomination for the number of clusters to look for. This technique is considered hard clustering because each object is assigned one and exactly one cluster (MacLennan et al., 2009). The analysis services clustering algorithm provides a scalable framework. The principle of the scalable framework is that particular data points that are not likely to change clusters can be compressed out of the data you are iterating over, providing room to load more data.

Clustering modeling is the process in which selection of variables and determinations of input parameters are performed. Selection of variables depends on the research goal. Parameters used in our cluster model are as follows:

i) The CLUSTERING METHOD parameter indicates which methods (algorithm) are used to determine cluster membership. This parameter can have the following values:

- a) Scalable EM (default);
- b) Vanilla (non-scalable) EM;
- c) Scalable K-means;
- d) Vanilla (non-scalable) K-means.

ii) CLUSTER_COUNT tells the algorithm how many clusters to find.

- iii) MINIMUM CLUSTER CASES controls when a cluster is considered empty and is discarded and reinitialized.
- iv) MODELLING_CARDINALITY controls how many candidate models are generated during clustering.
- v) STOPPING_TOLERANCE is used by the algorithm to determine when a model has converged.
- vi) SAMPLE_SIZE indicates the number of cases used in each step of the scalable framework.
- vii) CLUSTER_SEED is the random number seed used to initialize the clusters.
- viii) MAXIMUM_INPUT_ATTRIBUTES controls how many attributes can be considered for clustering before automatic feature selection is invoked.
- ix) MAXIMUM_STATES controls how many states one particular attribute can have.

Based on our experimenting and general best practice, we selected the most suitable values for these parameters. Clustering results (knowledge) are presented in different view which allows further analysis and decision making. These are: Cluster profiles view, Cluster diagram view, Cluster characteristics view and Cluster discrimination view. The first two views correspond to all clusters, and the last two views refer to particular clusters. The Cluster profiles view displays a column for each cluster in the model and a row for each attribute. This setup makes it easy to see interesting differences across the cluster space. Using this view, it is possible to choose an attribute of interest and visibly scan horizontally to see its distribution across all clusters. When we notice some interesting items, we can look at neighboring cells or other cells of the same cluster to learn more about what that cluster means. Clicking any cell in the grid provides details on the information contained in the mining legend. Cluster diagram gives us a visual representation of all clusters, where clusters with greater number of objects are shaded with darker color. Also, the ticker lines between clusters represent stronger relationships. In Cluster characteristics view, attributes are displayed by probabilities and sorted in descending order. Attributes with highest probabilities determine characteristics of the cluster and its name. Cluster discrimination view gives comparison of a single cluster with complement of whole population, as well as comparison between any two clusters (MacLennan et al., 2009). Probabilities obtained from clustering process are calculated as:

$$p = r_c / r_p,$$

where r_c is number of rows (objects) in the observed cluster, and r_p is number of rows in the whole population.

Classification with decision trees

Classification is a process of finding the set of models or functions that describe and differentiate classes of data or concepts. These models are used for prediction of object class whose class label is unknown. Classification involves two main steps. In the first step, model based on the known data is designed. If the model is acceptable, in the second step, model used for classification of new data is developed.

There are several classification methods which use different data mining algorithms: decision trees, logistic regression, naïve bayes and neural networks. The principal idea of a decision tree is to split data recursively into subsets. Each input attribute is evaluated to determine how cleanly it divides the data across the classes (or states) of your target variable (predictable attribute). The process of evaluating all inputs is then repeated on each subset. When this recursive process is completed, a decision tree is formed. Decision tree induction is a top-down recursive tree induction algorithm, which uses an attribute selection measure to select the attribute

tested for each nonleaf node in the tree. ID3, C4.5, and CART are examples of such algorithms using different attribute selection measures. Tree pruning algorithms attempt to improve accuracy by removing tree branches reflecting noise in the data (Jiawei Han et al., 2010).

Besides the classification, the decision tree method can be used for regression and estimation. Decision tree used in SQL server analysis services has several input parameters. These parameters are used to control the tree growth, tree shape, and the input/output attribute settings. Classification modeling consists of determining the target variable, influence variables, as well as input parameters. A classification model extracts patterns that predict the individual values of one column based on the values in other columns. Classification process is characterized by Gorunescu (2011): input - a training dataset containing objects with attributes, of which one is the class label; output - a model (classifier) that assigns a specific label for each object (classifies the object in one category), based on the other attributes; the classifier is used to predict the class of new, unknown objects. A testing dataset is also used to determine the accuracy of the model.

Interpretation of results is done through the decision tree viewer and dependency network. The tree is laid out horizontally with the root node on the left side. Each subsequent node in the tree relates to certain condition for input variable. Each node contains a histogram bar with different colors, representing various classes. For each class, at given conditions, occurrence probability of its values is shown.

The dependency network displays the relationships among attributes derived from decision tree model's content. Each node represents one attribute, and each edge represents the relationship between two nodes. An edge has a direction, pointing from the input attribute (node) to the predictable attribute (node). An edge can be bidirectional, which means two nodes can predict each other. Probabilities in classification representation are calculated as

$$p = n_c / n,$$

where n_c is number of class instances of target variable, and n is total number of instances of target variable in the observed tree node.

RESULTS AND DISCUSSION

Cluster analysis (CA)

Ten clusters have been initialized based on the data for the Gruža reservoir, and seven clusters for Grošnica reservoir. Figures 2 and 3 show the cluster diagrams for both reservoirs which show a graphical representation of the data associations found. The significant clusters or nodes of data are shown as shaded rectangles. Dark lines show the strong intercluster relations. For each cluster the range of parameters is given, as well as the probabilities with which they participate in the cluster. Based on the analysis of cluster characteristics, it is possible to see which variables are dominant in certain clusters and with which probabilities. Since the emphases in this paper lies on the analysis of TC, for the representation we chose the clusters in which TC had the most significant influences. As best way of presenting different influences that TC and other parameters have in a certain cluster in regard to other clusters, we chose the Cluster discrimination.

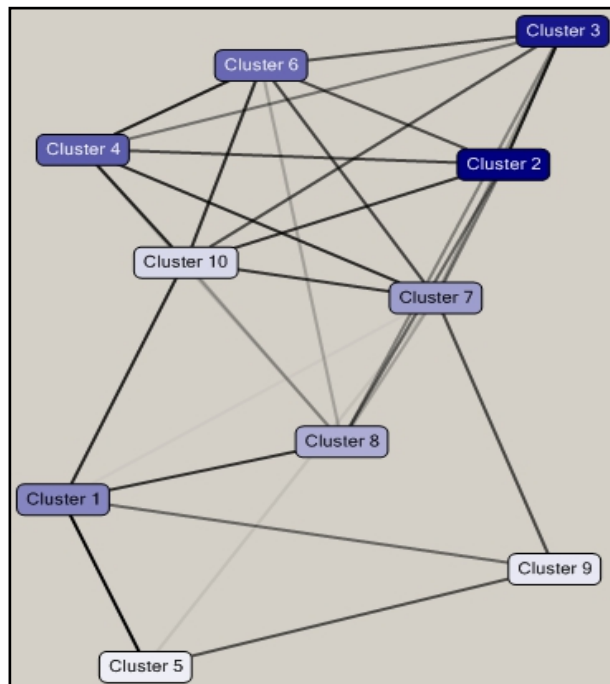


Figure 2. Cluster Diagram for TC - The Gruža reservoir.

For the Gruža reservoir (Figure 2) the most important clusters are 2 and 3, and right after 4 and 6. Most objects are focused in these clusters. For representation we chose cluster 2 in which TC are most influential with smaller number, and cluster 6 in which they have significant role with greater values. Difference analysis between cluster 2 and 6 with other clusters is best seen from Cluster discrimination (Tables 1 and 2).

By modeling it has been determined that TC is most influential in cluster 2, with values < 120 MPN/100 ml and probability of 100%. Through Cluster discrimination browser it is noticeable that the likeliness that they could be found in greater number in other clusters is 26%. This indicates the greater data range related to TC in other clusters, and also, in other clusters they do not group around a certain number as in cluster 2. In cluster 2 relatively significant influence have H with values < 1540 cfu/ml and probability of 62%. Relatively significant influences also have Hm < 320 cfu/ml with 56% probability, as well as FO < 1520 cfu/ml with probability of 49%. Relatively significant influence, 46% probability in the cluster 2, has Chl-a with values < 25 µg/l, and EC ranging 300 to 330 µS/cm with 21% probability. With probability of 15%, in cluster 2, there is also Fe < 0.1 mg/l, then 10%, M alkalinity 26 to 29 ml/l and BOD₅ < 6.3 mg/l with 5% probability. In which ranges and with what probabilities these as well as some less influential parameters determine other clusters in regard to cluster 2, is shown in Table 1.

Contrary to cluster 2, cluster 6 favors higher values for

TC, in regard to other clusters (0 to 2340 MPN/100 ml) and with values of 51%. In it, the greatest significance has the depth of 15 m with 100% probability, as well as Mn 0 to 0.1 mg/l with 51%. Significant influence, as in cluster 2, has Chl-a with 25% probability, but with lower values 0.0 to 7.7 µg/l. The depths smaller than 15m, unlike cluster 6, are present in other clusters with 43%, and the values of TC >2340 MPN/100 ml, with 11%. The range of appearance, probabilities and belonging to cluster 6 or the other clusters, of less influential parameters, are shown in Table 2. If we compare the characteristics of clusters 2 and 6, the clear difference regarding to locations is noticeable. While cluster 2 favors locations 1 and 2 (near the dam) with 60%, and locations 3 (bridge), 33%, which is the deepest part of the reservoir, cluster 6 favors locations 4 and 5 (mouth of tributaries) with 66% and 3 (bridge) with 13%, where is the shallowest part of the reservoir (Table 3).

For the Grošnica reservoir (Figure 3) the most important are clusters 1 and 3. Most data are focused in these clusters. Clusters 2, 4 and 5 come right after. The cluster analysis shows that TC has the greatest influence in clusters 3 and 5. In cluster 3, in regard to other clusters, the values TC < 135 MPN/100 ml come together with the probability of 100%. Contrary to that, the probability that they would be found in greater number in other clusters is 28%. In cluster 3, relative influence has NH₄⁺ with values < 0.1 mg/l (contrary to other clusters with values 0.1 to 2 mg/l, 8%) and M alkalinity in the range of 29 to 37 ml/l, with 48% of appearance probability (contrary to others 0.8 to 29 ml/l, 3%). Sampling in March and August in this cluster is present with 13 and 10%, and values for EC 313 to 467 µS/cm, 8%, Fe with 0.02 mg/l is 6% same as the values for BOD₅ < 3.6 mg/l. Fe, Cl⁻, TP, months April and May, also belong to this cluster. Their probabilities, ranges of appearance and belonging to cluster 3 or other clusters are shown in Table 4.

Contrary to cluster 3, cluster 5, in regard to other clusters, favors the values TC < 40 MPN/100 ml with the probability of 100%. The values > 40 MPN/100 ml in other clusters are with 25% probability. M alkalinity in cluster 5 is 32 to 37 ml/l (38%) and FO (9%) from 171 to 385 cfu/ml. November with 11% probability and July with 4% also belong to cluster 5. Mn in range 0.0 to 0.8 mg/l and TP 0.02 µg/l belong to the same cluster and with same probabilities. The ranges and probabilities of the same parameters but in other clusters are shown in Table 5.

The analysis of clusters in which TC are the most dominant, indicates that in the Gruža reservoir localities and depths at which certain number of TC appears can be grouped, as well as that there is the relation between the number of other microbiological communities (H, Hm, FO) and the number of TC. There is regularity that greater abundance of any community (by the analysis of certain number for each) indicates greater number of TC. Also noticeable is the dependence of certain numbers of

Table 1. Cluster discrimination - cluster 2 and other clusters - The Gruža reservoir.

Variables (units)*	Values	Favors cluster 2	Favors complement of cluster 2
TC (MPN/100 ml)	< 120	100	
H (cfu/ml)	< 1540	62	
Hm (cfu/ml)	< 320	56	
FO (cfu/ml)	< 1520	49	
Chl a (µg/l)	< 25	46	
TC (MPN/100 ml)	> 120		26
EC (µS/cm)	300 to 330	21	
H (cfu/ml)	> 1540		20
Hm (cfu/ml)	> 320		19
FO (cfu/ml)	> 1520		16
Fe (mg/l)	< 0.1	15	
M alkalinity (ml/l)	26 to 29	10	
Chl a (µg/l)	> 25		7
BOD ₅ (mg/l)	< 6.3	5	
EC (µS/cm)	330 to 815		3

*see abbreviations.

Table 2. Cluster discrimination - cluster 6 and other clusters - The Gruža reservoir.

Variables (units)*	Values	Favors cluster 6	Favors complement of cluster 6
Depth (m)	15	100	
TC (MPN/100 ml)	0 to 2340	51	
Mn (mg/l)	0.0 to 0.1	51	
Depth (m)	2 to 14		43
Chl-a (µg/l)	0.0 to 7.7	25	
TC (MPN/100 ml)	> 2340		11
Chl-a (µg/l)	> 7.7		7
Mn (mg/l)	0.1 to 4.6		5
Hm (cfu/ml)	< 7795		2
Hm (cfu/ml)	> 7796	2	

*see abbreviations.

Table 3. Cluster characteristics - cluster 2 and cluster 6 - The Gruža reservoir.

Cluster 2		Cluster 6	
Location	Probability (%)	Location	Probability (%)
1 to 2	63	4 to 5	66
3	33	3	13
4 to 5	1	1 to 2	1

TC on certain values of Chl-a, EC, Mn, Fe, M alkalinity and BOD₅.

The analyzed clusters in the Grošnica reservoir indicate that there are no differences regarding to spatial distribution in the number of TC, but there is temporal

dependence. The Grošnica reservoir is smaller in size and volume than the Gruža reservoir, and its environmental conditions are less heterogeneous. Temporal dependence is represented through months of sampling. The values for May and April, months with lots of rain, indicate that the number of TC would be > 135 MPN/100 ml. In March, when temperatures are low and with no precipitation, as well as in August, usually with drought and low water levels, it is greater probability that the number of TC would be < 135 MPN/100 ml. Similar situation is in July and November when the probability is that the number of TC would be < 40 MPN/100 ml. M alkalinity is most significantly in relation with TC, while TC in this reservoir, instead of relation with Chl-a, shows greater dependence on NH₄⁺. Among microbiological communities the relation with FO with small probability, is

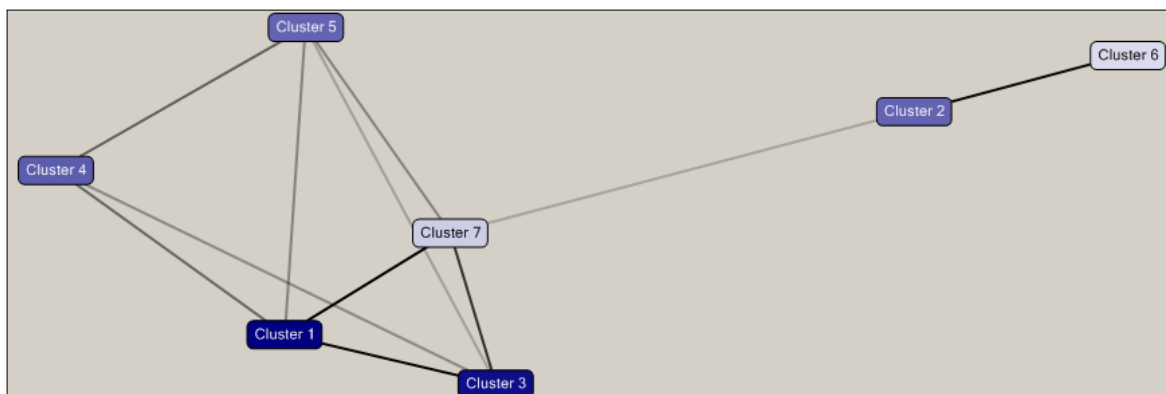


Figure 3. Cluster Diagram for TC – The Grošnica reservoir.

Table 4. Cluster discrimination - cluster 3 and other clusters - The Grošnica reservoir.

Variables (units)*	Values	Favors cluster 3	Favors complement of cluster 3
TC (MPN/100 ml)	< 135	100	
NH ₄ ⁺ (mg/l)	< 0.1	48	
M alkalinity (ml/l)	29 to 37	48	
TC (MPN/100 ml)	> 135		28
month	III	13	
month	VIII	10	
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0.1 to 2		8
EC (μS/cm)	313 to 467	8	
Fe (mg/l)	0.02	6	
BOD ₅ (mg/l)	< 3.6	6	
month	V		6
Fe (mg/l)	0	4	
Cl ⁻ (mg/l)	3.9 to 8.3	3	
M alkalinity (ml/l)	0.8 to 29		3
TP μg/l	0	2	
month	IV		2
M alkalinity(ml/l)	> 37		2

*see abbreviations.

Table 5. Cluster discrimination - cluster 5 and other clusters - The Grošnica reservoir.

Variables (units)*	Values	Favors cluster 5	Favors complement of cluster 5
TC (MPN/100 ml)	0 to 40	100	
M alkalinity(ml/l)	32 to 37	38	
TC (MPN/100 ml)	> 40		25
Month	XI	11	
FO	171 to 385	9	
M alkalinity(ml/l)	0 to 32		5
month	VII	4	
Mn (mg/l)	0.0 to 0.8	4	
TP (μg/l)	0.02	4	
M alkalinity(ml/l)	> 37		2

*see abbreviations.

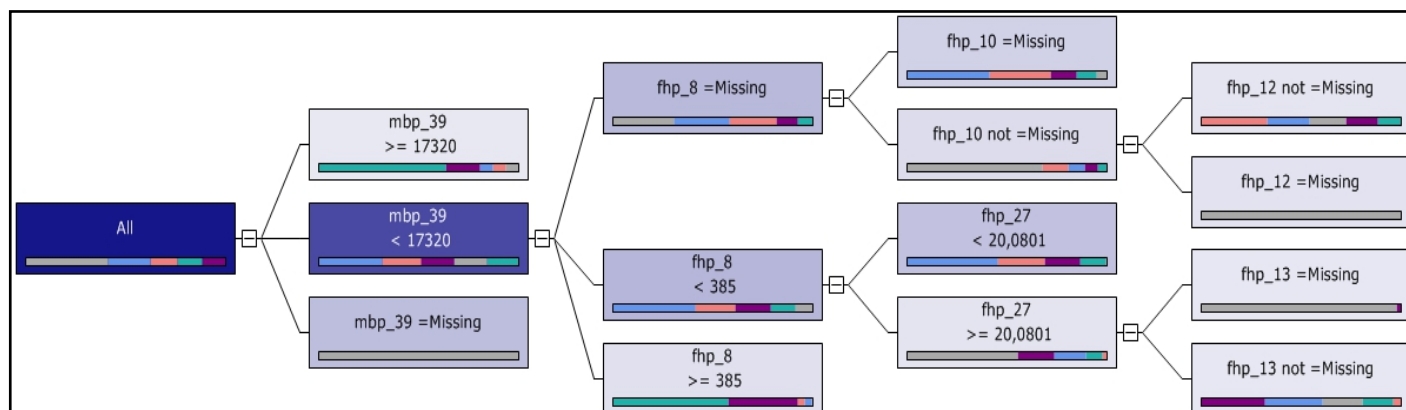


Figure 4. Decision Tree for TC - The Gruža reservoir.

Table 6. Probabilities of TC values on a root level - The Gruža reservoir.

Value	Cases	Probability	Color
< 22	224	13.99	Pink
≥ 1500	203	12.70	Green
150 to 1500	195	12.20	Purple
22 to 150	346	21.50	Blue
Missing	640	39.61	Gray

noticeable. Also with small probability, the relation with

Classify

The classification for TC was made regarding to other physical-chemical and biological parameters. Figure 4 presents decision tree showing the identified pattern upon which the dependency net with FO (mbp_39), EC (fhp_8), COD (fhp_10), turbidity (fhp_27), TP (fhp_13) and Cl⁻ (fhp_12) was determined for the Gruža reservoir.

For the Gruža reservoir the pattern identified five classes which have been formed based on the grouping of values of TC (Table 6). For each node the probabilities of TC values have been calculated by categories. Each category corresponds to one color on the decision trees diagram, which is proportional to its probability. On the root node (All) which refers to the whole sample irrespective of FO, EC, COD, turbidity, TP and Cl⁻, probabilities of TC according to categories (Figure 4) are calculated.

The values of TC in the range of 22 to 150 MPN/100 ml are the most common. The level 2 emphasizes the primary influence on FO. Generally, extremely high values of FO cause high values of TC. For FO are ≥ 17320 cfu/ml, the probability for values of TC to be ≥ 1500 MPN/100 ml is 63%, and 150 to 1500 MPN/100 ml,

18%. If the values of FO are < 17320 cfu/ml, the analysis shows that the greatest number of TC is < 150 MPN/100 ml. If FO is < 17320 cfu/ml, then the third level shows the influence of EC on TC. If values for EC exist and are smaller than 385 μS/cm, the number of TC in 61% of cases will be < 150 MPN/100 ml, and if higher than 385 μS/cm, the number of TC will be higher than > 150 MPN/100 ml in 92% of cases. The fourth level shows the influence of COD, and only if there are no values for EC. On the fourth level the equal influence of turbidity is noticeable, but only if the values of EC are smaller than 385 μS/cm. The analysis offers two categories of data. The first category emphasise the values of turbidity under 20 NTU, whereas the values of TC < 150 MPN/100 ml are favored in 69%. If the turbidity values are higher than 20 NTU (the second category of data), then TC have the range of appearance 22 to 1500 MPN/100 ml in 75%. If COD not missing the fifth level offers the relation to TP and if turbidity values are higher than 20 NTU then the fifth level offers the relation to and Cl⁻ (Figure 4).

Figure 5 presents the decision tree showing the pattern by which dependence network of TC with Hm (mbp_38) and BOD₅ (fhp_25) has been found for the Grošnica reservoir. By classification, three classes of data regarding to TC have been identified, whereby one class comprises the data with non existing values for TC. For Grošnica reservoir it can be excluded from further analysis, which leaves two classes of data for TC. Table 7 presents classes of data regarding TC on root level. The second level presents classes of values for Hm (if there are no values for Hm there won't be any values for TC, those are the data excluded from the analysis on basic node), while the third level shows the strongest relation between TC and BOD₅.

The Grošnica reservoir, unlike the Gruža reservoir, it is evident that beside strong relation with Hm and BOD₅, the analysis does not offer ranges of values of variables according to which certain quantity or class of TC appears. It means that classification is applicable from



Figure 5. Decision Tree for TC – The Grošnica reservoir.

Table 7. Probabilities of TC values on a root level - The Grošnica reservoir.

Value	Cases	Probability	Color
< 130	141	37	Blue
> 130	31	9	Pink
Missing	210	54	Gray

entered minimum to entered maximum for a certain parameter, and that within that range there are no other regularities. In the Grošnica reservoir, for TC they are 0 to 38000 MPN/100 ml; for Hm 4 to 4533 cfu/ml and for BOD₅, 0.06 to 4.18 mg/l.

By classification using the decision tree it is possible to detect the relation of TC and some other physicochemical or biological parameter in the reservoirs. In both reservoirs the strongest relation of TC is to other bacterial community. The specificity shown from the results of analysis in both reservoirs is that TC realizes the strongest relation with community that is non-dominant for specific reservoir. In the Gruža reservoir TC realize the greatest dependence on FO, while in the Grošnica reservoir on Hm. In the Gruža reservoir there is also partial concurrence in CA (higher values of FO indicate higher values of TC). In Grošnica reservoir there is clear relation of number of TC with BOD₅. The same relation has been obtained by both, CA and decision tree, which is also confirmed by other authors who used this parameter as one of the basic in modeling of the number of TC (Syed Ahmad et al., 2009). In the Gruža reservoir, the decision tree analysis is more complex and apart from FO there are also concurrences of other parameters with CA. It refers to EC as one of important factors influencing the number of TC. In CA, together with EC, it is also noticeable that the influence of M alkalinity is significant, which indicates that mineral budget of the reservoir has great influence on the number of TC in these reservoirs. Further analysis show the relation of TC with range of parameters regarding to the amount of organic matter in water. In the Gruža reservoir it is noticeable by the relation of TC with COD and turbidity,

while previously mentioned relation of BOD₅ and TC in the Grošnica reservoir indicates the same thing. The relation between the amount of organic material and the number of coliforms was confirmed by other authors as well. Hong et al. (2010) established the influence of SS, organic and inorganic nutrients on total coliforms. They point out the relation of total amount of carbon with TC, and TSS with FC, wherein the increased amount of TSS is the result of factors from the external environment. A number of authors confirm the existence of strong relation between human activities, their ways of using surrounding land, with the number of coliforms in water. That relation can be direct and under the influence of surface runoff, but also indirect due to the changes of physicochemical and biological factors which eventually cause the changes in number of coliforms (Fisher and Endale, 1999; Tong and Chen, 2002; Kistemann et al., 2002; Mehaffey et al., 2005; Zhang and Lulla, 2006; Derlet et al., 2008; Hong et al., 2010). Byamukama et al. (2005) point out the constant presence of TC in the soil surrounding water and the great influence they have on the number of TC in water. They also point out the significant relation of TC with EC and TSS in waters under the great influence of anthropogenic activities and contamination.

Results indicate that it is possible, with help of CA, to separate localities and depths showing the difference in number of TC. The Gruža reservoir is bigger regarding the area it covers and volume, the number of sampling localities is greater, and the number of samples per locality more balanced. In the Gruža reservoir the number of TC varies regarding to depths, it is different in the deepest and in the shallowest parts. This can be explained by smaller anthropogenic influence in the deepest parts due to the existence of a vegetation zone along the reservoir shore, by greater average depth, as well as by the use of hypolimnetic aerator. In the shallowest part of reservoir, especially in mouths of tributaries as well as in the tributaries, the anthropogenic influence is great (recreational activities, cultivated fields, use of pesticides, fertilizers, industrial activity on tributaries etc.). Here CA directly indicates that the number of TC is influenced by anthropogenic activity in

the area. In Grošnica reservoir CA does not offer the same possibility primarily due to small number of data as well as their structure. The Grošnica reservoir is small regarding the area it covers and volume, most samples are from one locality only (the dam), so it is not possible to determine regularly the influence of other localities. In the Grošnica reservoir it gives the influence of temporal dimension on the number of TC, which is not noticeable in Gruža. The reason for this is found in different geographical position and elevation. In this reservoir CA is directed to prediction and it gives the information about the ranges in which some characteristics follow the certain number of TC, which decision tree in this case does not present. CA with *K-means* algorithm gives satisfying results about the analyses of physicochemical and biological parameters in water monitoring (Areerachakul and Sanguansintukul, 2010).

All noted indicates that parameters of water quality collected by standard hydrobiological researches could be used for making models which would efficiently enable monitoring of dynamics and prediction of the state of microorganisms such as total coliforms (Brion et al., 2001, 2002). The application of created models could be significant for the improvement of water quality, reduction of the expenses of monitoring and management of water resources.

Conclusion

Analysis and modeling of microbiological parameters is an important aspect in evaluation of state and quality improvement of freshwater ecosystems. The tools of data mining are becoming even more significant in this area of research, and are being applied in data analysis. In this paper a combination of cluster analyses and classification has been used. Data mining models are built upon data source views which represent an abstraction layer over existing SeLaR information system. This approach is more flexible and effective comparing to traditional data warehouse approaches, and it provides a single metadata model for creation of data mining models. By water quality modeling and prediction of state of total coliforms, a good presentation of one dynamic system could be obtained. Designed data mining models allow identification of previously unknown relationships and provide predictions, so it is possible to make more informed water management decisions. In this way, a new dimension of monitoring of reservoirs and lakes is provided. The approach presented in this study could be one of the valuable techniques for managing water resources.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the Ministry of Science and Education of the Republic Serbia (grants No. III 44010

and III 41010).

REFERENCES

- APHA (1998) Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 20th Edition. Part 2000:1-92; 4000:1-180; 9000:1-140; 10000:1-28; American Public Health Association, Washington DC.
- Areerachakul S, Sanguansintukul S (2010). Clustering Analysis of Water Quality for Canals in Bangkok, Thailand. In Taniar et al. (eds) Computational Science and Its Applications, ICCSA 2010 Lecture Notes in Computer Science, LNCS, Part III, 6018: 215–227.
- Bagde US, Rangari AK (1999). Periodicity of coliform bacteria in an aquatic environment. *Water. Sci. Techn.*, 40(7): 151-157.
- Byamukama D, Mach RL, Kansime F, Manafi M, Farnleitner AH (2005). Discrimination Efficacy of Fecal Pollution Detection in Different Aquatic Habitats of a High-Altitude Tropical Country, Using Presumptive Coliforms, *Escherichia coli*, and *Clostridium perfringens* Spores. *Appl. Environ. Microbiol.*, 71(1): 65–71.
- Bergstein Ben-Dan T, Shteinman B, Kamenir Y, Itzhak O, Hochman A (2001). "Hydrodynamical Effects on Spatial Distribution of Enteric Bacteria in the Jordan River—Lake Kinneret Contact Zone". *Water Res.*, 35(1): 311-314.
- Boyacioglu H, Boyacioglu H (2007). Surface Water Quality Assessment by Environmetric Methods. *Environ. Monit. Assess.*, 131:371–376.
- Brion GM, Neelakantan TR, Lingireddy S (2001). Using Neural Networks to Predict Peak Cryptosporidium Concentrations. *J. Am. Water Works Ass. (AWWA)*, 93(1): 99-105.
- Brion GM, Neelakantan TR, Lingireddy S (2002). A neural network based classification scheme for sorting sources and ages of fecal contamination in water. *Water Res.*, 36(15): 3765–3774.
- Canale RP, Patterson RL, Gannon JJ, Powers WF (1973). Water Quality Models for Total Coliform. *Water Pollut. Control Fed.*, 45(2): 325-336.
- Curtis TP, Mara DD, Silva SA (1992). Influence of pH, oxygen, and humic substances on ability of sunlight to damage fecal coliforms in waste stabilization pond water. *Appl. Environ. Microbiol.*, 58(4): 1335–1343.
- Čurčić S, Čović LJ (2002). A microbiological index in estimation of surface water quality. *Hydrobiologia.*, 489(1-3): 219-224.
- Derlet RW, Ali Ger K, Richards JR, Carlson JR (2008). "Risk Factors for Coliform Bacteria in Backcountry Lakes and Streams in the Sierra Nevada Mountains: A 5-Year Study". *J. Wilderness Environ. Med.*, 19(2): 82-90.
- Kumar P, Alameda J, Bajcsy P, Folk M, Markus M (2006). *Hydroinformatics: Data Integrative Approaches in Computation, Analysis and Modeling*. CRC Press, pp. 1-534.
- Fisher DS, Endale DM (1999). Total Coliform, *E. coli*, and *Enterococci* Bacteria in Grazed and Wooded Watersheds Of The Southern Piedmont. *Proceed. Georgia Water Res. Conf.*, In Hatcher KJ (ed), Georgia. CRC Press.
- Gameson ALH, Saxon JR (1967). Field studies on effect of daylight on mortality of coliform bacteria. *Water Res.*, 1: 279-295.
- George I, Anzil A, Servais P, (2004). Quantification of fecal coliform inputs to aquatic systems through soil leaching. *Water Res.*, 38: 611–618.
- Gorunescu F (2011). *Data Mining: Concepts, Models and Techniques*. Intelligent Systems Reference Library, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p.12.
- Han J, Kamber M, Pei J (2010). *Data mining: concepts and techniques*, 3rd ed, Elsevier Inc., pp. 327-349.
- Hong H, Qiu J, Liang Y (2010). Environmental factors influencing the distribution of total and fecal coliform bacteria in six water storage reservoirs in the Pearl River Delta Region, China. *J. Environ. Sci.*, 22(5): 663–668.
- Idakwo PY, Abu GO (2004). Distribution and Statistical analysis of bacteria in Lake Alau in the arid northern Nigeria, *J. Appl. Sci. Environ. Mgt.*, 8(1): 5-9.
- Iscen CF, Emiroglu Ö, İlhan S, Arslan N, Yılmaz V, Ahiska S. (2008). Application of multivariate statistical techniques in the assessment of surface water quality in Uluabat lake, Turkey. *Environ. Monit.*

- Assess., 144:269-276.
- Juhna T, Birzniece D, Rubulis J, (2007). Effect of phosphorus on survival of *Escherichia coli* in drinking water biofilms. Appl. Environ. Microbiol., 73(11): 3755 – 3758.
- Kistemann T, Claen T, Koch C, Dangendorf F, Fischeder R, Gebel J (2002). Microbial load of drinking water reservoir tributaries during extreme rainfall and runoff. Appl. Environ. Microbiol., 68(5): 2188–2197.
- MacLennan J, Tang ZH, Crivat B (2010). Data Mining with Microsoft SQL Server 2008, Wiley Publishing, Inc., pp. 291-318.
- Mahloch JL (1974). Comparative Analysis of Modeling Techniques for Coliform Organisms in Streams. Appl. Microbiol., 27(2): 340-345.
- McCambridge J, McMeekin TA (1984) 'Effect of solar radiation and predacious microorganisms on survival of fecal and other bacteria', Appl. Environ. Microbiol., 41: 1083–1087.
- Medema GJ, Shaw S, Waite M, Snozzi M, Morreau A, Grabow W (2003). Catchment characterization and source water quality. In Dufour et al. (eds) Assessing Microbial Safety of Drinking Water: Improving Approaches and Methods, WHO, OECD, London, pp. 111–158.
- Mehaffey MH, Nash MS, Wade TG, Ebert DW, Jones KB, Rage RA (2005). Linking land cover and water quality in New York City's water supply watersheds. Environ. Monit. Assess., 107: 29–44.
- Mundy J, Thornthwaite W, Kimball R (2011). The Microsoft Data Warehouse Toolkit: With SQL Server 2008 R2 and the Microsoft Business Intelligence Toolset, Wiley Publishing, Inc., pp. 29-78.
- Ostojić A, Čurčić S, Čomić Lj, Topuzović M (2005). Estimate of the Eutrophication Process in Gruža Reservoir (Serbia and Montenegro). Acta Hydroch. Hydrob., 33: 605-613.
- Ostojić A, Čurčić S, Čomić Lj, Topuzović M (2007). Application of the Peg Model to Two Reservoirs with Different Trophic Levels. Ekologia (Bratislava), 26(4): 409-429.
- Rompré A, Servais P, Baudart J, de-Robine MR, Laurent P (2002). Detection and enumeration of coliforms in drinking water: Current methods and emerging approaches. J. Microbiol. Meth., 49(1): 31-54.
- Saffran K (2001). Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life, CCME water quality Index 1,0, User's manual. Excerpt from Publication no.1299.
- Sargaonkar A, Deshpande V (2003). Development of an overall index of pollution for surface water based on a general classification scheme in Indian context. Environ. Monit. Assess., 89: 43–67.
- Simeonov V, Einax JW, Stanimirova I, Kraft J (2002). Environmetric modeling and interpretation of river water monitoring data. Anal. Bioanal. Chem., 374: 898–905.
- Stefanović D, Radojević I, Čomić Lj, Ostojić A, Topuzović M, Kaplarević-Mališić A (2012). Management Information System of Lakes and Reservoirs. Water Resour., 39(4): In press.
- Syed Ahmad SM, Turki MB, Malek S (2009). Intelligent Computational Modeling and Prediction of Coliform Growth in Tropical Lakes based on Hybrid Self Organizing Maps (SOM) and Fuzzy Logic Approaches. eJCSIT Electron. J. Computer Sci. Inform. Techno., 1(1): 18-22.
- Tong STY, Chen W (2002). Modeling the relationship between land use and surface water quality, J. Environ. Manage., 66: 377-393.
- Youn-Joo A, Kampbellb DH, Breidenbach GP(2002). *Escherichia coli* and total coliforms in water and sediments at lake marinas, Environ. Pollut, 120: 771–778.
- Zhang X, Mukesh L (2006). Evaluation of Pathogenic Indicator Bacteria in Structural Best Management Practices. J. Environ. Sci. Health Part A, 41: 2483–2493.
- WHO (2008). Guidelines for Drinking-water Quality (3rd ed., incorporating first and second addenda). World Health Organization Press, Switzerland. 1: 281-294.

ПРИЛОГ I – Извештаји ИС SeLaR

1. Пример извештаја: Квалитет воде по методи WQI у акумулацији Бован

Kvalitet vode		
WQI		
Jezero ili hidroakumulacija		
Šifra:	38	
Naziv:	Bovan	
Od datuma:	1/1/2005	
Do datuma:	1/1/2007	
Lokacija:		
Dubina:		
Reka:		
Kategorija:	75.31	Serbian WQI
vrednost:	II klasa	Dobar
r. br.	parametar	vrednost
1	Temperatura (Celzius)	11.43
2	Saturacija	67.46
3	BOD(BPK 5) mg/l	1.64
4	Amonijak (mg/l)	0.21
5	E. coli (br/100cm ³)	
6	pH	7.42
7	Total Oxidised Nitrogen (mg/l,N)	2.31
8	Phosphate (mg/l,P)	0.08
9	SS (mg/l)	
10	Conductivity (micro S/cm)	449.69

2. Пример извештаја: Лимнолошка класификација (OECD, Vollenweider 1968) за акумулацију Грошница

Kvalitet vode

Limnološka klasifikacija (OECD, Vollenweider 1968)

Jezero ili hidroakumulacija

Šifra: 23
Naziv: Grošnica

Od datuma: 1/1/2007
Do datuma: 1/1/2009

Lokacija:
Dubina:
Reka:

Parametar	Ocena	Vrednost
Ukupan P, sr. [$\mu\text{g/l}$]	Oligotrofno	5.21
Hlorofil sr. [$\mu\text{g/l}$]	Oligotrofno	2.16
Hlorofil max [$\mu\text{g/l}$]	Mezotrofno	10.44

3. Пример извештаја: Лимнолошка класификација (IST, Carlson 1977) за акумулацију Гружа

Kvalitet vode

IST (Carlson 1977)

Jezero ili hidroakumulacija

Šifra: 10
Naziv: Gruža

Od datuma: 1/1/2007
Do datuma: 1/1/2009

Lokacija:
Dubina:
Reka:

Parametar	Ocena	Vrednost
Chl, sr. [mg/m^3]	Eutrofno	7.85
TP, sr. [$\mu\text{g/m}^3$]	Eutrofno	64.36
Secchi-disk, sr. [m]	Eutrofno	1.49

ПРИЛОГ II. Односи бактеријских заједница у акумулацијама - Кластер анализа

1. Гружа - сет података 1, разлике кластера 1 и кластера 3

Параметри *	Вредност	Кластер 1	Кластер 3
месец	III		87
Mn	0 - 1.2	81	
амонијак	0 - 0.2		80
Fe	0 - 0.2	80	
месец	VI	57	
амонијак	0.2 - 3.1	54	
pH	7.3 - 8.2	50	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

2. Гружа - сет података 1, разлике кластера 1 и кластера 4

Параметри *	Вредност	Кластер 1	Кластер 4
нитрати	0 - 2.5	100	
месец	XI		98
нитрати	2.5 - 4.5		84
Mn	0 - 0.1		71
амонијак	0 - 0.2		69
pH	7.1 - 7.3		56
азотофиксатори	0 - 17.1		55
температура воде	7.9 - 13.9		54
азотофиксатори	17.1 - 93.6	53	
Mn	0.1 - 2.9	52	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

3. Гружа - сет података 1, разлике кластера 4 и кластера 3

Параметри *	Вредност	Кластер 4	Кластер 3
месец	11	100	
нитрати	1.3 - 4.5	84	
Fe	0 - 0.1	83	
нитрати	0 - 1.3		72
Mn	0 - 0.1	70	
азотофиксатори	17.5 - 93.6		50

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

4. Гружа - сет података 2 модел Гсп2а, разлике кластера 1 и кластера 3

Параметри *	Вредности	Кластер 1	Кластер 3
азотофиксатори	4 - 170	100	
протеолизатори	9 - 436	97	
амилолизатори	10 - 364	88	
целулолизатори	0 - 11	86	
азотофиксатори	171 - 1500		82
протеолизатори	437 - 4800		72
целулолизатори	12 - 250		70
укупне колиформне бактерије	0 - 1592		69
амилолизатори	365 - 5800		60
фосфоминерализатори	2 - 276	58	
растворени кисеоник	0.2 - 4.3		57
фосфоминерализатори	277 - 1177		56

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

5. Гружа - сет података 2 модел Гсп2б, разлике кластера 1 и кластера 3

Параметар *	Вредност	Кластер 1	Кластер 3
<i>Tininnidium fluviale</i>	0 - 9		100
<i>Bosmina longirostris cornuta</i>	0 - 73	98	
амилолизатори	10 - 505	70	
<i>Bosmina longirostris similis</i>	0 - 30	61	
<i>Bosmina longirostris cornuta</i>	74 - 1302		61
амонијак	0.0 - 0.4	55	
протеолизатори	9 - 753	54	
<i>Brachionus angularis</i>	4 - 138		52
<i>Bosmina longirostris similis</i>	31 - 198		50

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

6. Гружа - сет података 3, разлике између кластера 2 и кластера 3

Параметри *	Вредности	Кластер 2	Кластер 3
укупне колиформне бактерије	0 - 220		100
амонијак	0 - 0.2	86	
Мп	0 - 0.2	84	
амонијак	0.2 - 21.2		72
рН	7.9 - 9.3	69	
рН	7.1 - 7.9		67
Мп	0.2 - 4.6		64
растворени кисеоник	0.2 - 6.6		62
растворени кисеоник	6.6 - 19.0	56	
локација	6 - 11		53

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

7. Гружа - сет података 3, разлике између кластера 2 и кластера 4

Параметри *	Вредности	Кластер 2	Кластер 4
хетеротрофи	1752 - 57500		100
факултативни олиготрофи	1886 - 63500		88
електропроводљивост	253 - 357	82	
хетеротрофи мезофили	581 - 29400		72
хетеротрофи	10 - 1751	70	
електропроводљивост	358 - 905		66
факултативни олиготрофи	9 - 1885	64	
укупне колиформне бактерије	2630 - 400000		61
хетеротрофи мезофили	9 - 580	54	
локација	20 - 32		53
локација	1 - 19	53	
укупне колиформне бактерије	0 - 2630	52	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

8. Гружа - сет података 3, разлике између кластера 3 и кластера 4

Параметри *	Вредности	Кластер 3	Кластер 4
локација	14 - 32		100
локација	1 - 13	100	
укупне колиформне бактерије	0 - 284	91	
хетеротрофи	10 - 1217	75	
факултативни олиготрофи	9 - 1398	69	
хетеротрофи	1218 - 57500		69
Mn	0 - 0.2		66
факултативни олиготрофи	1399 - 63500		60
хетеротрофи мезофили	9 - 464	59	
амонијак	0 - 0.2		57
укупне колиформне бактерије	284 - 400000		55
растворени кисеоник	7.0 - 19		50
хетеротрофи мезофили	465 - 29400		50
Mn	0.2 - 4.6	50	
растворени кисеоник	0.2 - 7.0	50	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

9. Грушница – сет података 1 модел Всп1а, разлике кластера 1 и кластера 2

Параметри *	Вредности	Кластер 1	Кластер 2
амонијак	0 - 0.2	100	
Mn	0	82	
Fe	0	58	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

10. Грушница – сет података 1 модел Всп1а, разлике кластера 1 и кластера 4

Параметри *	Вредности	Кластер 1	Кластер 4
Cladocera	0 - 17		100
Soropoda	0 - 40		100
Protozoa	2 - 99		91
Protozoa	100 - 1044	91	
Rotifera	6 - 367		88
укупан хлорофил	0.1 - 0.2		84
факултативни олиготрофи	1 - 283		77
укупан хлорофил	0 - 0.1	74	
хетеротрофи	1 - 225		72
укупан зоопланктон	440 - 5900	72	
хлориди	3.2 - 6.2	66	
укупан зоопланктон	9 - 439		63
Cladocera	18 - 689	63	
Soropoda	41 - 831	57	
хлориди	6.2 - 8.0		55
укупни фосфати	0 - 0.4	54	
факултативни олиготрофи	283 - 2475	54	
месец	VI		50

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

11. Грошница – сет података 1 модел Всп1а, разлике кластера 2 и кластера 4

Параметри *	Вредности	Кластер 2	Кластер 4
амонијак	0 - 0.2		100
Cladocera	0 - 18		71
факултативни олиготрофи	1 - 306		63
факултативни олиготрофи	306 - 2475	58	
хетеротрофи	11 - 247		57
укупан хлорофил	0.1 - 0.2		52

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

12. Грошница – сет података 1 модел Всп1б, разлике кластера 1 и кластера 2

Параметри *	Вредности	Кластер 1	Кластер 2
<i>Daphnia cucullata</i>	0 - 16	100	
<i>Keratella cochlearis</i>	0 - 21	94	
<i>Keratella cochlearis</i>	22 - 696		87
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	0 - 10	83	
Cladocera	0 - 38	82	
<i>Tintinnopsis lacustris</i>	0 - 5	73	
<i>Kellicottia longispina</i>	57 - 3006		72
<i>Daphnia cucullata</i>	17 - 582		67
Cladocera	39 - 689		64
укупан зоопланктон	9 - 1169	63	
Copepoda	63 - 831		62
Copepoda	0 - 62	60	
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	11 - 294		53
<i>Tintinnidium fluviatile</i>	78 - 642		53

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

13. Грошница – сет података 1 модел Всп1б, разлике кластера 1 и кластера 3

Параметри *	Вредности	Кластер 1	Кластер 3
<i>Keratella cochlearis</i>	24 - 696		100
<i>Keratella cochlearis</i>	0 - 23	89	
<i>Keratella cochlearis hispida</i>	14 - 650		84
<i>Daphnia cucullata</i>	0 - 16	80	
<i>Kellicottia longispina</i>	58 - 3006		73
<i>Daphnia cucullata</i>	17 - 582		73
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	0 - 90	66	
Cladocera	38 - 689		66
Cladocera	0 - 37	58	
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	91 - 2391		56
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	9 - 288		53
Mn	0.1 - 1.2		50

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

14. Грошница – сет података 1 модел Всп1б, разлике кластера 2 и кластера 3

Параметар *	Вредност	Кластер 2	Кластер 3
<i>Tintinnopsis lacustris</i>	0 - 3		100
<i>Keratella cochlearis hispida</i>	0 - 74		94
ХПК	11.7 - 31.2		58
<i>Tintinnidium fluviatile</i>	0 - 55		57
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	0 - 270	53	
<i>Tintinnidium fluviatile</i>	56 - 642	52	
Mn	0.1 - 1.2		51

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

15. Грошница - сет података 2, разлике кластера 1 и кластера 2

Параметри *	Вредности	Кластер 1	Кластер 2
амонијак	0 - 0.2	100	
Mn	0 - 0.1	99	
амонијак	0.2 - 2.0		83
Mn	0.1 - 1.4		75
pH	7.3 - 7.9		64
pH	7.9 - 8.6	64	
хетеротрофи	10 - 1295	63	
факултативни олиготрофи	4 - 1623	59	
растворени кисеоник	0.5 - 5.7		54
нитрити	0	52	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

16. Грошница - сет података 2, разлике кластера 1 и кластера 3

Параметри *	Вредности	Кластер 1	Кластер 3
укупне колиформне бактерије	0 - 154	100	
нитрити	0	72	
хетеротрофи мезофили	267 - 1260		66
хетеротрофи мезофили	4 - 266	64	
укупне колиформне бактерије	155 - 24000		57
нитрити	0 - 0.3		52

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

17. Грошница - сет података 2, разлике кластера 2 и кластера 3

Параметри *	Вредности	Кластер 2	Кластер 3
укупне колиформне бактерије	0 - 241	100	
Mn	0 - 0.1		63
амонијак	0 - 0.3		52
Mn	0.1 - 1.4	50	
укупне колиформне бактерије	242 - 24000		50

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

18. Бован - сет података 1, разлике кластера 1 и кластера 2

Параметри *	Вредности	Кластер 1	Кластер 2
амонијак	0 - 0.1		100
укупне колиформне бактерије	346 190 – 2 400 000		95
амонијак	0.1 - 1.6	80	
укупне колиформне бактерије	0 – 346 189	66	
година	1988 - 1996	63	
година	1978 - 1987		60

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

19. Бован - сет података 1, разлике кластера 1 и кластера 5

Параметри *	Вредности	Кластер 1	Кластер 5
укупне колиформне бактерије	240 000		100
нитрити	0 - 0.1	86	
нитрити	0.1 - 1.4		52

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

20. Бован - сет података 1, разлике кластера 2 и кластера 5

Параметри *	Вредности	Кластер 2	Кластер 5
укупне колиформне бактерије	240 000		100
нитрити	0 - 0.1	73	
Cd	0		54
амонијак	0 - 0.2	52	
амонијак	0.2 - 1.6		51

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

21. Бован - сет података 2, разлике кластера 1 и кластера 2

Параметри *	Вредности	Кластер 1	Кластер 2
дубина	3		100
амонијак	0.1 - 1.3	55	
амонијак	0 - 0.1		53
температура воде	4.2 - 13.7	52	
БПК ₅	0.1 - 2.1	52	
температура воде	13.7 - 24.0		52
БПК ₅	2.1 - 3.5		50

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

ПРИЛОГ III - Разлике деловања утицајних параметара између класа укупног броја бактерија

1. Акумулација Гружа - сет података 1

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 361578	361578 - 539704
хетеротрофи	< 3360	100	
Fe	< 0.04	48	
Параметар	Вредност	< 361578	539704 - 753259
хетеротрофи	>= 9950		100
хетеротрофи	< 3360	66	
Параметар	Вредност	< 361578	753259 - 930812
хетеротрофи	>= 9950		100
азотофиксатори	>= 72.54		100
Параметар	Вредност	< 361578	>= 930812
дубина	1		100
хетеротрофи	>= 9950		100
целулолизатори	7.67- 24.72		71
Параметар	Вредност	361578 - 539704	>= 930812
хетеротрофи	>= 9950		100
целулолизатори	7.67- 24.72		80
дубина	1		63
Параметар	Вредност	539704 - 753259	>= 930812
целулолизатори	7.67 - 24.72		100
дубина	1		56
Параметар	Вредност	753259 - 930812	>= 930812
целулолизатори	7.67 - 24.72		100
Параметар	Вредност	753259 - 930812	539704 - 753259
Fe	0.08 - 0.16	100	
целулолизатори	24.72 - 40.57	100	
нитрификатори	0.6 - 2.66	100	
локација	10	100	
Параметар	Вредност	753259 - 930812	361578 - 539704
хетеротрофи	>= 9950	100	
азотофиксатори	48.76 - 72.54	100	
азотофиксатори	>= 72.54	52	
целулолизатори	24.72 - 40.57	52	
локација	10	52	
Параметар	Вредност	539704 - 753259	361578 - 539704
хетеротрофи	>= 9950	100	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

2. Акумулација Гружа - сет података 2, модел Гсп2а

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 289938	289938 - 427092
месец	VI - VIII	100	
Ciliata	>= 42	65	
локација	9		50
Ciliata	9 - 18		50
Параметар	Вредност	< 289938	427092 - 630933
хлориди	>= 11	100	
Ciliata	< 3		50
Параметар	Вредност	< 289938	630933 - 796177
месец	II - VI		100
хлориди	>= 11	62	
температура воде	< 8.71		50
амонијак	< 0.05		50
Параметар	Вредност	< 289938	>= 796177
месец	II - VI		100
Mn	0.1 - 0.22		94
Copepoda	>= 1311		82
Параметар	Вредност	289938 - 427092	>= 796177
Mn	0.1 - 0.22		100
фосфоминерализатори	< 147		53
укупне колиформне бактерије	220 - 500		52
дубина	>= 19		52
нитрити	>= 0.05		50
Параметар	Вредност	427092 - 630933	>= 796177
Fe	0.032 - 0.12		100
дубина	>= 19		95
Параметар	Вредност	630933 - 796177	>= 796177
Fe	0.03 - 0.12		100
Параметар	Вредност	630933 - 796177	427092 - 630933
температура воде	< 9	100	
растворени кисеоник	8.82 - 11.25	95	
Ciliata	18 - 42	86	
дубина	>= 19	86	
Mn	0.22 - 0.53		72
мутноћа	40	60	
хетеротрофи	< 800		50
Параметар	Вредност	630933 - 796177	289938 - 427092
месец	II - VI	100	
температура воде	< 8.71	85	
амонијак	< 0.05	76	
Параметар	Вредност	427092 - 630933	289938 - 427092
нитрати	0.37- 1.11	100	
локација	10	100	
месец	II - VI	100	
месец	>= IX		90
амонијак	>= 0.34		89
нитрати	< 0.37		74
Ciliata	< 3	68	
хлориди	>= 11		57
XПК	25.99- 29.68		50

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

3. Акумулација Гружа - сет података 2, модел Гсп2б

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 289938	289938 - 427092
месец	VI - VIII	100	
Ciliata	>= 42	65	
локација	9		50
Параметар	Вредност	< 289938	427092 - 630933
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	< 3		100
хлориди	>= 11	65	
Параметар	Вредност	< 289938	630933- 796177
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	< 3		100
месец	II - VI		63
Параметар	Вредност	< 289938	>= 796177
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	37 - 87		100
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	< 3		70
<i>Brachionus angularis</i>	< 32	61	
Параметар	Вредност	289938 - 427092	>= 796177
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	37 - 87		100
<i>Brachionus angularis</i>	< 32	71	
Mn	0.1 - 0.22		52
Параметар	Вредност	427092 - 630933	>= 796177
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	37 - 87		100
Fe	0.03 - 0.12		78
дубина	>= 19		74
Mn	0.1 - 0.22		62
Параметар	Вредност	630933- 796177	>= 796177
Fe	0.03 - 0.12		100
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	37 - 87		84
Параметар	Вредност	630933- 796177	427092 - 630933
температура воде	< 9	100	
растворени кисеоник	8.82 - 11.25	95	
дубина	>= 19	86	
Mn	0.22 - 0.53		74
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	< 132	64	
мутноћа	40	60	
<i>Flinia longiseta</i>	2	60	
Параметар	Вредност	630933- 796177	289938 - 427092
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	< 3	100	
месец	II - VI	100	
температура воде	< 9	85	
амонијак	< 0.05	75	
<i>Brachionus angularis</i>	< 32		73
<i>Bosmina coregoni</i>	< 38	53	
Параметар	Вредност	427092 - 630933	289938 - 427092
<i>Keratella quadrata frenzeli</i>	< 3		100
<i>Brachionus angularis</i>	< 32		86
локација	10	75	
месец	>= IX		67
амонијак	>= 0.34		66
нитрати	< 0.37		55
Ciliata	< 3	51	
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	< 3	51	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

4. Акумулација Грошница - сет података 1, модел Всп1а

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 3206895	3206895 - 4769531
рН	7.55- 8.00		100
БПК ₅	>= 4.06	83	
месец	5	68	
растворени кисеоник	>= 10	56	
рН	>= 8.22	53	
Параметар	Вредност	< 3206895	4769531 - 6593695
дубина	3	100	
рН	>= 8.22	87	
укупан хлорофил	0.13 - 0.17	75	
рН	7.55 - 8.00		64
амонијак	< 0.06	56	
факултативни олиготрофи	< 307	56	
месец	II		52
Параметар	Вредност	< 3206895	6593695 - 9398500
рН	7.55- 8.00		100
рН	>= 8.22	71	
дубина	3	70	
амонијак	< 0.06	52	
Параметар	Вредност	< 3206895	>= 9398500
рН	7.55- 8.00		100
дубина	19		73
месец	VI		55
електропроводљивост	415 - 458		55
Мп	0.17- 0.24		51
месец	II		51
амонијак	2.61 - 3.13		51
Параметар	Вредност	3206895 - 4769531	>= 9398500
дубина	20		88
амонијак	2.61 - 3.13		88
укупни фосфати	>= 0.25		88
Мп	0.17- 0.24		57
нитрати	0.9		57
Параметар	Вредност	4769531 - 6593695	>= 9398500
дубина	19		100
укупан хлорофил	0.13- 0.17		50
Мп	0.17- 0.24		50
дубина	20		50
Параметар	Вредност	6593695 - 9398500	4769531 - 6593695
дубина	19	100	
Параметар	Вредност	6593695 - 9398500	3206895 - 4769531
растворени кисеоник	< 2.00	100	
хетеротрофи	>= 1255	64	
ИФА	2.94 - 3.90	64	
Мп	>= 0.42	62	
амонијак	< 0.06		56
Мп	< 0.06		51
Параметар	Вредност	4769531 - 6593695	3206895 - 4769531
месец	II	100	
ИФА	< 1.42	60	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

5. Акумулација Грошница - сет података 1, модел Всп1б

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 3206895	3206895 - 4769531
рН	7.55 - 8.00		100
БПК ₅	>= 4.06	83	
месец	V	68	
растворени кисеоник	>= 10	56	
рН	>= 8.22	54	
Параметар	Вредност	< 3206895	4769531 - 6593695
дубина	3	100	
рН	>= 8.22	87	
укупан хлорофил	0.13- 0.17	75	
рН	7.55- 8.00		65
амонијак	< 0.06	56	
факултативни олиготрофи	< 307	56	
Параметар	Вредност	< 3206895	6593695 - 9398500
рН	7.55 - 8.00		100
рН	>= 8.22	71	
амонијак	< 0.06	52	
Параметар	Вредност	< 3206895	>= 9398500
рН	7.55- 8.00		100
<i>Kellicottia longispina</i>	< 3		89
електропроводљивост	415 - 458		55
месец	VI		55
Параметар	Вредност	3206895 - 4769531	>= 9398500
дубина	20		88
укупни фосфати	>= 0.25		88
Mn	0.17- 0.24		57
нитрати	0.9		57
месец	II		57
хетеротрофи	>= 1255		57
Параметар	Вредност	4769531 - 6593695	>= 9398500
дубина	19		100
Mn	0.17- 0.24		50
<i>Synchaeta</i> sp.	20		50
укупан хлорофил	0.13- 0.17		50
Параметар	Вредност	6593695 - 9398500	>= 9398500
Fe	0		100
<i>Flinia longiseta</i>	< 5		78
<i>Keratella cochlearis macracantha</i>	< 38		50
Параметар	Вредност	6593695 - 9398500	4769531 - 6593695
дубина	19	100	
Параметар	Вредност	6593695 - 9398500	3206895 - 4769531
растворени кисеоник	< 2.00	100	
ИФА	2.94 - 3.90	64	
хетеротрофи	>= 1255	64	
Mn	>= 0.42	62	
амонијак	< 0.06		57
<i>Tintinnidium fluviatile</i>	< 3	54	
Параметар	Вредност	4769531 - 6593695	3206895 - 4769531
месец	II	100	
ИФА	< 1.42	60	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

6. Акумулација Бован - сет података 2

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 2187659	2187659 - 3238331
нитрити	0.005 - 0.01	100	
Параметар	Вредност	< 2187659	3238331 - 4033012
хетеротрофи	< 3875	100	
месец	< III	78	
амонијак	0.15- 0.38		78
нитрити	0.005 - 0.01	62	
амонијак	< 0.15	50	
Параметар	Вредност	< 2187659	4033012 - 4771063
месец	< III	100	
нитрити	0.005 - 0.01	92	
месец	VI - VIII		62
хетеротрофи	< 3875	50	
Параметар	Вредност	< 2187659	>= 4771063
дубина	24		100
дубина	3	50	
Параметар	Вредност	2187659 - 3238331	>= 4771063
дубина	24		100
нитрити	0.03 - 0.07		55
месец	VI - VIII		52
Параметар	Вредност	3238331 - 4033012	>= 4771063
дубина	24		100
температура воде	7 - 11		69
Параметар	Вредност	4033012 - 4771063	>= 4771063
дубина	24		100
температура воде	7 - 11		50
Параметар	Вредност	4033012 - 4771063	3238331 - 4033012
амонијак	0.15- 0.38		100
електропроводљивост	429 - 446		100
БПК ₅	1.38- 2.07	50	
електропроводљивост	446 - 469	50	
Параметар	Вредност	2187659 - 3238331	3238331 - 4033012
рН	< 7.14		100
хлорофил <i>a</i>	>= 21.8		50
нитрити	0.03 - 0.07		50
месец	VI - VIII		50
Параметар	Вредност	2187659 - 3238331	4033012 - 4771063
месец	VI - VIII		100
нитрити	0.03 - 0.07		45

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

ПРИЛОГ IV - Разлике деловања утицајних параметара између класа хетеротрофа психрофила

1. Акумулација Гружа - сет података 1

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 3360	3360 - 4700
укупан број бактерија	361578 - 539704		100
дубина	3		70
Параметар	Вредност	< 3360	4700 - 8380
укупан број бактерија	< 361578	100	
укупан број бактерија	361578 - 539704		58
pH	< 7.33	54	
Параметар	Вредност	< 3360	8380 - 9950
дубина	3		100
укупан број бактерија	361578 - 539704		100
pH	< 7.33	66	
Fe	< 0.04	62	
нитрити	4.78E-03 - 0.025	61	
растворени кисеоник	4.13 - 6.91	61	
Параметар	Вредност	< 3360	>= 9950
дубина	8	100	
укупан број бактерија	< 361578	76	
pH	< 7.33	70	
Параметар	Вредност	3360 - 4700	>= 9950
укупан број бактерија	361578 - 539704	100	
ортофосфати	0.11 - 0.31	76	
температура воде	12 - 14	72	
укупан број бактерија	< 361578	72	
месец	VI		70
Параметар	Вредност	4700 - 8380	>= 9950
азотофиксатори	38- 49	100	
укупан број бактерија	361578 - 539704	71	
XПК	19.53 - 22.36	50	
Параметар	Вредност	8380 - 9950	>= 9950
укупан број бактерија	361578 - 539704	100	
Параметар	Вредност	8380 - 9950	4700 - 8380
Fe	0.04 - 0.08	100	
Mn	0.02 - 0.04	100	
Mn	0.05 - 0.69		77
азотофиксатори	38.03- 48.76		70
XПК	>= 22.36	50	
pH	7.75 - 7.96	50	
Параметар	Вредност	8380 - 9950	3360 - 4700
нитрити	4.78E-03 - 0.02		100
месец	VI	100	
БПК ₅	< 1.17	62	
нитрификатори	0.6 - 2.66		62
азотофиксатори	15 - 38		61
растворени кисеоник	4.13 - 6.91		61
Параметар	Вредност	4700 - 8380	3360 - 4700
азотофиксатори	38 - 49	100	
месец	VI	100	
укупан број бактерија	< 361578		86
температура воде	12 - 14		86
XПК	>= 22.36		55
амонијак	0.07 - 0.12		55

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

2. Акумулација Гружа - сет података 2, модел Гсп2а

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 800	800 - 1554
хетеротрофи мезофили	< 284	100	
хетеротрофи мезофили	284 - 731		83
БПК ₅	1.66 - 2.95		51
Параметар	Вредност	< 800	1554 - 2522
хетеротрофи мезофили	< 284	100	
хетеротрофи мезофили	284 - 731		50
Параметар	Вредност	< 800	2522 - 4409
хетеротрофи мезофили	< 284	100	
хетеротрофи мезофили	731 - 1127		69
хетеротрофи мезофили	1127 - 1974		69
хлориди	3.5 - 8.6		52
Параметар	Вредност	< 800	>= 4409
хетеротрофи мезофили	1127 - 1974		100
хетеротрофи мезофили	>= 1974		100
БПК ₅	1.66 - 2.95		96
хетеротрофи мезофили	< 284	96	
растворени кисеоник	3.00 - 6.09		86
Параметар	Вредност	800 - 1554	>= 4409
хетеротрофи мезофили	>= 1974		100
хетеротрофи мезофили	1127 - 1974		100
растворени кисеоник	3.00 - 6.09		93
фосфоминерализатори	358 - 669		67
Параметар	Вредност	1554 - 2522	>= 4409
хетеротрофи мезофили	>= 1974		100
растворени кисеоник	3.00 - 6.09		65
ХПК	25.99 - 29.68		52
нитрити	0.02 - 0.03		52
фосфоминерализатори	147 - 358		52
хетеротрофи мезофили	1127 - 1974		52
дубина	7 - 10		52
Параметар	Вредност	2522 - 4409	>= 4409
БПК ₅	1.66 - 2.95		100
растворени кисеоник	3.00 - 6.09		100
укупан број бактерија	< 289938		100
укупне колиформне бактерије	220 - 500		100
Параметар	Вредност	2522 - 4409	1554 - 2522
ХПК	25.99 - 29.68	100	
нитрати	< 0.37	59	
рН	>= 8.30	55	
Сорепода	575 - 1311	55	
Параметар	Вредност	2522 - 4409	800 - 1554
хетеротрофи мезофили	1127 - 1974	100	
хетеротрофи мезофили	731 - 1127	57	
рН	>= 8.30	57	
ИФА	2.71 - 3.74	57	
Параметар	Вредност	1554 - 2522	800 - 1554
хетеротрофи мезофили	< 284		100
фосфоминерализатори	147 - 358		95
БПК ₅	< 1.66	75	
дубина	7 - 10		72
хетеротрофи мезофили	731 - 1127	68	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

3. Акумулација Гружа - сет података 2, модел Гсп2б

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 800	800 - 1554
хетеротрофи мезофили	< 284	100	
хетеротрофи мезофили	284 - 731		83
БПК ₅	1.66 - 2.95		51
Параметар	Вредност	< 800	1554 - 2522
хетеротрофи мезофили	< 284	100	
Параметар	Вредност	< 800	2522 - 4409
хетеротрофи мезофили	< 284	100	
хетеротрофи мезофили	1127 - 1974		69
хлориди	3.5 - 8.6		55
Параметар	Вредност	< 800	>= 4409
хетеротрофи мезофили	1127 - 1974		100
хетеротрофи мезофили	>= 1974		100
БПК ₅	1.66 - 2.95		96
хетеротрофи мезофили	< 284	96	
растворени кисеоник	3.00 - 6.09		86
<i>Daphnia cucullata</i>	192 - 582		59
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	30 - 90		53
Параметар	Вредност	800 - 1554	>= 4409
хетеротрофи мезофили	1127 - 1974		100
хетеротрофи мезофили	>= 1974		100
растворени кисеоник	3.00 - 6.09		93
фосфоминерализатори	358 - 669		67
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	30 - 90		67
Параметар	Вредност	1554 - 2522	>= 4409
<i>Daphnia cucullata</i>	192 - 582		100
хетеротрофи мезофили	>= 1974		100
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	30 - 90		89
растворени кисеоник	3.00 - 6.09		65
дубина	7 - 10		52
фосфоминерализатори	147 - 358		52
Параметар	Вредност	2522 - 4409	>= 4409
растворени кисеоник	3.00 - 6.09		100
укупне колиформне бактерије	220 - 500		100
укупан број бактерија	< 289938		100
БПК ₅	1.66 - 2.95		100
Параметар	Вредност	2522 - 4409	1554 - 2522
ХПК	25.99 - 29.68	100	
нитрати	< 0.37	59	
Sorperoda	575 - 1311	55	
pH	>= 8.30	55	
Параметар	Вредност	2522 - 4409	800 - 1554
хетеротрофи мезофили	1127 - 1974	100	
ИФА	2.71 - 3.74	57	
<i>Keratella cochlearis macracantha</i>	40 - 68	57	
pH	>= 8.30	57	
Параметар	Вредност	1554 - 2522	800 - 1554
хетеротрофи мезофили	< 284		100
фосфоминерализатори	147 - 358		95
БПК ₅	< 1.66	75	
<i>Vosmina longirostris similis</i>	< 16		75
дубина	7 - 10		72
хетеротрофи мезофили	731 - 1127	68	
<i>Polyarthra major</i>	< 64		58

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

4. Акумулација Гружа - сет података 3

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 2872	2872 - 9363
факултативни олиготрофи	< 2876	100	
факултативни олиготрофи	2876 - 13912		93
дубина	27		56
локација	22 - 27		53
Параметар	Вредност	< 2872	9363 - 20742
факултативни олиготрофи	< 2876	100	
факултативни олиготрофи	2876 - 13912		53
Параметар	Вредност	< 2872	20742 - 39809
факултативни олиготрофи	27088 - 54152		100
факултативни олиготрофи	< 2876	97	
хетеротрофи мезофили	< 1418	68	
хетеротрофи мезофили	1418 - 6997		54.27456921
Параметар	Вредност	< 2872	>= 39809
факултативни олиготрофи	27088 - 54152		100
факултативни олиготрофи	< 2876	93	
нитрати	>= 11.42		65
укупне колиформне бактерије	>= 1500		59
Fe	0.39- 1.16		59
хетеротрофи мезофили	< 1418	58	
Параметар	Вредност	2872 - 9363	>= 39809
факултативни олиготрофи	27088 - 54152		100
Fe	0.39- 1.163		82
нитрати	>= 11.42		76
Параметар	Вредност	9363 - 20742	>= 39809
факултативни олиготрофи	27088 - 54152		100
укупни фосфати	>= 0.12		68
Fe	0.39- 1.16		55
нитрати	>= 11.42		50
Параметар	Вредност	20742 - 39809	>= 39809
укупни фосфати	>= 0.12		100
Параметар	Вредност	20742 - 39809	9363 - 20742
факултативни олиготрофи	27088 - 54152	100	
Параметар	Вредност	20742 - 39809	2872 - 9363
факултативни олиготрофи	27088 - 54152	100	
Параметар	Вредност	9363 - 20742	2872 - 9363
факултативни олиготрофи	13912 - 27088	100	
хетеротрофи мезофили	< 1418		50

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

5. Акумулација Грошница - сет података 1, модел Всп1а

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 181	181 - 475
месец	IX		100
факултативни олиготрофи	673- 1267		92
електропроводљивост	>= 458	52	
Параметар	Вредност	< 181	475 - 800
факултативни олиготрофи	< 307	100	
месец	VIII		95
Параметар	Вредност	< 181	800 - 1255
месец	II		100
ИФА	< 1.42		53
факултативни олиготрофи	1267 - 1852		50
Параметар	Вредност	< 181	>= 1255
факултативни олиготрофи	1267 - 1852		100
месец	II		100
амонијак	2.61- 3.13		100
факултативни олиготрофи	< 307	95	
хлорофил <i>a</i>	3.22 - 4.39	90	
месец	IX		90
ИФА	< 1.42		74
Soropoda	345 - 689		74
Mn	>= 0.42		64
Cladocera	306 - 491		64
хлорофил <i>a</i>	>= 8.62		64
факултативни олиготрофи	673- 1267		62
Параметар	Вредност	181 - 475	>= 1255
фосфоминерализатори	< 4.67		95
амонијак	2.61- 3.13		95
месец	II		95
хлорофил <i>a</i>	3.22 - 4.39	64	
ИФА	< 1.42	60	60
факултативни олиготрофи	1267 - 1852		60
Soropoda	345 - 689		60
Mn	>= 0.42		60
хлорофил <i>a</i>	>= 8.62		60
нитрати	0.9		57
Параметар	Вредност	475 - 800	>= 1255
pH	8.00- 8.22		100
амонијак	2.61- 3.13		63
месец	II		63
pH	>= 8.22	60	
факултативни олиготрофи	307 - 673	60	
нитрити	0.004 - 0.006		60
Параметар	Вредност	800 - 1255	>= 1255
укупан хлорофил	0.07 - 0.09	100	
месец	IX		85
укупан број бактерија	4769531 - 6593695	51	
Параметар	Вредност	800 - 1255	475 - 800
месец	II	100	
pH	8.00- 8.22	60	
Параметар	Вредност	800 - 1255	181 - 475
месец	II	100	
Параметар	Вредност	475 - 800	181 - 475
месец	VIII	100	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

6. Акумулација Грошница - сет података 1, модел Всп16

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 181	181 - 475
<i>Gastropus stylifer</i>	< 21		97
<i>Lecane closterocerca</i>	0		95
месец	IX		86
факултативни олиготрофи	673 - 1267		79
електропроводљивост	>= 458	50	
Параметар	Вредност	< 181	475 - 800
факултативни олиготрофи	< 307	100	
месец	VIII		95
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	< 64		50
Параметар	Вредност	< 181	800 - 1255
месец	II		100
ИФА	< 1.42		53
факултативни олиготрофи	1267 - 1852		50
Параметар	Вредност	< 181	>= 1255
амонијак	2.61 - 3.13		72
месец	II		72
факултативни олиготрофи	1267 - 1852		72
факултативни олиготрофи	< 307	68	
месец	IX		64
Сорерода	345 - 689		53
ИФА	< 1.42		53
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	< 11	50	
Параметар	Вредност	181 - 475	>= 1255
фосфоминерализатори	< 4.67		95
месец	II		95
амонијак	2.61 - 3.13		95
хлорофил <i>a</i>	3.22 - 4.39	64	
факултативни олиготрофи	1267 - 1852		60
ИФА	< 1.42		60
хлорофил <i>a</i>	>= 8.62		56
Mn	>= 0.42		56
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	21		56
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	93 - 178		56
нитрати	0.9		56
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	14 - 32		56
Параметар	Вредност	475 - 800	>= 1255
pH	8.00 - 8.22		100
месец	II		64
амонијак	2.61 - 3.13		64
pH	>= 8.22	60	
нитрити	0.004 - 0.006		60
Параметар	Вредност	800 - 1255	>= 1255
укупан хлорофил	0.07 - 0.09	100	
месец	IX		85
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	< 14	57	
укупан број бактерија	4769531 - 6593695	51	
Параметар	Вредност	800 - 1255	475 - 800
месец	II	100	
pH	8.00 - 8.22	60	
Параметар	Вредност	800 - 1255	181 - 475
месец	II	100	
Параметар	Вредност	475 - 800	181 - 475
месец	VIII	100	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

7. Акумулација Грошница - сет података 2

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 110	110 - 235
нитрити	0.02 - 0.09	100	
нитрити	< 0.02		55
Параметар	Вредност	< 110	235 - 490
укупни фосфати	0.01		100
мутноћа	>= 7		77
Параметар	Вредност	< 110	490 - 1190
мутноћа	>= 7		85
факултативни олиготрофи	< 1003	75	
факултативни олиготрофи	1003 - 2617		75
м алкалинитет	< 3.05	66	
Параметар	Вредност	< 110	>= 1190
факултативни олиготрофи	< 1003	100	
растворени кисеоник	Missing	50	
Параметар	Вредност	110 - 235	>= 1190
факултативни олиготрофи	< 1003	100	
Параметар	Вредност	235 - 490	>= 1190
факултативни олиготрофи	< 1003	100	
Параметар	Вредност	490 - 1190	>= 1190
факултативни олиготрофи	< 1003	100	
факултативни олиготрофи	2617 - 7470		85
Параметар	Вредност	490 - 1190	235 - 490
факултативни олиготрофи	< 1003		100
факултативни олиготрофи	1003 - 2617	100	
месец	VII		50
Параметар	Вредност	490 - 1190	110 - 235
факултативни олиготрофи	< 1003		100
факултативни олиготрофи	1003 - 2617	100	
Параметар	Вредност	235 - 490	110 - 235
мутноћа	>= 7	100	
укупни фосфати	0.01	74	
БПК ₅	>= 3.05		69

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

8. Акумулација Бован - сет података 2

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 3875	3875 - 7600
месец	III - VI	100	
нитрати	>= 4.22	69	
месец	VI - VIII		69
рН	>= 7.77	52	
Параметар	Вредност	< 3875	7600 - 9484
рН	>= 7.77	100	
месец	III - VI	100	
нитрати	>= 4.22	77	
нитрати	< 1.06		72
нитрити	0.01 - 0.03	56	
Параметар	Вредност	< 3875	9484 - 12745
месец	VIII - X		100
растворени кисеоник	< 2.51		77
нитрати	< 1.06		57
Параметар	Вредност	< 3875	>= 12745
растворени кисеоник	< 2.51		100
месец	VIII - X		100
температура воде	10.63 - 15.79		50
Параметар	Вредност	3875 - 7600	>= 12745
растворени кисеоник	< 2.51		100
месец	VIII - X		100
Параметар	Вредност	7600 - 9484	>= 12745
температура воде	11- 16		100
растворени кисеоник	< 2.51		68
амонијак	0.68 - 0.90		62
Параметар	Вредност	9484 - 12745	>= 12745
амонијак	0.68 - 0.90		100
БПК ₅	2.07 - 2.77		100
температура воде	11 - 16		99
дубина	13		52
Параметар	Вредност	9484 - 12745	7600 - 9484
месец	VIII - X	100	
растворени кисеоник	< 2.51	97	
нитрити	0.01 - 0.03	84	
рН	7.32 - 7.53		57
Параметар	Вредност	9484 - 12745	3875 - 7600
месец	VIII - X	100	
растворени кисеоник	< 2.51	77	
Параметар	Вредност	7600 - 9484	3875 - 7600
нитрати	< 1.06	100	
месец	VIII - X	86	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

ПРИЛОГ V - Разлике деловања утицајних параметара између класа хетеротрофа мезофила

1. Акумулација Гружа - сет података 2, модел Гсп2а

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 284	284 - 731
хетеротрофи	< 800	100	
хетеротрофи	1554 - 2522		58
Параметар	Вредност	< 284	731 - 1127
хетеротрофи	1554 - 2522		100
хетеротрофи	< 800	87	
Параметар	Вредност	< 284	1127 - 1974
хетеротрофи	2522 - 4409		100
хетеротрофи	>= 4409		83
Fe	0.03 - 0.12		60
хетеротрофи	< 800	57	
Параметар	Вредност	< 284	>= 1974
хетеротрофи	>= 4409		100
Параметар	Вредност	284 - 731	>= 1974
хетеротрофи	>= 4409		100
Параметар	Вредност	731 - 1127	>= 1974
нитрити	0.02 - 0.03		100
хетеротрофи	>= 4409		100
укупне колиформне бактерије	220 - 500		100
Параметар	Вредност	1127 - 1974	>= 1974
Mn	0.22 - 0.53		100
Fe	< 0.03		100
Fe	0.03 - 0.12	100	
pH	7.51 - 7.77		100
нитрити	0.02 - 0.03		100
Параметар	Вредност	1127 - 1974	731 - 1127
укупне колиформне бактерије	220 - 500	100	
Fe	0.03 - 0.12	75	
XПК	20.64 - 22.67		75
Параметар	Вредност	1127 - 1974	284 - 731
нитрати	< 0.37	100	
хетеротрофи	2522 - 4409	97	
Fe	0.03 - 0.12	85	
хлориди	3.5 - 8.60	70	
хетеротрофи	>= 4409	70	
Параметар	Вредност	731 - 1127	284 - 731
хетеротрофи	2522 - 4409	100	
XПК	20.64 - 22.67	91	
целулолизатори	>= 230	86	
хлориди	3.5 - 8.60	86	
нитрати	>= 5.66	86	
протеолизатори	>= 4144	86	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

2. Акумулација Гружа - сет података 2, модел Гсп2б

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 284	284 - 731
хетеротрофи	< 800	100	
хетеротрофи	1554 - 2522		58
Параметар	Вредност	< 284	731 - 1127
хетеротрофи	1554 - 2522		100
хетеротрофи	< 800	87	
Параметар	Вредност	< 284	1127 - 1974
хетеротрофи	2522 - 4409		100
хетеротрофи	>= 4409		83
Fe	0.03 - 0.12		60
хетеротрофи	< 800	57	
<i>Bosmina longirostris similis</i>	106 - 163		50
Параметар	Вредност	< 284	>= 1974
хетеротрофи	>= 4409		100
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	21 - 37		50
Параметар	Вредност	284 - 731	>= 1974
хетеротрофи	>= 4409		100
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	21 - 37		50
Параметар	Вредност	731 - 1127	>= 1974
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	21 - 37		100
хетеротрофи	>= 4409		100
укупне колиформне бактерије	220 - 500		100
нитрити	0.02 - 0.03		100
Параметар	Вредност	1127 - 1974	>= 1974
нитрити	0.02 - 0.03		100
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	21 - 37		100
Fe	0.03 - 0.12	100	
Mn	0.22 - 0.53		100
pH	7.51 - 7.77		100
Fe	< 0.03		100
Параметар	Вредност	1127 - 1974	731 - 1127
укупне колиформне бактерије	220 - 500	100	
Fe	0.03 - 0.12	75	
XПК	20.64 - 22.67		75
Параметар	Вредност	1127 - 1974	284 - 731
нитрати	< 0.37	100	
хетеротрофи	2522 - 4409	97	
Fe	0.03 - 0.12	85	
хлориди	3.5 - 8.6	70	
хетеротрофи	>= 4409	70	
<i>Bosmina longirostris similis</i>	106 - 163	70	
Параметар	Вредност	731 - 1127	284 - 731
хетеротрофи	2522 - 4409	100	
XПК	20.64 - 22.674	91	
целулолизатори	40 - 230	86	
<i>Synchaeta</i> sp.	31 - 138	86	
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	>= 1061	86	
<i>Bosmina longirostris similis</i>	106 - 163	86	
протеолизатори	>= 4144	86	
хлориди	3.5 - 8.6	86	
целулолизатори	>= 230	86	
нитрати	>= 5.66	86	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

3. Акумулација Гружа - сет података 3

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 1418	1418 - 6997
хетеротрофи	< 2872	100	
укупне колиформне бактерије	>= 1500		93
рН	7.93 - 8.23		88
локација	8 - 12	76	
локација	22 - 27		73
укупне колиформне бактерије	22 - 150	50	
Параметар	Вредност	< 1418	6997 - 16363
хетеротрофи	< 2872	100	
хетеротрофи	9363 - 20742		94
локација	22 - 27		59
Параметар	Вредност	< 1418	16363 - 24650
хетеротрофи	>= 39809		100
хетеротрофи	9363 - 20742		85
хетеротрофи	< 2872	64	
рН	7.93 - 8.23		64
факултативни олиготрофи	13912 - 27088		61
Параметар	Вредност	< 1418	>= 24650
хетеротрофи	20742 - 39809		100
факултативни олиготрофи	27088 - 54152		90
укупне колиформне бактерије	>= 1500		50
Параметар	Вредност	1418 - 6997	>= 24650
хетеротрофи	20742 - 39809		100
факултативни олиготрофи	27088 - 54152		100
локација	8 - 12	74	
Параметар	Вредност	6997 - 16363	>= 24650
факултативни олиготрофи	27088 - 54152		100
хетеротрофи	20742 - 39809		100
локација	12 - 22		100
Параметар	Вредност	16363 - 24650	>= 24650
хетеротрофи	9363 - 20742	100	
хетеротрофи	2872 - 9363		60
факултативни олиготрофи	27088 - 54152		60
хетеротрофи	20742 - 39809		60
локација	12 - 22		60
рН	7.93 - 8.23	60	
Параметар	Вредност	16363 - 24650	6997 - 16363
факултативни олиготрофи	13912 - 27088	100	
хетеротрофи	>= 39809	100	
Параметар	Вредност	16363 - 24650	1418 - 6997
хетеротрофи	>= 39809	100	
локација	8 - 12		61
Параметар	Вредност	6997 - 16363	1418 - 6997
хетеротрофи	9363 - 20742	100	
ортофосфати	0.03 - 0.07	63	
хетеротрофи	< 2872		56
факултативни олиготрофи	< 2876	55	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

4. Акумулација Грошница - сет података 2

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 135	135 - 402
укупне колиформне бактерије	>= 50		100
укупне колиформне бактерије	< 22	59	
факултативни олиготрофи	2617 - 7470		59
нитрити	< 0.02	53	
Параметар	Вредност	< 135	402 - 620
факултативни олиготрофи	2617 - 7470		100
нитрити	0.19 - 0.26		71
факултативни олиготрофи	< 1003	53	
Параметар	Вредност	< 135	620 - 1050
факултативни олиготрофи	< 1003	100	
факултативни олиготрофи	7470 - 10000		91
факултативни олиготрофи	2617 - 7470		71
укупне колиформне бактерије	< 22	55	
укупне колиформне бактерије	>= 50		50
Параметар	Вредност	< 135	>= 1050
факултативни олиготрофи	>= 10000	100	
нитрити	0.09 - 0.19	100	
нитрити	>= 0.25625	62	
Параметар	Вредност	402 - 620	>= 1050
факултативни олиготрофи	< 1003		100
Параметар	Вредност	620 - 1050	>= 1050
факултативни олиготрофи	< 1003		100
Параметар	Вредност	620 - 1050	135 - 402
нитрити	< 0.02	100	
факултативни олиготрофи	7470 - 10000	53	
Параметар	Вредност	402 - 620	135 - 402
нитрити	< 0.02	100	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

ПРИЛОГ VI - Разлике деловања утицајних параметара између класа факултативних олиготрофа

1. Акумулација Гружа - сет података 3

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 2876	2876 - 13912
хетеротрофи	< 2872	100	
хетеротрофи	2872 - 9363		63
дубина	27		50
локација	22 - 27		50
локација	8 - 12	50	
Параметар	Вредност	< 2876	13912 - 27088
хетеротрофи	< 2872	100	
хетеротрофи	9363 - 20742		76
дубина	27		50
хетеротрофи мезофили	1418 - 6997		50
хетеротрофи мезофили	< 1418	50	
мутноћа	>= 11.99		50
локација	22 - 27		50
Параметар	Вредност	< 2876	27088 - 54152
хетеротрофи	< 2872	100	
хетеротрофи	20742 - 39809		75
хетеротрофи	>= 39809		66
локација	22 - 27		50
хетеротрофи мезофили	< 1418	50	
укупне колиформне бактерије	>= 1500		50
Параметар	Вредност	< 2876	>= 54152
хетеротрофи	>= 39809		100
нитрити	0.29 - 0.52		100
електропроводљивост	>= 672		75
Fe	0.39 - 1.16		60
хетеротрофи мезофили	1418 - 6997		50
локација	22 - 27		50
Параметар	Вредност	2876 - 13912	>= 54152
хетеротрофи	>= 39809		100
нитрити	0.29 - 0.52		100
Fe	0.39 - 1.163		55
електропроводљивост	>= 672		50
Параметар	Вредност	13912 - 27088	>= 54152
нитрити	0.29 - 0.52		100
хетеротрофи	>= 39809		76
електропроводљивост	>= 672		76
Fe	0.39 - 1.16		60
Параметар	Вредност	27088 - 54152	>= 54152
растворени кисеоник	4.29 - 7.96		100
електропроводљивост	>= 672		100
нитрити	0.29 - 0.52		100
хлориди	16.32 - 23.14		65
Mn	1.16 - 1.89		65
Параметар	Вредност	27088 - 54152	13912 - 27088
хетеротрофи	9363 - 20742		100
хетеротрофи	>= 39809	76	
електропроводљивост	372 - 561		57
Параметар	Вредност	27088 - 54152	2876 - 13912
хетеротрофи	20742 - 39809	100	
хетеротрофи	>= 39809	94	

Наставак 1. Акумулација Гружа - сет података 3

Параметар	Вредност	13912 - 27088	2876 - 13912
хетеротрофи мезофили	< 1418		100
хетеротрофи мезофили	1418 - 6997	86	
хетеротрофи	2872 - 9363		81
хетеротрофи	9363 - 20742	75	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

2. Акумулација Грошница - сет података 1 модел Всп1а

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 307	307 - 673
хетеротрофи	475- 800		100
електропроводљивост	>= 458	95	
хлорофил <i>a</i>	< 3.22	71	
Sorperoda	< 53	68	
Fe	0	58	
Mn	< 0.06	51	
Параметар	Вредност	< 307	673 - 1267
хетеротрофи	< 181	100	
електропроводљивост	>= 458	65	
месец	VI	60	
Параметар	Вредност	< 307	1267 - 1852
ИФА	< 1.42		100
месец	II		68
Параметар	Вредност	< 307	>= 1852
Sorperoda	345 - 689		55
ИФА	< 1.42		55
Параметар	Вредност	307 - 673	>= 1852
дубина	3		80
месец	VII		65
Sorperoda	345 - 689		65
хетеротрофи	>= 1255		58
укупан зоопланктон	1483 - 2555		50
Параметар	Вредност	673 - 1267	>= 1852
температура воде	>= 21		100
ИФА	< 1.42		66
Параметар	Вредност	1267 - 1852	>= 1852
температура воде	< 8	100	
Rotifera	< 733	81	
дубина	3		77
месец	II	72	
амонијак	< 0.06		57
Параметар	Вредност	1267 - 1852	673 - 1267
ИФА	< 1.42	100	
амонијак	2.61 - 3.13	50	
месец	II	50	
Параметар	Вредност	1267 - 1852	307 - 673
ИФА	< 1.42	100	
месец	II	82	
амонијак	2.61 - 3.13	80	
Параметар	Вредност	673 - 1267	307 - 673
хетеротрофи	< 181		100
фосфоминерализатори	>= 118	71	
Mn	< 0.06	57	
ИФА	1.42 - 2.94	54	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

3. Акумулација Грошница - сет података 1 модел Всп1б

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 307	307 - 673
хетеротрофи	475- 800		100
електропроводљивост	>= 458	96	
<i>Keratella cochlearis</i>	< 72	78	
<i>Keratella cochlearis hispida</i>	142 - 337		76
хлорофил <i>a</i>	< 3.22	71	
Copepoda	< 53	68	
<i>Flinia longiseta</i>	< 5	68	
Fe	0	58	
<i>Bosmina coregoni</i>	< 6		57
укупан хлорофил	0.07 - 0.09		52
Mn	< 0.06	51	
<i>Daphnia cucullata</i>	< 37	51	
Параметар	Вредност	< 307	673 - 1267
хетеротрофи	< 181	100	
електропроводљивост	>= 458	65	
<i>Gastropus stylifer</i>	< 21		64
месец	VI	60	
Параметар	Вредност	< 307	1267 - 1852
ИФА	< 1.42		100
месец	II		68
амонијак	2.61 - 3.13		54
Параметар	Вредност	< 307	>= 1852
<i>Brachionus angularis</i>	0		79
Параметар	Вредност	307 - 673	>= 1852
<i>Brachionus angularis</i>	0		72
<i>Trichocerca similis</i>	< 35		57
дубина	3		50
месец	VII		50
Параметар	Вредност	673 - 1267	>= 1852
температура воде	>= 21		100
<i>Brachionus angularis</i>	0		79
ИФА	< 1.42		66
<i>Trichocerca similis</i>	< 35		51
дубина	3		50
Параметар	Вредност	1267 - 1852	>= 1852
температура воде	< 8	100	
<i>Trichocerca similis</i>	< 35		100
Rotifera	< 733	81	
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	< 14	77	
дубина	3		77
месец	II	72	
амонијак	< 0.06		57
Параметар	Вредност	1267 - 1852	673 - 1267
ИФА	< 1.42	100	
амонијак	2.61 - 3.13	50	
месец	II	50	
Параметар	Вредност	1267 - 1852	307 - 673
месец	II	82	
амонијак	2.61 - 3.13	81	
фосфоминерализатори	37.33 - 118	60	
Параметар	Вредност	673 - 1267	307 - 673
хетеротрофи	< 181		100
<i>Gastropus stylifer</i>	< 21	73	

Наставак 3. Акумулација Грошница - сет података 1, модел Всп16

Параметар	Вредност	673 - 1267	307 - 673
хетеротрофи	>= 1255	71	
фосфоминерализатори	>= 118	71	
Mn	< 0.06	57	
ИФА	1.42- 2.94	54	
<i>Gastropus stylifer</i>	21 - 48		52
температура воде	>= 21		52
месец	VII	50	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

4. Акумулација Грошница - сет података 2

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 1003	1003 - 2617
хетеротрофи	>= 1190		100
хетеротрофи	110 - 235	52	
хетеротрофи	< 110	50	
Параметар	Вредност	< 1003	2617 - 7470
хетеротрофи	>= 1190		100
Параметар	Вредност	< 1003	7470 - 10000
хетеротрофи	>= 1190		100
Параметар	Вредност	< 1003	>= 10000
хетеротрофи	>= 1190		100
Параметар	Вредност	1003 - 2617	>= 10000
хетеротрофи	235 - 490	100	
Параметар	Вредност	7470 - 10000	1003 - 2617
хетеротрофи	235 - 490		100
Параметар	Вредност	2617 - 7470	1003 - 2617
хетеротрофи	>= 1190	100	
хетеротрофи	490 - 1190		85

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

ПРИЛОГ VII - Разлике деловања утицајних параметара између класа физиолошких група бактерија

1. Нитрификатори у акумулацији Гружа - сет података 1

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност параметра	< 0.6	0.6 - 2.66
месец	XI		100
нитрати	>= 3.1		84
нитрити	< 4.78E-03	61	
месец	VIII	57	
Параметар	Вредност параметра	< 0.6	2.66 - 9.5
месец	VIII	100	
Fe	0.02 - 3		98
месец	XI		98
Mn	0.011 – 2.85		98
нитрити	< 4.785E-03	90	
месец	III		75
нитрити	4.78E-03 - 0.02		72
нитрати	0.2 - 0.45	56	
Параметар	Вредност параметра	< 0.6	>= 9.5
Mn	0.011 – 2.85		100
Fe	0.02 - 3		100
месец	III		70
месец	VIII	56	
Параметар	Вредност параметра	0.6 - 2.66	>= 9.5
нитрати	>= 3.1	100	
месец	XI	92	
азотофиксатори	< 15.02	84	
растворени кисеоник	4.13 - 6.91	75	
Mn	0.011 – 2.85		74
Fe	0.02 - 3		74
ортофосфати	0.11 - 0.31	70	
Параметар	Вредност параметра	2.66 - 9.5	>= 9.5
месец	XI	100	
Параметар	Вредност параметра	2.66 - 9.5	0.6 - 2.66
нитрати	>= 3.1		100
Mn	0.011 – 2.85	90	
Fe	0.02 - 3	90	
хетеротрофи	8380 - 9950	80	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

2. Азотофиксатори у акумулацији Гружа - сет података 1

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 15.02	15.02- 38.03
Mn	0.011 – 2.85		100
Fe	0.02 – 3		100
месец	III		52
нитрификатори	>= 9.5		52
ортофосфати	0.11 - 0.31	52	
Параметар	Вредност	< 15.02	38.03 - 48.76
ортофосфати	< 0.11		100
ортофосфати	0.11- 0.31	70	
Mn	0.011 – 2.85		65
Fe	0.02 – 3		65
месец	III		65
растворени кисеоник	8.04 - 10.14		52
Параметар	Вредност	< 15.02	48.76- 72.54
нитрификатори	>= 9.5		100
месец	VI		100
ортофосфати	0.11- 0.31	76	
Mn	0.011 – 2.85		76
Fe	0.02 – 3		76
растворени кисеоник	8.04 - 10.14		55
месец	XI	50	
Параметар	Вредност	< 15.02	>= 72.54
месец	VI		100
pH	7.74 - 8.01		70
Параметар	Вредност	15.02 - 38.03	>= 72.54
pH	7.74 - 8.01		100
месец	VI		76
Fe	0.036 - 0.08		65
Mn	0.04 - 0.054		65
амонијак	>= 0.22		53
Параметар	Вредност	38.03 - 48.76	>= 72.54
pH	7.74- 8.01		100
амонијак	>= 0.22		100
Fe	0.036 - 0.08		61
Параметар	Вредност	48.76 - 72.54	>= 72.54
амонијак	>= 0.22		100
Fe	0.036 - 0.08		58
pH	7.74 - 8.01		57
Параметар	Вредност	48.76 - 72.54	38.030- 48.76
хетеротрофи	>= 9950	100	
хетеротрофи	4700 - 8380		100
ортофосфати	< 0.11		56
Параметар	Вредност	15.02 - 38.03	38.03- 48.76
ортофосфати	< 0.11		100
pH	< 7.27		62
ХПК	17.02 - 19.53		62
нитрати	0.67 - 3.1		62
хетеротрофи	3360 - 4700	53	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

3. Азотофиксатори у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Гсп2а

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 139	139 - 434
протеолизатори	< 329	100	
протеолизатори	329 - 1325		81
амилолизатори	< 502	75	
месец	II - VI	50	
Параметар	Вредност	< 139	434 - 751
амилолизатори	< 502	100	
протеолизатори	< 329	83	
Параметар	Вредност	< 139	751 - 912
амилолизатори	< 502	100	
амилолизатори	1377 - 3448		92
БПК ₅	2.95 - 4.46		89
електропроводљивост	299 - 328		77
протеолизатори	< 329	77	
фосфоминерализатори	669 - 929		72
протеолизатори	1325 - 2274		72
укупне колиформне бактерије	500 - 880		53
Параметар	Вредност	< 139	>= 912
протеолизатори	< 329	100	
целулолизатори	< 11	86	
амилолизатори	< 502	80	
амилолизатори	1377 - 3448		74
Параметар	Вредност	139 - 434	>= 912
нитрати	< 0.37		98
месец	VIII - IX		87
целулолизатори	< 11	81	
хлорофил <i>a</i>	20.34 - 23.11		59
биомаса алги	1362.78 - 1548.37		59
температура воде	>= 21.63		59
укупан зоопланктон	>= 5803		50
Параметар	Вредност	434 - 751	>= 912
дубина	7 - 10		100
растворени кисеоник	3- 6.09		63
укупан број бактерија	427091 - 630932		61
месец	VI - VIII	51	
Параметар	Вредност	751 - 912	>= 912
укупне колиформне бактерије	>= 880		100
амонијак	>= 0.34		100
БПК ₅	2.95 - 4.46	73	
укупне колиформне бактерије	500 - 880	73	
Параметар	Вредност	751 - 912	434 - 751
БПК ₅	2.95 - 4.46	100	
електропроводљивост	299 - 328	100	
Параметар	Вредност	751 - 912	139 - 434
БПК ₅	2.95 - 4.46	100	
електропроводљивост	299 - 328	79	
pH	>= 8.30	66	
Параметар	Вредност	434 - 751	139 - 434
месец	VIII - IX	100	
pH	>= 8.30	85	
електропроводљивост	< 299	85	
нитрати	< 0.37	66	
температура воде	>= 21.63	60	
Ciliata	9 - 18	52	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

4. Азотофиксатори у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Гсп2б

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 139	139 - 434
протеолизатори	< 329	100	
амилолизатори	< 502	75	
месец	VI - VIII		48
Параметар	Вредност	< 139	434 - 751
амилолизатори	< 502	82	
протеолизатори	< 329	68	
<i>Lecane closterocerca</i>	0		67
Параметар	Вредност	< 139	751 - 912
амилолизатори	< 502	100	
амилолизатори	1377 - 3448		92
БПК ₅	2.95 - 4.46		89
електропроводљивост	299 - 328		77
протеолизатори	1325 - 2274		72
фосфоминерализатори	669 - 929		72
<i>Lecane closterocerca</i>	0		55
укупне колиформне бактерије	500 - 880		53
Параметар	Вредност	< 139	>= 912
протеолизатори	< 329	100	
целулолизатори	< 11	86	
амилолизатори	< 502	80	
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	1 - 60		55
Параметар	Вредност	139 - 434	>= 912
<i>Sarchesium polypinum</i>	< 92		72
нитрати	< 0.37		71
месец	VIII - IX		62
целулолизатори	< 11	58	
температура воде	>= 21.63		50
Параметар	Вредност	434 - 751	>= 912
дубина	7 - 10		100
укупан број бактерија	427091 - 630932		61
<i>Keratella cochlearis hispida</i>	4 - 17		61
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	60 - 342		61
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	>= 84		61
<i>Trichocerca similis</i>	3		61
<i>Leptodora kindti</i>	24		61
укупни фосфати	0.23- 0.52		61
Параметар	Вредност	751 - 912	>= 912
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	< 132		100
амонијак	0.1 - 0.16	50	
укупне колиформне бактерије	>= 880		50
амонијак	>= 0.34		50
Параметар	Вредност	751 - 912	434 - 751
БПК ₅	2.95- 4.46	100	
електропроводљивост	299 - 328	100	
укупне колиформне бактерије	500 - 880	50	
Параметар	Вредност	751 - 912	139 - 434
pH	>= 8.30	66	
температура воде	>= 21.63	50	
Параметар	Вредност	434 - 751	139 - 434
<i>Lecane closterocerca</i>	0	100	
месец	VIII - IX	61	
<i>Keratella quadrata frenzeli</i>	< 3	61	
<i>Keratella quadrata</i>	0	55	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

5. Целулолизатори у акумулацији Гружа - сет података 1

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 7.67	7.67 - 24.72
нитрати	>= 3.1		100
месец	XI		100
ортофосфати	0.11- 0.31		60
ортофосфати	< 0.11	55	
Параметар	Вредност	< 7.67	24.72- 40.57
месец	XI		100
ортофосфати	0.11- 0.31		67
нитрификатори	0.6 - 2.66		67
растворени кисеоник	4.13 - 6.91		65
нитрати	>= 3.1		62
Параметар	Вредност	< 7.67	40.57 - 61.35
дубина	2		100
локација	24		61
Параметар	Вредност	< 7.67	>= 61.35
месец	XI		100
дубина	2		50
Параметар	Вредност	7.67- 24.72	>= 61.35
дубина	2		50
хетеротрофи	4700 - 8380		50
укупан број бактерија	361578 - 539704		50
локација	35		50
Параметар	Вредност	24.72-40.57	>= 61.35
растворени кисеоник	4.13 - 6.91	100	
Параметар	Вредност	40.57-61.35	>= 61.35
месец	XI		100
месец	VI	100	
укупан број бактерија	361578 - 539704		94
Параметар	Вредност	40.57-61.35	24.72- 40.57
ортофосфати	0.11- 0.31		100
растворени кисеоник	4.13- 6.91		100
нитрификатори	0.6 - 2.66		100
нитрати	>= 3.1		50
дубина	3		50
азотофиксатори	< 15.02		50
нитрификатори	>= 9.5	50	
Параметар	Вредност	40.57-61.35	7.67 - 24.72
нитрити	4.7752808984375E-03 - 0.02		100
дубина	2	66	
локација	24	61	
месец	VI	60	
нитрати	>= 3.1		50
Параметар	Вредност	24.72-40.57	7.67 - 24.72
укупан број бактерија	753259 - 930812	100	
мутноћа	5	100	
мутноћа	40	100	
БПК5	3.08- 4.3	100	
Mn	0.054 - 0.69	100	
температура воде	>= 14	100	
нитрати	0.67 - 3.1	100	
растворени кисеоник	4.13- 6.91	76	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

6. Целулолизатори у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Гсп2а

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 11	11 - 40
фосфоминерализатори	< 147	100	
амилолизатори	< 502	98	
азотофиксатори	< 139	95	
протеолизатори	< 329	58	
азотофиксатори	>= 912		56
месећ	VIII - IX		53
месећ	II - VI	50	
Параметар	Вредност	< 11	40 - 230
месећ	VIII - IX		100
Fe	0.12 - 0.16		53
растворени кисеоник	< 3		50
Параметар	Вредност	< 11	>= 230
дубина	15 - 19		100
растворени кисеоник	< 3		50
Параметар	Вредност	11 - 40	>= 230
дубина	15 - 19		100
Параметар	Вредност	40 - 230	>= 230
дубина	15 - 19		100
месећ	VIII - IX	50	
месећ	>=IX		50
Параметар	Вредност	40 - 230	11 - 40
месећ	VIII - IX	57	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

7. Целулолизатори у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Гсп2б

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 11	11 - 40
фосфоминерализатори	< 147	50	
амилолизатори	< 502	50	
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	< 60		50
Параметар	Вредност	< 11	40 - 230
<i>Trichocerca similis</i>	0		100
месећ	VIII - IX		90
<i>Lecane closterocerca</i>	0		65
<i>Keratella quadrata</i>	0		62
<i>Leptodora kindtii</i>	0		60
Параметар	Вредност	< 11	>= 230
дубина	15 - 19		100
растворени кисеоник	< 3		50
Параметар	Вредност	11 - 40	>= 230
дубина	15 - 19		100
Параметар	Вредност	40 - 230	>= 230
дубина	15 - 19		100
<i>Keratella quadrata</i>	0	96	
<i>Lecane closterocerca</i>	0	96	
месећ	>=IX		50
месећ	VIII - IX	50	
Параметар	Вредност	40 - 230	11 - 40
<i>Trichocerca similis</i>	0	88	
<i>Lecane closterocerca</i>	0	77	
месећ	VIII - IX	57	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

8. Протеолизатори у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Гсп2а

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 329	329 - 1325
азотофиксатори	< 139	100	
амилолизатори	< 502	89	
фосфоминерализатори	< 147	53	
месец	II - VI	50	
Параметар	Вредност	< 329	1325 - 2274
амилолизатори	< 502	100	
азотофиксатори	< 139	89	
фосфоминерализатори	< 147	62	
амилолизатори	1377 - 3448		57
ИФА	1.86 - 2.71		54
Параметар	Вредност	< 329	2274 - 4144
амилолизатори	< 502	100	
азотофиксатори	< 139	54	
Параметар	Вредност	< 329	>= 4144
амилолизатори	< 502	100	
азотофиксатори	434 - 751		88
Cladocera	462 - 899		66
амилолизатори	>= 4970		64
м алкалинитет	28.38 - 29.84		64
Параметар	Вредност	329 - 1325	>= 4144
укупан број бактерија	630933 - 796177		100
м алкалинитет	28.38 - 29.84		100
месец	VIII - IX		78
амилолизатори	>= 4970		66
хетеротрофи	2522 - 4409		66
укупан зоопланктон	>= 5803		66
азотофиксатори	434 - 751		66
Cladocera	462 - 899		55
Параметар	Вредност	1325 - 2274	>= 4144
Cladocera	462 - 899		100
хетеротрофи	2522 - 4409		61
амилолизатори	>= 4970		61
укупан број бактерија	630933 - 796177		61
укупан зоопланктон	>= 5803		61
ИФА	2.71 - 3.74		61
хетеротрофи мезофили	731 - 1127		61
Параметар	Вредност	2274 - 4144	>= 4144
укупне колиформне бактерије	>= 880		100
Параметар	Вредност	2274 - 4144	1325 - 2274
фосфоминерализатори	358 - 669	100	
Параметар	Вредност	2274 - 4144	329 - 1325
амилолизатори	3448 - 4970	97	
месец	VIII - IX	89	
м алкалинитет	< 26.11	62	
фосфоминерализатори	358 - 669	62	
укупне колиформне бактерије	500 - 880	51	
Параметар	Вредност	1325 - 2274	329 - 1325
ИФА	1.86 - 2.71	100	
нитрати	< 0.37	98	
м алкалинитет	< 26.11	92	
Mn	0.025 - 0.1	85	
укупни фосфати	>= 0.52	74	
амилолизатори	3448 - 4970	74	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

9. Протеолизатори у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Гсп2б

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 329	329 - 1325
азотофиксатори	< 139	100	
амилолизатори	< 502	89	
фосфоминерализатори	< 147	53	
<i>Tintinnidium fluviatile</i>	< 15		52
месец	II - VI	50	
Параметар	Вредност	< 329	1325 - 2274
амилолизатори	< 502	95	
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	1 - 60		92
азотофиксатори	< 139	84	
<i>Carchesium polypinum</i>	< 92		66
фосфоминерализатори	< 147	59	
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	< 60		52
ИФА	1.86 - 2.71		51
Параметар	Вредност	< 329	2274 - 4144
амилолизатори	< 502	100	
азотофиксатори	< 139	54	
Параметар	Вредност	< 329	>= 4144
<i>Carchesium polypinum</i>	>= 386		100
амилолизатори	< 502	85	
азотофиксатори	434 - 751		75
Cladocera	462 - 899		55
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	>= 123		54
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	>= 1061		54
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	69 - 123		54
<i>Leptodora kindti</i>	18		54
амилолизатори	>= 4970		54
Параметар	Вредност	329 - 1325	>= 4144
<i>Carchesium polypinum</i>	>= 386		100
м алкалинитет	28.38 - 29.84		63
укупан број бактерија	630933 - 796177		63
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	32 - 84		63
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	>= 123		63
<i>Leptodora kindti</i>	18		63
месец	VIII - IX		50
Параметар	Вредност	1325 - 2274	>= 4144
<i>Carchesium polypinum</i>	>= 386		100
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	< 60	52	
<i>Carchesium polypinum</i>	< 92	52	
Cladocera	462 - 899		52
Параметар	Вредност	2274 - 4144	>= 4144
укупне колиформне бактерије	>= 880		100
<i>Carchesium polypinum</i>	>= 386		100
Параметар	Вредност	2274 - 4144	329 - 1325
<i>Trichocerca similis</i>	0	100	
амилолизатори	3448 - 4970	91	
месец	VIII - IX	84	
м алкалинитет	< 26.11	59	
<i>Carchesium polypinum</i>	< 92	58	
фосфоминерализатори	358 - 669	58	
укупне колиформне бактерије	500 - 880	50	
Параметар	Вредност	1325 - 2274	329 - 1325
<i>Carchesium polypinum</i>	< 92	100	
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	391 - 721	68	
<i>Lecane closterocerca</i>	3	68	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

10. Амилолизатори у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Г сп2а

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 502	502 - 1377
протеолизатори	< 329	100	
азотофиксатори	< 139	74	
фосфоминерализатори	< 147	74	
азотофиксатори	434 - 751		63
Параметар	Вредност	< 502	1377 - 3448
протеолизатори	< 329	100	
азотофиксатори	< 139	97	
фосфоминерализатори	< 147	54	
Параметар	Вредност	< 502	3448 - 4970
протеолизатори	2274 - 4144		100
Fe	>= 0.16		50
Параметар	Вредност	< 502	>= 4970
м алкалинитет	28 - 30		100
ИФА	>= 3.74		100
протеолизатори	>= 4144		100
фосфоминерализатори	358 - 669		81
укупан зоопланктон	>= 5803		79
електропроводљивост	299 - 328		63
Параметар	Вредност	502 - 1377	>= 4970
електропроводљивост	299 - 328		100
дубина	< 7		68
амонијак	0.16 - 0.34		68
ИФА	2.71 - 3.74		62
м алкалинитет	28 - 30		62
Параметар	Вредност	1377 - 3448	>= 4970
амонијак	0.16 - 0.34		100
укупан зоопланктон	>= 5803		61
Mn	0.1 - 0.22		61
БПК ₅	1.66 - 2.95		61
протеолизатори	>= 4144		61
pH	7.77 - 8.08		61
ИФА	>= 3.74		61
дубина	< 7		56
Параметар	Вредност	3448 - 4970	>= 4970
дубина	< 7		100
укупне колиформне бактерије	>= 880		100
амонијак	0.16 - 0.34		100
електропроводљивост	299 - 328		100
локација	10	100	
Параметар	Вредност	3448 - 4970	1377 - 3448
укупни фосфати	0.09 - 0.23	100	
локација	10	50	
Параметар	Вредност	3448 - 4970	502 - 1377
укупни фосфати	0.09 - 0.23	100	
протеолизатори	2274 - 4144	55	
Параметар	Вредност	1377 - 3448	502 - 1377
pH	7.51 - 7.77	100	
pH	7.77 - 8.08		86
дубина	15 - 19		86
електропроводљивост	299 - 328	68	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

11. Амиллизатори у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Гсп2б

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 502	502 - 1377
протеолизатори	< 329	100	
азотофиксатори	< 139	74	
фосфоминерализатори	< 147	74	
азотофиксатори	434 - 751		63
протеолизатори	329 - 1325		51
Параметар	Вредност	< 502	1377 - 3448
протеолизатори	< 329	100	
азотофиксатори	< 139	97	
фосфоминерализатори	< 147	54	
Параметар	Вредност	< 502	3448 - 4970
протеолизатори	2274 - 4144		100
<i>Bosmina longirostris similis</i>	67 - 106		57
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	>= 1061		56
<i>Lecane closterocerca</i>	0		55
Fe	>= 0.16		50
Параметар	Вредност	< 502	>= 4970
м алкалинитет	28 - 30		100
<i>Leptodora kindti</i>	18		100
протеолизатори	>= 4144		100
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	>= 123		100
<i>Carchesium polypinum</i>	>= 386		100
ИФА	>= 3.74		100
фосфоминерализатори	358 - 669		81
укупан зоопланктон	>= 5803		79
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	342 - 1061		79
Параметар	Вредност	502 - 1377	>= 4970
електропроводљивост	299 - 328		100
амонијак	0.16 - 0.34		68
дубина	< 7		68
ИФА	2.71 - 3.74		62
<i>Leptodora kindti</i>	18		62
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	32 - 84		62
<i>Bosmina longirostris similis</i>	67 - 106		62
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	>= 123		62
Параметар	Вредност	3448 - 4970	>= 4970
дубина	< 7		100
електропроводљивост	299 - 328		100
амонијак	0.16 - 0.34		100
локација	10	100	
укупне колиформне бактерије	>= 880		100
Параметар	Вредност	3448 - 4970	1377 - 3448
укупни фосфати	0.09 - 0.23	100	
<i>Bosmina longirostris cornuta</i>	65 - 406	82	
Параметар	Вредност	502 - 1377	1377 - 3448
<i>Bosmina longirostris similis</i>	67 - 106		100
рН	7.51 - 7.77		100
рН	7.77 - 8.08	86	
дубина	15 - 19	86	
електропроводљивост	299 - 328		68
Параметар	Вредност	502 - 1377	3448 - 4970
укупни фосфати	0.09 - 0.23		100
<i>Bosmina longirostris similis</i>	67 - 106		100
<i>Bosmina longirostris cornuta</i>	65 - 406		95
протеолизатори	2274 - 4144		55

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

12. Фосфоминерализатори у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Всп2а

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 147	147 - 358
месец	II - VI	100	
месец	VIII - IX		86
укупне колиформне бактерије	>= 880		81
амилолизатори	< 502	66	
целулолизатори	< 11	66	
Mn	>= 0.53		51
температура воде	< 8.71	50	
Параметар	Вредност	< 147	358 - 669
амилолизатори	< 502	100	
протеолизатори	< 329	72	
месец	VIII - IX		53
месец	II - VI	50	
Параметар	Вредност	< 147	669 - 929
амилолизатори	< 502	100	
протеолизатори	< 329	95	
азотофиксатори	< 139	79	
Параметар	Вредност	< 147	>= 929
амилолизатори	< 502	100	
протеолизатори	1325 - 2274		65
амилолизатори	502 - 1377		65
протеолизатори	< 329	63	
дубина	15 - 19		52
Параметар	Вредност	147 - 358	>= 929
дубина	15 - 19		100
мутноћа	30		59
мутноћа	25		50
Параметар	Вредност	358 - 669	>= 929
дубина	15 - 19		100
Rotifera	180 - 375		68
укупни фосфати	0.09 - 0.23		68
Параметар	Вредност	669 - 929	>= 929
дубина	15 - 19		100
укупан зоопланктон	1116 - 2385		50
укупан број бактерија	289938 - 427092		50
Fe	0.03 - 0.12		50
Rotifera	180 - 375		50
Параметар	Вредност	669 - 929	358 - 669
месец	VI - VIII	100	
месец	VIII - IX		85
Параметар	Вредност	147 - 358	358 - 669
ИФА	2.71 - 3.74		100
хетеротрофи	800 - 1554	59	
протеолизатори	2274 - 4144		53
електропроводљивост	299 - 328		52
електропроводљивост	345 - 372	50	
Параметар	Вредност	147 - 358	669 - 929
мутноћа	30		100
азотофиксатори	< 139	85	
месец	VI - VIII		75
Fe	>= 0.16		71
месец	VIII - IX	65	
протеолизатори	< 329	61	
укупне колиформне бактерије	500 - 880		61

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

13. Фосфоминерализатори у акумулацији Гружа - сет података 2, модел Гсп2б

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 147	147 - 358
<i>Brachionus angularis</i>	< 32		87
месец	II - VI	67	
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	< 1		61
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	< 60		57
месец	VIII - IX		57
укупне колиформне бактерије	>= 880		54
Параметар	Вредност	< 147	358 - 669
амилолизатори	< 502	93	
протеолизатори	< 329	67	
месец	VIII - IX		50
месец	II - VI	50	
Параметар	Вредност	< 147	669 - 929
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	< 60		93
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	< 1		90
амилолизатори	< 502	86	
протеолизатори	< 329	82	
<i>Leptodora kindti</i>	0		75
азотофиксатори	< 139	68	
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	< 3		60
Параметар	Вредност	< 147	>= 929
амилолизатори	< 502	100	
протеолизатори	< 329	63	
Параметар	Вредност	147 - 358	>= 929
дубина	15 - 19		100
<i>Tintinnopsis lacustris</i>	>= 156		84
мутноћа	30		59
<i>Kellicottia longispina</i>	< 3		52
Параметар	Вредност	358 - 669	>= 929
дубина	15 - 19		100
<i>Bosmina coregoni</i>	< 38	54	
Параметар	Вредност	669 - 929	>= 929
дубина	15 - 19		100
<i>Keratella quadrata frenzeli</i>	< 3		60
Rotifera	180 - 375		50
Параметар	Вредност	669 - 929	358 - 669
месец	VI - VIII	71	
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	< 1	55	
<i>Bosmina coregoni</i>	< 38		55
Параметар	Вредност	669 - 929	147 - 358
<i>Keratella cochlearis</i>	106 - 195	89	
<i>Keratella quadrata frenzeli</i>	3 - 9	85	
мутноћа	30	85	
азотофиксатори	< 139		72
Fe	>= 0.16	61	
<i>Bosmina longirostris cornuta</i>	601 - 1295	60	
<i>Brachionus angularis</i>	< 32		57
месец	VIII - IX		55
<i>Bosmina longirostris similis</i>	< 16		53
протеолизатори	< 329		52
укупне колиформне бактерије	500 - 880	52	
Параметар	Вредност	358 - 669	147 - 358
ИФА	2.71 - 3.74	100	
протеолизатори	2274 - 4144	53	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

14. Фосфоминерализатори у акумулацији Грошница - сет података 1, модел Гсп1а

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 4.67	4.67 - 14.67
нитрати	0		80
растворени кисеоник	>= 10	52	
ХПК	9.3 - 10.3		52
Параметар	Вредност	< 4.67	14.67 - 37.33
температура воде	18 - 21	100	
месец	1		50
температура воде	12 - 18	50	
Параметар	Вредност	< 4.67	37.33 - 118
амонијак	0.06 - 2.61	100	
температура воде	< 8		68
месец	I		50
месец	IX	50	
месец	II		50
температура воде	18 - 21	50	
Параметар	Вредност	< 4.67	>= 118
укупни фосфати	< 0.02		100
месец	VII		55
pH	>= 8.22	50	
Параметар	Вредност	4.67 - 14.67	>= 118
укупни фосфати	< 0.02		100
месец	V	52	
месец	VII		50
Параметар	Вредност	14.67 - 37.33	>= 118
укупни фосфати	< 0.02		100
Параметар	Вредност	37.33 - 118	>= 118
месец	VII		100
ХПК	9.3 - 10.3	81	
укупни фосфати	< 0.02		54
хлориди	5.6 - 6.33		50
Параметар	Вредност	37.33 - 118	14.67 - 37.33
факултативни олиготрофи	307- 673		100
хетеротрофи	800 - 1255	50	
месец	II	50	
Параметар	Вредност	37.33 - 118	4.67 - 14.67
растворени кисеоник	>= 10	72	
нитрати	0		72
месец	V		64
амонијак	0.06 - 2.61		64
температура воде	< 8.02	50	
Параметар	Вредност	14.67 - 37.33	4.67 - 14.67
Fe	0		100
растворени кисеоник	>= 10	100	
температура воде	18 - 21		92
факултативни олиготрофи	673 - 1267		50
месец	I	50	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

15. Фосфоминерализатори у акумулацији Грошница - сет података 1, модел Всп1б

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 4.67	4.67 - 14.67
нитрати	0		80
ХПК	9.3 - 10.3		52
растворени кисеоник	>= 10	52	
Параметар	Вредност	< 4.67	14.67 - 37.33
<i>Flinia longiseta</i>	< 5		100
температура воде	18 - 21	92	
<i>Keratella cochlearis macracantha</i>	< 38		80
месец	I		50
температура воде	12 - 18	50	
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	>= 50	50	
Параметар	Вредност	< 4.67	37.33 - 118
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	< 14		100
амонијак	0.06 - 2.61	64	
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	< 5		50
температура воде	< 8		50
Параметар	Вредност	< 4.67	>= 118
укупни фосфати	< 0.02		100
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	< 5		76
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	< 14		57
месец	VII		55
pH	>= 8.22	50	
Параметар	Вредност	4.67 - 14.67	>= 118
укупни фосфати	< 0.02		100
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	< 5		81
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	< 14		65
месец	V	52	
месец	VII		50
Параметар	Вредност	14.67 - 37.33	>= 118
укупни фосфати	< 0.02		100
Параметар	Вредност	37.33 - 118	>= 118
месец	VII		100
ХПК	9.3 - 10.3	81	
укупни фосфати	< 0.02		54
хлориди	5.6 - 6.33		50
Параметар	Вредност	37.33 - 118	14.67 - 37.33
факултативни олиготрофи	307 - 673		100
хетеротрофи	800 - 1255	50	
месец	II	50	
Параметар	Вредност	4.67 - 14.67	14.67 - 37.33
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	< 5		100
Fe	0	67	
растворени кисеоник	>= 10		67
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	< 14		62
температура воде	18 - 21	62	
Параметар	Вредност	4.67 - 14.67	37.33 - 118
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	< 14		100
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	< 5		60
нитрати	0	50	
растворени кисеоник	>= 10		50
амонијак	0.06 - 2.61	50	
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	15 - 50	50	
месец	5	50	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

Прилог VIII - Разлике деловања утицајних параметара између класа укупних колиформних бактерија

1. Акумулација Гружа - сет података 2, модел Гсп2а

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 220	220 - 500
температура воде	18 - 22		100
Ciliata	9 - 18		52
Параметар	Вредност	< 220	500 - 880
целулолизатори	< 11	100	
фосфоминерализатори	< 147	80	
амилолизатори	< 502	62	
БПК ₅	1.66- 2.95	62	
Ciliata	9 - 18		60
Параметар	Вредност	< 220	>= 880
фосфоминерализатори	< 147	100	
месец	VIII - IX		70
температура воде	9 - 13	66	
месец	II - VI	50	
Параметар	Вредност	220 - 500	>= 880
месец	VIII - IX		87
фосфоминерализатори	< 147	52	
температура воде	>= 22		50
температура воде	< 9	50	
Параметар	Вредност	500 - 880	>= 880
Fe	Missing		100
температура воде	9 - 13	83	
фосфоминерализатори	147 - 358		81
температура воде	< 9	53	
Параметар	Вредност	500 - 880	220 - 500
азотофиксатори	751 - 912	100	
протеолизатори	2274 - 4144	100	
Ciliata	>= 42		97
целулолизатори	< 11		96
укупан број бактерија	>= 796177		76
БПК ₅	1.66- 2.95		51

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

2. Акумулација Гружа - сет података 2, модел Гсп2б

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 220	220 - 500
температура воде	18 - 22		100
Ciliata	9 - 18		55
Параметар	Вредност	< 220	500 - 880
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	< 60		100
целулолизатори	< 11	90	
<i>Leptodora kindti</i>	0		75
фосфоминерализатори	< 147	72	
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i>	1 - 60		60
амилолизатори	< 502	56	
БПК ₅	1.66- 2.95	55	
Ciliata	9 - 18		54
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	< 3		54
Параметар	Вредност	< 220	>= 880
фосфоминерализатори	< 147	94	
<i>Brachionus angularis</i>	< 32		74
месец	VIII - IX		66
температура воде	9 - 13	62	
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i>	< 60		57
<i>Synchaeta sp</i>	< 16	53	
Параметар	Вредност	220 - 500	>= 880
месец	VIII - IX		87
фосфоминерализатори	< 147	52	
температура воде	>= 22		50
температура воде	< 9	50	
Параметар	Вредност	500 - 880	220 - 500
протеолизатори	2274 - 4144	100	
азотофиксатори	751 - 912	100	
Ciliata	>= 42		97
целулолизатори	< 11		96
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	>= 384	91	
укупан број бактерија	>= 796177		76
<i>Bosmina longirostris cornuta</i>	406 - 601		76
<i>Daphnia cucullata</i>	< 31	58	
<i>Keratella cochlearis macracantha</i>	< 3		51
БПК ₅	1.66- 2.95		51

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

3. Акумулација Гружа - сет података 3

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 22	22 - 150
месец	VII - X		100
месец	< III	65	
локација	22 - 27	53	
Параметар	Вредност	< 22	150 - 1500
локација	8 - 12	100	
ХПК	< 15.66		79
локација	22 - 27		56
дубина	27		54
локација	< 8	50	
електропроводљивост	372 - 561		49
Параметар	Вредност	< 22	>= 1500
ХПК	< 15.66		97
хетеротрофи	< 2872	87	
дубина	27		86
локација	8 - 12	79	
хетеротрофи мезофили	< 1418	78	
локација	22 - 27		74
факултативни олиготрофи	< 2876	72	
pH	7.93- 8.23		64
хетеротрофи мезофили	1418 - 6997		63
локација	< 8	49	
Параметар	Вредност	22 - 150	>= 1500
хетеротрофи	< 2872	100	
локација	22 - 27		99
дубина	27		89
ХПК	< 15.66		78
факултативни олиготрофи	< 2876	74	
хетеротрофи мезофили	< 1418	60	
локација	8 - 12	60	
pH	7.94 - 8.23		53
Mn	< 0.22		50
Параметар	Вредност	150 - 1500	>= 1500
хетеротрофи	< 2872	100	
растворени кисеоник	7.96 - 10.30		92
хетеротрофи мезофили	< 1418	84	
месец	>= X	69	
хетеротрофи мезофили	1418 - 6997		65
pH	7.93 - 8.23		63
дубина	27		59
биомаса алги	>= 512.55	48	
Параметар	Вредност	150 - 1500	22 - 150
локација	22 - 27	100	
локација	8 - 12		76
дубина	27	74	
хетеротрофи	< 2872		69
ХПК	< 15.66	66	
факултативни олиготрофи	< 2876		58

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

4. Акумулација Грошница - сет података 2

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 22	22 - 50
мутноћа	3.8 - 7		100
електропроводљивост	387 - 414	57	
температура воде	>= 23		56
м алкалинитет	< 3.05	50	
м алкалинитет	30.8 - 33.5		50
Параметар	Вредност	< 22	>= 50
температура воде	< 10	100	
хетеротрофи мезофили	< 135	75	
електропроводљивост	387 - 414	73	
Fe	0.03- 0.04	63	
pH	< 7.66	60	
месец	V		53
хлорофил <i>a</i>	< 2.37	51	
хлорофил <i>a</i>	2.37 - 4.65		50
Параметар	Вредност	>= 50	22 - 50
температура воде	< 10		100
амонијак	< 0.16	65	
Mn	< 0.07	57	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

5. Акумулација Бован - сет података 1

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 4000	4000 - 96000
Zn	0.02 - 0.05		100
Hg	0		50
pH	7.42 - 7.68		50
Параметар	Вредност	< 4000	96000 - 240000
растворени кисеоник	9.58 - 11.39	100	
растворени кисеоник	6.35 - 8.31		93
година	>= 1994	77	
година	1991 - 1994		67
Параметар	Вредност	< 4000	>= 240000
Ag	0		100
растворени кисеоник	9.58 - 11.40	76	
локација	3		65
локација	1	65	
Zn	0.02 - 0.05		57
Параметар	Вредност	4000 - 96000	>= 240000
Ag	0.002	100	
Ni	0.005	100	
Параметар	Вредност	96000 - 240000	>= 240000
година	1991 - 1994	100	
Параметар	Вредност	96000 - 240000	4000 - 96000
растворени кисеоник	6.35 - 8.31	100	
Mn	0.02 - 0.04		76
растворени кисеоник	9.58 - 11.39		67
година	1991 - 1994	60	

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

ПРИЛОГ IX - Разлике деловања утицајних параметара између класа *Clostridium perfringens*

1. Акумулација Гружа - сет података 2, модел Гсп2а

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 100	100 - 266
азотофиксатори	< 139	100	
Ciliata	< 3		98
фосфоминерализатори	< 147		93
Ciliata	18 - 35	61	
Параметар	Вредност	< 100	266 - 600
ИФА	2.02 - 4.63	100	
хетеротрофи мезофили	< 284	89	
хлориди	4.33 - 9.14		63
фосфоминерализатори	< 147		63
хетеротрофи	< 800	62	
Параметар	Вредност	< 100	600 - 1800
хлориди	>= 11.93	100	
хетеротрофи мезофили	< 284	73	
хлорофил <i>a</i>	< 24.23	64	
Параметар	Вредност	< 100	>= 1800
укупни фосфати	< 0.07	77	
хлориди	>= 11.93	77	
хетеротрофи мезофили	< 284	64	
дубина	3	62	
Fe	< 0.05	62	
Параметар	Вредност	100 - 266	>= 1800
дубина	3	100	
Ciliata	< 3	90	
целулолизатори	< 16	86	
азотофиксатори	139 - 434		74
укупни фосфати	< 0.07	62	
Параметар	Вредност	266 - 600	>= 1800
укупни фосфати	< 0.07	100	
целулолизатори	< 11	71	
фосфоминерализатори	>= 929		56
укупне колиформне бактерије	< 220	56	
Параметар	Вредност	600 - 1800	>= 1800
месец	7 - 10		100
укупан зоопланктон	1131 - 2360	95	
Fe	< 0.05	94	
дубина	3	60	
азотофиксатори	139- 434		60
Параметар	Вредност	600 - 1800	266 - 600
БПК ₅	1.07 - 2.46		74
електропроводљивост	>= 372		61
ХПК	< 20.22		61
Параметар	Вредност	600 - 1800	100 - 266
хлориди	9.95 - 11.93		60
температура воде	7.83 - 12.12		60
Параметар	Вредност	266 - 600	100 - 266
Ciliata	< 3		100
pH	8.17 - 8.61		98
хлориди	4.33 - 9.14	82	
хетеротрофи мезофили	< 284		69
хетеротрофи	< 800		64

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

2. Акумулација Гружа - сет података 2, модел Гсп2б

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 100	100 - 266
<i>Brachionus angularis</i>	< 24	100	
азотофиксатори	139 - 434	91	
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	8 - 30		89
фосфоминерализатори	< 147		85
Параметар	Вредност	< 100	266 - 600
ИФА	2.02 - 4.63	100	
хетеротрофи мезофили	< 284	89	
<i>Bosmina coregoni</i>	< 18		65
фосфоминерализатори	< 147		63
хлориди	4.33 - 9.14		63
хетеротрофи	< 800	62	
Параметар	Вредност	< 100	600 - 1800
хлориди	>= 11.93	100	
<i>Bosmina coregoni</i>	18 - 77	100	
хетеротрофи мезофили	< 284	73	
хлорофил <i>a</i>	< 24.23	64	
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	< 8	61	
хлориди	9.95 - 11.93	59	
Параметар	Вредност	< 100	>= 1800
укупни фосфати	< 0.07	77	
хлориди	>= 11.93	77	
хетеротрофи мезофили	< 284	63	
дубина	3	62	
Fe	< 0.05	62	
Параметар	Вредност	100 - 266	>= 1800
дубина	3	95	
Ciliata	< 3	86	
целулолизатори	< 16	82	
укупни фосфати	< 0.07	59	
протеолизатори	>= 4144		55
Параметар	Вредност	266 - 600	>= 1800
укупни фосфати	< 0.07	100	
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	< 314	94	
целулолизатори	< 11	70	
фосфоминерализатори	>= 929		56
укупне колиформне бактерије	< 220	55	
Параметар	Вредност	600 - 1800	>= 1800
месец	VII - X		100
укупан зоопланктон	1131 - 2360	94	
Fe	< 0.05	94	
Параметар	Вредност	600 - 1800	266 - 600
БПК ₅	1.07 - 2.46		74
<i>Bosmina longirostris similis</i>	>= 154		60
ХПК	< 20.22		60
Параметар	Вредност	600 - 1800	100 - 266
температура воде	7.83 - 12.12		60
хлориди	9.95 - 11.93		60
Параметар	Вредност	266 - 600	100 - 266
Ciliata	< 3		100
pH	8.17 - 8.61		98
<i>Bosmina coregoni</i>	< 18	90	
хетеротрофи мезофили	< 284		69
<i>Bosmina longirostris similis</i>	>= 154	68	
хетеротрофи	< 800		64

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

3. Акумулација Гружа - сет података 3

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар	Вредност	< 6	6 - 100
ХПК	25.42 - 34.67		100
Параметар	Вредност	< 6	100 - 400
укупне колиформне бактерије	>= 1500	100	
амонијак	>= 0.25		99
Mn	0.22 - 1.16		70
укупне колиформне бактерије	22 - 150		50
Параметар	Вредност	< 6	>= 400
амонијак	>= 0.25		100
Fe	0.12 - 0.39		69
укупне колиформне бактерије	>= 1500	55	
ортофосфати	0.03 - 0.07		52
дубина	< 7	40	
Параметар	Вредност	6 - 100	>= 400
Fe	0.12 - 0.39		100
Параметар	Вредност	100 - 400	>= 400
хетеротрофи	9363 - 20742		100
укупне колиформне бактерије	150 - 1500		84
Параметар	Вредност	100 - 400	6 - 100
pH	>= 8.56		100
укупне колиформне бактерије	>= 1500		55
укупне колиформне бактерије	22 - 150	52	
Fe	0.12 - 0.39	52	
Fe	0.39 - 1.16		50

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед

4. Акумулација Грошница – сет података 2

Разлике утицајних параметара између класа			
Параметар *	Вредност	< 75	>= 1075
факултативни олиготрофи	7470 - 10000		100
факултативни олиготрофи	2801 - 7470		73
факултативни олиготрофи	< 966	54	
Параметар	Вредност	75 - 175	>= 1075
факултативни олиготрофи	< 966	100	
Параметар	Вредност	175 - 1075	>= 1075
факултативни олиготрофи	2801 - 7470		100
факултативни олиготрофи	7470 - 10000		89

*јединице мере дате у делу Основни статистички преглед