Applied Biology, Volume 10, Issue 38, 2020

Distribution, Frequency and Seasonal Variation of Microalgae of 15 Khordad Dam, Qom, Iran[1]

Hassan Bakhtiari PhD. Student, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. hbg1385@yahoo.com
Lobat Taghavi Associate Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran **(Corresponding Author)**. taghavi_lobat@yahoo.com
Seyed Ahmad Mirbagheri Professor, Khajeh Nasir al-Din Tusi University, Tehran, Iran. mirbagheri@kntu.ac.ir
Taher Rajaee Associate Professor, Faculty of Engineering, Qom University, Qom, Iran. trajaee@qom.ac.ir
Mehdi Ramezani Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch,Islamic Azad University, Tehran, Iran. Dr.mramezani@yahoo.com

Abstract

Introduction: Microalgae are single-celled algae that have favorable environmental conditions such as temperature and long period of light as well as nutrients containing phosphorus and nitrate affect their abundance and distribution and sometimes cause health, environmental and process problems in water plant.

Material and Methods: This study was carried out to determine the density and diversity of microalgae in the water of 15 Khordad Dam in two winter and spring seasons, in different areas of the dam at a height of one and five meters by sampling and identifying and counting based on algae morphology.

Results: The results show that diatoms with (41.1%), binary algae with (32.5%), green algae with (23.2%) and green-blue algae with (41.1%) different microalgae. (3.2%) constitute the most dominant communities, respectively. In the samples taken from the entire dam, the dominant genus is *Peridinium* algae. The highest frequency was at one meter height in June and on the west side and the lowest frequency at five meters height was in December and on the east side ($p<0.05$).

Conclusion: The results of this study will be effective in planning the operation management of different water treatment plants in Qom.

Keywords: Diversity and density, Khordad 15th Dam, Microalgae, Seasonal Variations.

1. **Received:** 2020/04/07 ; **Accepted:** 2020/06/30

**Copyright © the authors

بیولوژی کاربردی، دوره ۱۰، شماره ۳۸، تابستان ۱۳۹۹

بررسی پراکنش، فراوانی و تغییرات فصلی میکروجلبک‌های سد ۱۵ خرداد قم[1]

حسن بختیاری | دانشجوی دکتری، گروه علوم محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. hbg1385@yahoo.com

لعبت تقوی | دانشیار، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (**نویسنده مسئول**). taghavi_lobat@yahoo.com

سید احمد میرباقری | استاد، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران. mirbagheri@kntu.ac.ir

طاهر رجایی | دانشیار، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه قم، قم، ایران. trajaee@qom.ac.ir

مهدی رمضانی | استادیار، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. Dr.mramezani@yahoo.com

چکیده

سابقه و هدف: میکروجلبک‌ها، جلبک‌های یک تا چند سلولی‌اند که شرایط محیطی مناسب نظیر دما و دوره طولانی نور و همچنین ورود مواد مغذی حاوی فسفر و نیترات بر فراوانی و پراکنش آنها تاثیر گذارده و بعضا باعث بروز مشکلات بهداشتی، زیست محیطی و فرایندی در تصفیه‌خانه‌های آب می‌گردد.

مواد و روش کارها: این مطالعه به منظور تعیین تراکم و تنوع میکروجلبک‌ها در آب سد ۱۵ خرداد در دو فصل زمستان و بهار، در مناطق مختلف سد و در ارتفاع یک و پنج متری با نمونه‌برداری و شناسایی و شمارش براساس مورفولوژی جلبک‌ها، انجام شده است.

نتایج: نتایج نشان می‌دهد از جنس‌های مختلف میکروجلبکی دیاتومه‌ها با ۴۱/۱٪، جلبک‌های دوتاژه‌ای با ۳۲/۵٪، جلبک‌های سبز با ۲۳/۲٪ و جلبک‌های سبز- آبی با ۳/۲٪ به ترتیب غالب‌ترین جوامع را تشکیل می‌دهند. در نمونه‌های برداشتی از کل سد، جنس غالب، جلبک پریدینیوم می‌باشد. بیشترین مقدار فراوانی در ارتفاع یک متر، در ماه خرداد و کناره ضلع غربی و کمترین مقدار فراوانی در ارتفاع پنج متر، در ماه دی و کناره ضلع شرقی است ($p<0.05$).

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه در برنامه‌ریزی مدیریت بهره‌برداری واحدهای مختلف تصفیه‌خانه آب قم موثر خواهد بود.

کلیدواژه‌ها: سد پانزده خرداد، قم، میکروجلبک، جلبک.

---

۱. **تاریخ دریافت:** ۱۳۹۹/۰۱/۱۹ ؛ **تاریخ پذیرش:** ۱۳۹۹/۰۴/۱۰

۱. مقدمه

جلبک‌ها از دسته آغازیان فتواتوتروف می‌باشند، یعنی قادرند با فتوسنتز، مواد غیرارگانیک را به مواد ارگانیک تبدیل کنند. آنها از ساده‌ترین موجودات واجد کلروفیل هستند و دارای بیش از ۱۸۰۰ جنس و ۲۱۰۰ گونه بوده که جایگاه ویژه‌ای در زیست کره دارند (۱). به دلیل حضور در زیستگاه‌های گوناگون، از هوا تا آب‌های زیرزمینی، عرصه وسیع‌تری را در مقایسه با سایر رستنی‌ها به خود اختصاص می‌دهند. با توجه به اینکه بیش از ۷۰% از سطح کرة زمین را آب فراگرفته است، بیشترین انتشار جلبک‌ها در آب‌ها است (۲). فیتوپلانکتون‌ها، جلبک‌های تك سلولی تا چند سلولی هستند که نخستین حلقه زنجیره غذایی جانوران آبزی را تشکیل می‌دهند. آنها به کمك نور خورشید و با استفاده از مواد معدنی و آلی محلول و معلق در ستون آب رشد کرده و تکثیر می‌یابند و خودشان نیز توسط گیاه خواران فیلترکننده مورد مصرف قرار می‌گیرند. گونه‌های خاصی از جلبک‌ها باعث مشکلات طعم و بو در آب آشامیدنی می‌شوند. مشکلاتی که به دلیل طعم و بو در آب آشامیدنی مشاهده می‌شود، در مراکز درمانی در سراسر جهان رواج دارد. طعم و بو به ویژه از نظر عموم مردم به عنوان شاخص‌های اولیه ایمن و پذیرش آب آشامیدنی تلقی می‌شود (۳). ۸۸% بیماری‌ها هر ساله در نقاط جهان به استفاده از آب‌های ناسالم نسبت داد شده‌اند (۴). با توجه به اهمیت محیط آبی جلبک‌ها و همچنین حساسیت آنها به تغییرات محیطی، اندازه‌گیری جلبکها از اجزای اصلی برنامه‌های نظارت بر کیفیت آب است (۵). تاکنون مطالعات مختلفی در مورد شناسایی میکروجلبک‌ها، بررسی تنوع، پراکنش و تراکم جمعیتی آنها در ایران و جهان انجام شده است. در بررسی جمعیت میکروجلبکی و شاخص‌های جمعیتی در دریاچه سد ارس توسط محبی و همکاران (۶)، نمونه‌برداری در سه ایستگاه (تاج، وسط و کناره) در طول دریاچه سد جهت شناسایی و شمارش فیتوپلانکتون‌ها و تغییرات جمعیت آنها در فصول مختلف انجام گرفت. در این مطالعه۴۶ گونه جلبکی متعلق به سیانوفیسه‌ها، کلروفیسه‌ها، دیاتومه‌ها، اوگلنوفیسه‌ها و دینوفلاژله‌ها شناسایی شدند. ایستگاه‌های مورد مطالعه براساس شاخص‌های اکولوژی، غالبیت در ایستگاه وسط سد بیشتر از دو مکان دیگر و غنای گونه‌ای در فصل بهار بیشتر از سایر فصول سال بود.

در مطالعه یوسفی و همکاران پیرامون تنوع و غنای گونه‌ای فیتوپلانکتون‌ها در دریاچه سد منجیل، ۲۲ جنس مختلف فیتوپلانکتونی شناسایی گردیدند که به ترتیب درصد فراوانی شاخه‌ها به

Bacillariophyta 1/2%، Pyrrophyta 3/6%، Cyanophyta 3/44%، Chlorophyta 42% و Chrysophta 05/0% تعلق داشتند (۷).

راستی و همکاران در آذر ماه سال ۱۳۸۳ تا مهر ماه ۱۳۸۴، پژوهشی با عنوان مطالعه فلور جلبکی جوامع پری‌فیتون با توجه به بستر در رودخانه گرگر انجام دادند که در فلور بررسی شده، در میان ۵ رده، ۲۴ جنس شناسایی شد. جنس‌های شناسایی شده مربوط به دیاتومه‌ها (۱۲ جنس)، سیانوفیسه‌ها (۴ جنس)، کلروفیسه‌ها (۶ جنس)، زانتوفیسه‌ها (۱ جنس) و دینوفیسه‌ها (۱ جنس) بود. بیشترین تعداد فراوانی فلورها، ۲۸۲۳۹۰ در سانتیمتر مربع در مرداد ماه بود. رشد جلبک‌ها به وجود مواد مغذی، دمای بالا و سرعت جریان کم آب رودخانه بستگی دارد (۸).

تحقیقاتی توسط ناصر بر روی قسمت‌های شمالی خلیج سوئز انجام شد که نشان می‌دهد میزان جلبک‌ها ۸۹/۲۹%، دیاتومه ۹/۹%، دوتاژه‌ای ۰/۶۸%، سبز- آبی ۰/۰۴%، سبز و تعدادی معدودی تاژک‌دار سیلیسی است (۹).

در سال ۲۰۰۶، ابراهیم عابد و همکاران با بررسی رودخانه تیگریس بغداد، ۲۶۸ نوع جلبک شناسایی کردند که ۱۶۱ نوع آن دیاتومه، ۵۸ نوع جلبک سبز و ۴۹ نوع جلبک سبز- آبی بود (۱۰). تنوع فصلی در ترکیب گونه‌های جلبک‌های بنتوری دریاچه Karagöl از آوریل تا اکتبر در سال ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲ توسط کولایلی و همکاران مورد بررسی قرار گرفت. فلور جلبک اعماق دریا شامل ۳۸ گونه متعلق به بخش‌های کلروفیتا، سیانوفیتا، اوگلنوفیتا و کرایسوفیتا بود. به طور کلی، کلروفیت از نظر تعداد و فراوانی گونه‌ها در طول دوره مطالعه غالب بود. محدوده توزیع ترکیب جلبک‌های بنتوری و گونه‌های غالب در همه ایستگاه‌ها از یکدیگر متفاوت است. رشد جلبک اعماق دریا بیشتر تحت تأثیر دما و نور آب بود (۱۱). این موضوع در مطالعات حسنی بافرانی و همکاران در دریاچه‌ها و رودخانه‌های مختلفی در مناطق شمال، جنوب و مناطق مرکزی کشور نیز مورد مطالعه قرار گرفته و رابطه این پارامترها با تعداد جلبک‌ها بررسی گردید. در مطالعات انجام شده مهم‌ترین عامل در رشد جلبک‌ها دما و نور تعیین گردید که با توجه به فصول مختلف و در اعماق مختلف آب نتایج معنی‌داری را نشان می‌دهد (۱۲).

مطالعه سایدو و همکاران به منظور تعیین فراوانی و توزیع فیتوپلانکتون در سد بالانگا، منطقه ایالت گمبه نیجریه انجام شد. تعداد کل ۲۱ گونه فیتوپلانکتون از سه ایستگاه نمونه‌برداری

متعلق به حدود هفت گونه شناسایی شد. Chlorophyceae به عنوان گونه‌ای با بالاترین امتیاز گونه در حدود ۲۸/۶ درصد ثبت شد و پس از آن Baccillariophyceae، Cyanophyceae، Desmidiaceae و Chrysophyceae به ترتیب در حدود ۱۹ درصد، ۱۹ درصد، ۱۴/۳ درصد و ۹/۵ درصد ثبت شدند. پنج پارامتر فیزیکوشیمیایی مورد بررسی قرار گرفت که نشان داد تغییرات آنها تا حد زیادی بر توزیع گونه‌های فیتوپلانکتون تأثیر می‌گذارد (۱۳).

در بررسی فراوانی و تنوع زیستی جوامع فیتوپلانگتونی دریاچه سد مارون توسط نوع دوست و شوکت، ۴۲ جنس از فیتوپلانکتون‌ها متعلق به ۵ شاخه دیاتومه‌ها (Bacillariophyta)، جلبک‌های سبز (Chlorophyta)، جلبک‌های سبز- آبی (Cyanophyta)، دینوفلاژله (Pyrrophyta) و اوگلنوفیتا (Euglenophyta) شناسایی شدند. فراوانی سالانه فیتوپلانکتونی ۶۲۶۱±۳۴۷۶۵ سلول در لیتر بود. شاخه Bacillariophyta با میانگین تراکم ۷۶۵±۱۵۴۶۵ عدد در لیتر و فراوانی 48/44 درصد و شاخه Pyrrophyta با میانگین تراکم ۴۷۸±۵۵۰ عدد در لیتر و فراوانی ۱/۵۸ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین تراکم و فراوانی سالیانه فیتوپلانکتونی را به خود اختصاص دادند که در مقایسه با سایر شاخه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بودند ($p<0.05$) (۱۴).

تاثیر وزش باد در پراکنش جلبک‌ها نیز در برخی مطالعات مورد بررسی قرار گرفته است. وبستر و همکاران اعلام کردند که شواهد تجربی نشان می‌دهد که بادهای دارای سرعت بیشتر از ۲-۳ متر در ثانیه برای جابجایی سلول‌های فیتوپلانکتون شناور یا کلنی سطح آب مورد نیاز است. توزیع افقی یک جمعیت فیتوپلانکتون بسته به اینکه آیا سرعت باد بزرگ‌تر یا کمتر از سرعت بحرانی باشد، متفاوت خواهد بود (۱۵). با توجه به آنکه در بسیاری از موارد آب‌های سطحی و آب واقع در سدها به عنوان منابع تامین آب در تصفیه‌خانه‌های آب می‌باشند، وجود مقادیر مختلفی از جلبک‌ها و تنوع آنها در فرایند تصفیه آب مهم خواهد بود.

جو و همکاران در مطالعه‌ای میکروجلبک‌ها را باعث بروز مشکلاتی نظیر گرفتگی فیلترهای شنی معرفی کردند. گونه‌هایی که فیلترهای ماسه را مسدود کرده‌اند شامل دیاتوم‌های به شکل سوزنی و دیاتوم صفحه‌ای هستند که فیلترها را مسدود کرده و نیاز به شستشوی مکرر فیلترها را ضروری نموده است. این امر منجر به کاهش تولید آب آشامیدنی و خسارت اقتصادی می‌شود (۱۶).

اورت و همکاران هفت گروه فیتوپلانکتونی در منبع تامین آب تأمین بزرگ‌ترین تصفیه‌خانه آب

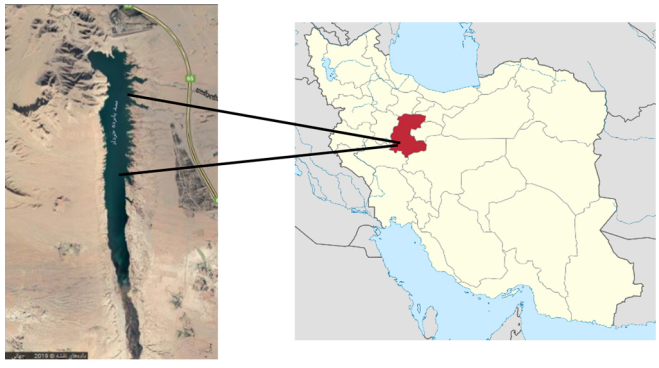
آشامیدنی معمولی آفریقای جنوبی (DWTP) شناسایی و ثبت کردند. دو جنس فیتوپلانکتون، آنابنا و سراتیوم به دلیل توانایی مداخله در فرآیند تصفیه آب و تأثیر منفی بر کیفیت آب به عنوان فیتوپلانکتون مشکل‌ساز شناخته شدند. این مطالعه شناسایی جنس فیتوپلانکتون‌های دارای مشکل و بررسی اثربخشی فرآیندهای موثر در از بین بردن فیتوپلانکتون‌ها و ترکیبات آلی مرتبط با آنها را دنبال می‌کرد. بهینه‌سازی فرآیندهای تصفیه آب آشامیدنی معمولی می‌تواند به طور مؤثر فیتوپلانکتون و همچنین ترکیبات آلی مرتبط با آنها را از بین ببرد و از این طریق خطر احتمالی مصرف‌کنندگان آب آشامیدنی را کاهش دهد (۱۷).

هدف پژوهش حاضر تعیین فراوانی میکروجلبک‌های سد ۱۵ خرداد در فصل زمستان و بهار بود. با توجه به اینکه این سد از منابع تامین آب تصفیه‌خانه آب می‌باشد، آگاهی از این تغییرات در طی زمان، برنامه‌ریزی روند بهره‌برداری از تصفیه‌خانه را به نحو مطلوب‌تری به دنبال خواهد داشت. انسداد فیلترهای شنی در تصفیه‌خانه منجر به بروز مشکلات بهره‌برداری می‌گردد. استفاده از مواد منعقدکننده و فلوکولانت یکی از ابزارهای حذف میکروجلبک‌ها در آب ورودی به بخش زلال‌ساز قبل از ورود به فیلترهای شنی می‌باشد. این مطالعه می‌تواند در برنامه‌ریزی مصرف فلوکولانت‌های شیمیایی از نظر نوع و دوز مصرفی مهم باشد.

۲. روش انجام تحقیق

۲-۱. محدوده مورد مطالعه

سد پانزده خرداد در طول جغرافیایی شرقی ۳۴ درجه و ۷ دقیقه و ۷۲ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۷ دقیقه و ۴۷ ثانیه و عرض جغرافیایی شمالی برابر ۵۰ درجه و ۶۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۵۰ درجه و ۶۱ دقیقه و ۷۵ ثانیه قرار دارد. این سد در غرب روستای سنگ سیاهکوه دلیجان، در استان مرکزی و ۸۰ کیلومتری جاده قم - اصفهان، بر روی رودخانه لب شور قمرود احداث شده است. سد ۱۵ خرداد، در منطقه خشک ایران واقع شده و حجم مفید آن به ۲۲۰ میلیون مترمکعب می‌رسد. این سد در سال۱۳۷۳ آبگیری شد و سالانه به طور میانگین ۱۶۰ میلی‌متر بارندگی دارد. از مشخصات مهم سد پانزده خرداد این است که اولین سد مخزنی می‌باشد که روی یکی از رودخانه‌های لب شور کشور، با هدف تأمین آب شرب شهری احداث شده است (۱۸).



شکل ۱ – سد ۱۵ خرداد (استان مرکزی- شهر دلیجان)

۲-۲. نمونه‌برداری از سد پانزده خرداد

جهت تعیین فراوانی فلور جلبکی، نمونه‌برداری از اعماق مختلف و در فواصل متفاوت در دریاچه سد توسط دستگاه نمونه‌بردار اتوماتیک که توسط تیم شرکت آب و فاضلاب استان قم طراحی و ساخته شده است، انجام شد.

این دستگاه شامل سه مخزن ۱/۵ لیتری مجزا جهت جمع‌آوری نمونه آب می‌باشد. بخش کنترل‌گر شامل سنسورهای قابل هدایت جهت باز شدن شیر برقی در هنگام فرمان و امکان ورود آب به مخزن مورد نظر است. مجموعه دستگاه نمونه‌گیر با سیم بکسل و کابل برد براساس عمق مورد نظر جهت نمونه‌برداری وارد دریاچه سد شده و نمونه‌برداری انجام می‌شود. این سیستم همچنین دارای یك سنسور رطوبت‌سنج می‌باشد که پس از ورود آب به بطری به میزان مورد نظر (هم‌سطح الکترودهای پیش‌بینی شده) درب ورودی بطری بسته شده و سیستم آماده خروج از آب می‌شود. پس از تکمیل نمونه‌برداری، دستگاه به بالای آب کشیده شد و با جداسازی بطری‌های نمونه‌گیری از دستگاه، آب جمع‌آوری شده در ظروف نمونه‌برداری ریخته شد. در نمونه‌برداری در روزهای گرم، نمونه در مجاورت یخ تا محل آزمایشگاه حمل شده و تا حداکثر ۲۴ ساعت مورد بررسی قرار گرفت. برای فیکس کردن نمونه، از محلول ۸% فرمالین به حجم مساوی با نمونه استفاده گردید. حجم نمونه مورد نظر برای آب خام یک لیتر است. تعداد نمونه‌های برداشت شده در ماه، ۳۲ نمونه در دو عمق مختلف ۱ و ۵ متری پشت تاج، کناره‌های دریاچه و مرکز دریاچه سد بود. در این پژوهش نمونه‌برداری جهت انجام آزمون‌ها ، از مسیر شرق به غرب دریاچه سد انجام شد.

شکل ۲- دستگاه نمونه‌بردار اتوماتیک طراحی و ساخته شده در شرکت آبفای استان قم

۲-۳. آزمایش‌های بیولوژیکی

هدف از انجام آزمایش‌های بیولوژی در این تحقیق، تعیین نوع و تعداد میکروجلبک‌ها می‌باشد. نمونه‌های آب با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۰/۸ میکرون صاف شده، صافی را در بشر با یک میلی‌لیتر آب مقطر شسته، سپس محتوای شسته شده را روی لام Sedjwick-Rafter قرار داده و فلور جلبکی با استفاده از میکروسکوپ مانیتوردار[1] با عدسی ۱۰x و ۴۰x مورد بررسی و شمارش قرار گرفت. در نمونه‌هایی که دارای تعداد زیادی پلانکتون هستند (۱۰ پلانکتون یا بیشتر در هر میدان)، به جای شمارش خطی از شمارش میدانی استفاده می‌شود. پلانکتون‌ها به صورت تصادفی در میدان‌ها (معادل یک گرید ویپل) شمارش گردیدند. تعداد میدان‌های شمرده شده بسته به دانسیته پلانکتون متفاوت بود، به طور معمول ۱۰ میدان بر روی لام میکروسکوپی در شمارش پلانکتون‌ها بررسی شده است.

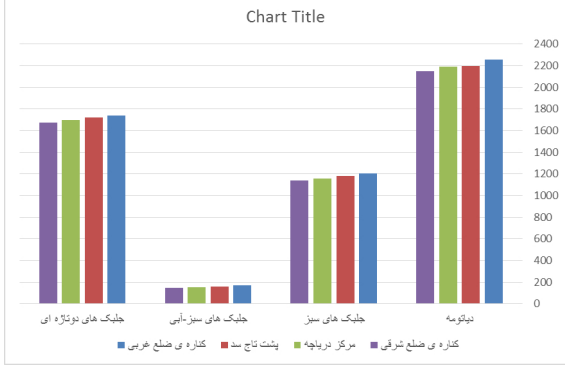
تعداد پلانکتون‌ها در هر میلی‌لیتر با استفاده از رابطه $\frac{\mathrm{NO}}{\mathrm{ml}} = \frac{C \times 1000 \mathrm{mm}^3}{A \times D \times F}$ محاسبه می‌شود که در این رابطه، C تعداد ارگانیسم‌های شمارش شده، A سطح یک فیلد (مساحت ویپل) بر حسب میلی‌متر مربع، D عمق هر فیلد (عمق لام S-R) برحسب میلی‌متر و F تعداد فیلدهای شمارش شده است. تعداد سلول‌ها در هر میلی لیتر در فاکتور تصحیح، تقسیم یا ضرب شده و نتیجه، برای نمونه‌های رقیق یا غلیظ شده به دست آمد. در ادامه، شناسایی نمونه‌ها با استفاده از اطلس و کتاب مرجع کلید شناسایی جلبک‌ها، انجام شد (۱۹).

۲-٤. روش آنالیز آماری: آنالیز آماری با روش تجزیه و تحلیل داده‌های تکراری، توکی HDS با استفاده از نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۰ انجام شد.

1. Model: NLCD-120

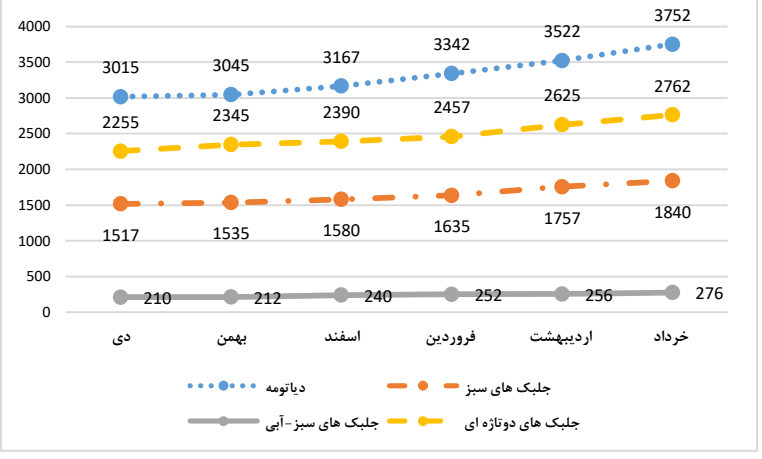
۳. نتایج

با بررسی فلور جلبکی سد ۱۵ خرداد، چهار جنس جلبک‌های دیاتومه، سبز، سبز-آبی و دوتاژه‌ای در ماه‌های دی، بهمن، اسفند، فروردین، اردیبهشت و خرداد در زون‌های کناره ضلع غربی، پشت تاج سد، مرکز دریاچه و کناره ضلع شرقی در ارتفاع ۱ متر و ۵ متر مورد شناسایی قرار گرفت. در این مطالعه، انواع جلبک‌های موجود در نمونه‌ها شامل جلبک‌های دیاتومه (۴۱/۱%، شامل جنس‌های سیمبلا، سیکلوتلا، سیندرا، دیاتوما با غالبیت جنس سیکلوتلا)، جلبک‌های دوتاژه‌ای (۳۲/۵%، شامل جنس‌های پریدینیوم و سراتیوم با غالبیت جنس پریدینیوم)، جلبک‌های سبز (۲۳/۲%، شامل جنس‌های کازماریوم، تتراسپورا، اُسیستیس، کلرلا، براکیوموناس، پدیاستروم، کلاستریوم، پاندورینا و آنکیسترودسموس با غالبیت جنس کلرلا) و جلبک‌های سبز- آبی (۳/۲%، شامل جنس‌های کروئوکوکوس، اسیلاتوریا و آنابنا با غالبیت جنس اسیلاتوریا) به ترتیب غالب‌ترین جوامع فیتوپلانکتونی بودند. براساس نمودار میانگین تعداد جلبک‌های موجود در سد ۱۵ خرداد در مکان‌های مختلف، بیشترین تعداد جلبک شناسایی شده به ترتیب متعلق به دیاتومه‌ها، جلبک دوتاژه‌ای و جلبک سبز و کمترین تعداد متعلق به جلبک‌های سبز- آبی می‌باشد (نمودار۱). بیشترین تعداد دیاتومه نیز به ترتیب در کناره ضلع غربی با تعداد ۳۳۲۹ عدد و مرکز دریاچه شناسایی با تعداد۳۲۷۶ عدد است. این تعداد در پشت سد و در کناره ضلع شرقی تقریباً یکسان است. برای گونه‌های جلبک سبز، سبز- آبی و دوتاژه‌ای بیشترین تعداد شناسایی شده به ترتیب در مکان‌های کناره ضلع غربی، پشت سد، مرکز دریاچه و کناره ضلع شرقی است.



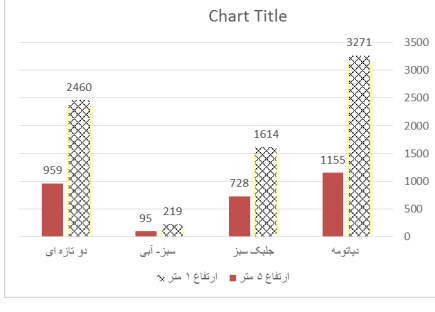
نمودار ۱- میکروجلبک‌های موجود در سد ۱۵ خرداد در مکان‌های مختلف

نمودار۲ میانگین تعداد جلبک‌های موجود در سد ۱۵ خرداد در شش ماه مختلف را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است، با نزدیکی به ماه‌های گرم سال تعداد جلبک‌های یافت شده بیشتر می‌باشد. بنابراین، بیشترین تعداد جلبک‌ها به ترتیب متعلق به ماه‌های خرداد، اردیبهشت، فروردین، اسفند، بهمن و دی است.

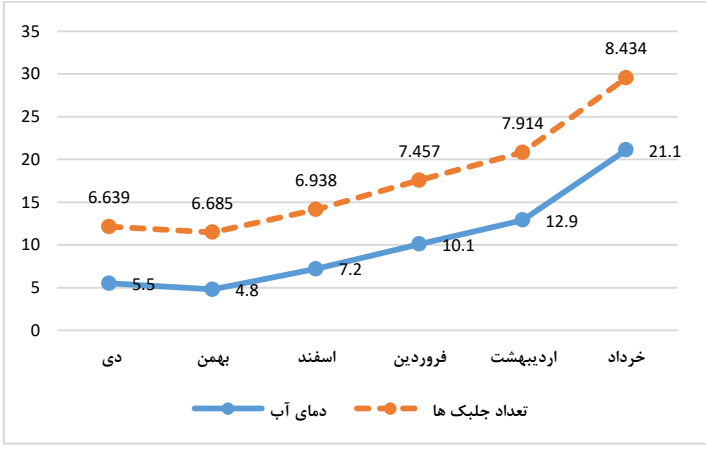


نمودار ۲- تغییرات تعداد میکروجلبک‌های موجود در سد ۱۵ خرداد در شش ماه مختلف

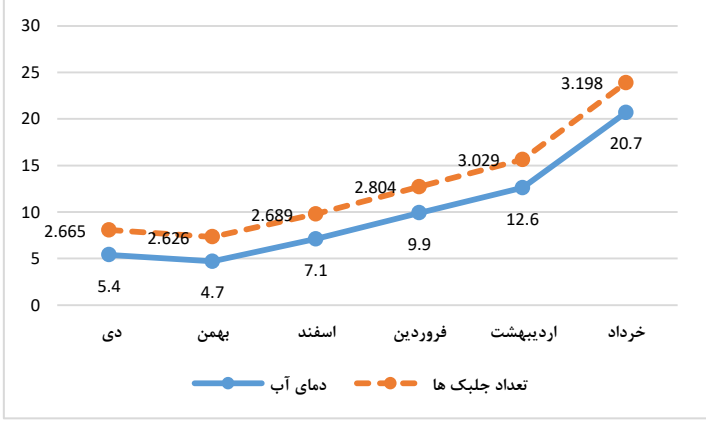
نمودار۳ میانگین تعداد جلبک‌های موجود در سد ۱۵ خرداد در ارتفاع یک و پنج متری را نشان می‌دهد که تعداد میکروجلبک‌ها در ارتفاع یک متر بیشتر از پنج متر است. نمودار تغییرات تراکمی جلبک‌ها با افزایش دما نیز این موضوع را نشان می‌دهد.



نمودار۳- تعداد میکروجلبک‌های موجود در سد ۱۵ خرداد در ارتفاع یک و پنج متری



نمودار٤- رابطه تغییرات دما و تراکم جلبک‌ها در عمق ۱ متری سد ۱۵ خرداد در شش ماه مختلف



نمودار ٥- رابطه تغییرات دما و تراکم جلبک‌ها در عمق ٥ متری سد ۱۵ خرداد در شش ماه مختلف

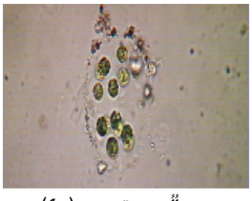
***تعداد جلبک‌ها در نمودارهای ٥ و ٦ با ضریب ۱۰۰۰ لحاظ شده است.**

شناسایی نوع جلبک‌ها براساس تجارب کارشناسان همکار طرح و با استفاده از منطبق‌سازی تصاویر با اشکال مراجع مربوطه نظیر کتاب استاندارد متد انجام شد. تصاویر زیر با استفاده از تصویربرداری از لام‌های نمونه‌های تهیه شده از آب سد پانزده خرداد با عدسی شماره ۱۰ و ۴۰ میکروسکوپ نوری تهیه شده است. در این مطالعه چهار تیره جلبک‌های دیاتومه، سبز، سبز- آبی و دوتاژه‌ای شناسایی شدند که در شکل‌های صفحه بعد مشخص است.

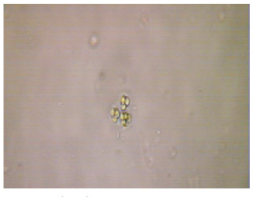
سبز- آبی: کروئوکوکوس × (۴۰)

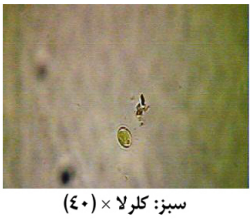
سبز- آبی: اسیلاتوریا × (۱۰)

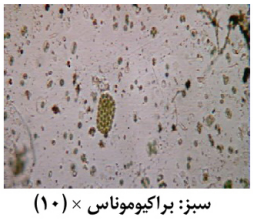
سبز- آبی: آنابنا × (۴۰)


سبز: آاُسیس‌تیس × (۴۰)

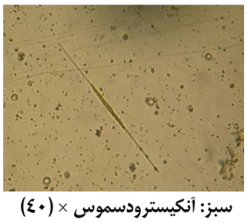
کازماریوم × (۴۰)


سبز: تتراسپورا × (۴۰)

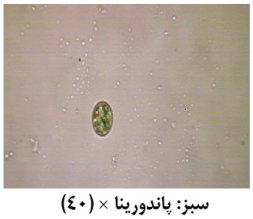

سبز: کلرلا × (۴۰)

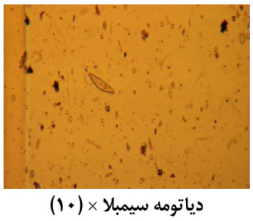

سبز: براکیوموناس × (۱۰)

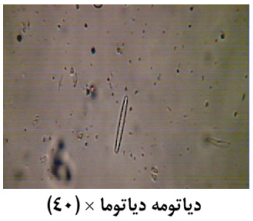
سبز: کلاستریوم × (۴۰)

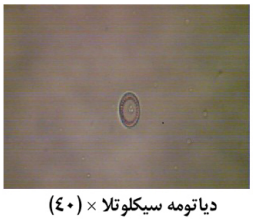

سبز: آنکیسترودسموس × (۴۰)

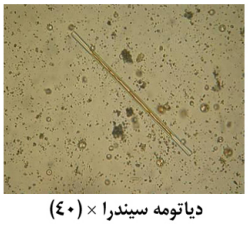
سبز: پدیاستروم × (۴۰)


سبز: پاندورینا × (۴۰)

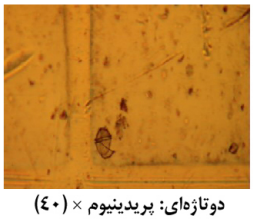

دیاتومه سیمبلا × (۱۰)


دیاتومه دیاتوما × (۴۰)


دیاتومه سیکلوتلا × (۴۰)


دیاتومه سیندرا × (۴۰)

دوتاژه‌ای: سراتیوم × (۴۰)


دوتاژه‌ای: پریدینیوم × (۴۰)

شکل ۳- تصاویر تصویربرداری از لام‌های نمونه‌های تهیه شده

آزمون Tukey HSD در جدول ۱ نشان می‌دهد که بین تعداد جلبک‌های موجود در محل کناره ضلع غربی، کناره ضلع شرقی، پشت تاج سد و مرکز سد اختلاف معناداری وجود دارد. به نظر می‌رسد الگوی جهت وزش باد از شرق به سمت غرب عامل اصلی این موضوع باشد.

بنابراین، در این تحقیق نیز تعداد جلبک‌های موجود در کناره ضلع غربی بیشتر از محل‌های دیگر بود.

جدول ۱ - آزمون Tukey HSD برای مکان‌ها

مکان (I)	مکان (J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
کناره غربی	پشت تاج سد	490*/54	8464/1	.000	747/49	234/59
	مرکز دریاچه	723*/34	8464/1	.000	980/29	467/39
	کناره ضلع شرقی	432*/67	8545/1	.000	668/62	196/72
پشت تاج سد	کناره غربی	490*/-54	8464/1	.000	234/-59	747/-49
	مرکز دریاچه	767*/-19	8625/1	.000	552/-24	982/-14
	کناره ضلع شرقی	942*/12	8705/1	.000	136/8	747/17
مرکز دریاچه	کناره غربی	723*/-34	8464/1	.000	467/-39	980/-29
	پشت تاج سد	767*/19	8625/1	.000	982/14	552/24
	کناره ضلع شرقی	709*/32	8705/1	.000	903/27	514/37
کناره ضلع شرقی	کناره غربی	432*/-67	8545/1	.000	196/-72	668/-62
	پشت تاج سد	942*/-12	8705/1	.000	747/-17	136/-8
	مرکز دریاچه	709*/-32	8705/1	.000	514/-37	903/-27

آزمون Tukey HSD در جدول ۲ نشان می‌دهد که بین تعداد جلبک‌های موجود در ماه‌های دی، بهمن، اسفند، فروردین، اردیبهشت و خرداد اختلاف معناداری وجود دارد.

با توجه به اینکه دما عامل تعیین‌کننده مهمی در افزایش جمعیت جلبکی می‌باشد، با افزایش دما در خردادماه نسبت به ماه‌های سرد سال، تعداد جلبک‌های موجود نیز در ماه خرداد به صورت معنی‌داری بیشتر از ماه‌های دیگر بود.

جدول ۲- آنالیز Tukey HSD تاثیر ماه‌های مختلف بر گونه‌ها

ماه (I)	ماه (J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
دی	بهمن	927*/-37	3754/2	.000	696/-44	158/-31
	اسفند	051*/-102	3556/2	.000	764/-108	338/-95
	فروردین	835*/-217	3280/2	.000	469/-224	201/-211
	اردیبهشت	657*/-343	2945/2	.000	196/-350	119/-337
	خرداد	442*/-481	2651/2	.000	897/-487	987/-474
بهمن	دی	927*/37	3754/2	.000	158/31	696/44
	اسفند	124*/-64	3462/2	.000	810/-70	438/-57
	فروردین	908*/-179	3185/2	.000	515/-186	301/-173
	اردیبهشت	730*/-305	2848/2	.000	242/-312	219/-299
	خرداد	515*/-443	2553/2	.000	942/-449	088/-437
اسفند	دی	051*/102	3556/2	.000	338/95	764/108
	بهمن	124*/64	3462/2	.000	438/57	810/70
	فروردین	784*/-115	2981/2	.000	333/-122	235/-109
	اردیبهشت	606*/-241	2642/2	.000	059/-248	154/-235
	خرداد	391*/-379	2344/2	.000	759/-385	024/-373
فروردین	دی	835*/217	3280/2	.000	201/211	469/224
	بهمن	908*/179	3185/2	.000	301/173	515/186
	اسفند	784*/115	2981/2	.000	235/109	333/122
	اردیبهشت	822*/-125	2355/2	.000	193/-132	452/-119
	خرداد	607*/-263	2053/2	.000	891/-269	322/-257
اردیبهشت	دی	657*/343	2945/2	.000	119/337	196/350
	بهمن	730*/305	2848/2	.000	219/299	242/312
	اسفند	606*/241	2642/2	.000	154/235	059/248
	فروردین	822*/125	2355/2	.000	452/119	193/132
	خرداد	785*/-137	1699/2	.000	968/-143	601/-131
خرداد	دی	442*/481	2651/2	.000	987/474	897/487
	بهمن	515*/443	2553/2	.000	088/437	942/449
	اسفند	391*/379	2344/2	.000	024/373	759/385
	فروردین	607*/263	2053/2	.000	322/257	891/269
	اردیبهشت	785*/137	1699/2	.000	601/131	968/143

آنالیز ANOVA نشان می‌دهد، میزان میکروجلبك‌های موجود در سد پانزده خرداد در فصل زمستان و بهار نیز با یکدیگر تفاوت معناداری دارند، به طوری‌که بیشترین تعداد متعلق به خرداد ماه و کمترین میزان متعلق به دی ماه می‌باشد.

٤. نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر، فلور جلبکی سد ۱۵ خرداد چهار تیره جلبک دیاتومه، سبز، سبز- آبی و دوتاژه‌ای در یك دوره شش ماهه در مکان‌های مختلف سد پانزده خرداد و در ارتفاع ۱ متر و ۵ متر مورد شناسایی گردید. نمودار تعداد جلبک‌های موجود در سد ۱۵ خرداد در مکان‌های مختلف بیانگر این است که بیشترین مقدار دیاتومه به ترتیب در کناره‌ی ضلع غربی و مرکز دریاچه می‌باشد. این مقدار در پشت سد و در کناره‌ی ضلع شرقی تقریباً یکسان است. برای جلبك‌های سبز، سبز- آبی و دوتاژه‌ای بیشترین مقدار شناسایی شده به ترتیب در مکان‌های کناره‌ی ضلع غربی، پشت سد، مرکز دریاچه و کناره‌ی ضلع شرقی می‌باشد. همچنین در نمودار تعداد جلبک‌های موجود در سد ۱۵ خرداد در شش ماه مختلف سال مشاهده می‌شود بیشترین میزان جلبک‌ها به ترتیب متعلق به ماه‌های خرداد، اردیبهشت، فروردین، اسفند، بهمن و دی است. این موضوع نشان می‌دهد افزایش دما منجر به افزایش تعداد جلبک‌های سد شده است. نمودار شماره۳ تعداد جلبک‌های موجود در سد ۱۵ خرداد در ارتفاع یک و پنج متری را نشان می‌دهد که تعداد جلبک‌ها در ارتفاع یک متر بیشتر از پنج متر است و بیشترین میزان در هر دو ارتفاع به ترتیب دیاتومه ۴۱/۱ درصد متعلق به ۶ جنس، دوتاژه‌ای ۳۲/۵ درصد متعلق به ۲ جنس، سبز ۲۳/۲ درصد متعلق به ۹ جنس و سبز- آبی ۳/۲ درصد متعلق به ۳ جنس می‌باشد. در مجموع مطالعات نشان دهنده غالبیت میکروجلبك سیکلوتلا از دسته دیاتومه‌ها و پریدینیوم است. بالا بودن تعداد دیاتومه‌ها در بسیاری از محیط‌های آبی در برخی مطالعات مشابه نیز دیده می‌شود.

در مطالعه‌ای که توسط ناصر (۲۰۰۶) بر روی خلیج سوئز انجام شد، نشان داد که میزان جلبک‌ها، ۸۹/۲۹% دیاتومه، ۹/۹% دوتاژه‌ای، ۰/۶۸% سبز-آبی، ۰/۰۴% سبز و تعداد معدودی جلبك تاژک‌دار سیلیسی وجود دارد. در مطالعه‌ای که توسط ابراهیم عابد و همکارانش بر روی رودخانه تیگریس واقع در بغداد (۲۰۱۴) انجام شد نیز ۲۶۸ نوع جلبک شناسایی کردند که ۱۶۱ نوع آن دیاتومه، ۵۸ نوع جلبک سبز و ۴۹ نوع سبز-آبی بود. تفاوت موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه یکی از علل اصلی در نوع و فراوانی فلور جلبکی عنوان شده است. تحقیقاتی توسط راستی

و همکاران در آذر ماه سال ۱۳۸۳ تا مهر ماه ۱۳۸۴ بر فلور جلبکی جوامع پری فیتون در رودخانه گرگر انجام شد که طی آن ۲۴ جنس شناسایی گردید. ۱۲ جنس مربوط به دیاتومه‌ها، ۴ جنس سیانوفیسه‌ها، ۶ جنس کلروفیسه‌ها، ۱ جنس زانتوفیسه‌ها و ۱ جنس متعلق به دینوفیسه‌ها است. بیشترین تعداد فراوانی فلورها ۲۸۲۳۹۰ در سانتیمتر مربع در مرداد ماه بود. نتایج حاصل از این تحقیق تایید می‌کند که هرچه به ماه‌های گرم سال نزدیک می‌شویم، فراوانی فلور جلبکی بیشتر است. تاثیر افزایش دما بر تراکم جمعیت میکروجلبك‌ها در مطالعه حاضر نیز قابل مشاهده می‌باشد که در نمودار 4 و 5 نیز دیده می‌شود. این موضوع در مطالعه مشابه توسط راستی و همکاران روی فلور جلبکی جوامع پری فیتون در رودخانه گرگر نیز مشاهده گردید. در آب سد پانزده خرداد مشخص شد که فراوانی جلبک‌ها یکسان نبوده و بسته به ارتفاع آب و مکان نمونه‌برداری در فصل زمستان و بهار به میزان زیادی متفاوت می‌باشد. از جمله مولفه‌های تاثیرگذار در تعداد و پراکنش میکروجلبک‌های سد ۱۵ خرداد، دمای آب در فصول مختلف بوده که منجر به افزایش این تعداد در خرداد ماه نسبت به فصل سرما است. این موضوع مشابه مطالعات انجام شده توسط حسنی بافرانی و همکاران است که در آن بیشترین میزان رشد جلبک در فصول گرم سال از اواخر بهار تا اواسط مهر مشاهده گردید. همچنین در سطح آب تا اعماق کم (۰/۲ متر) میزان تراکم جلبک بسیار زیاد است. در بررسی جمعیت فیتوپلانکتونی و شاخص‌های جمعیتی در دریاچه سد ارس توسط محبی و همکاران (۱۳۸۶)، در ایستگاه‌های مورد مطالعه براساس شاخص‌های اکولوژیکی؛ غالبیت در ایستگاه میانی سد بیشتر از دو مکان دیگر و غنای گونه‌ای نیز در فصل بهار بیشتر از سایر فصول سال بود. در بررسی سد ۱۵ خرداد به طور مشابه غنای تیره‌ای در فصل بهار و تفاوت آن در ایستگاه کناره ضلع غربی به دلیل جهت وزش باد بیشتر می‌باشد. تاثیر جهت وزش باد و حرکت میکروجلبك‌ها در مطالعات وبستر و همکاران نیز عنوان گردیده است. در مطالعه حاضر نیز همانند برخی از مطالعات قبلی غالبیت جمعیت دیاتومه‌ها نسبت به سایر جمعیت‌های میکروجلبک‌ها مشاهده می‌شود. در مطالعات جو و همکاران و همچنین اورت و همکاران وجود دیاتومه‌ها به عنوان عوامل اصلی انسداد فیلترهای شنی مورد تاکید قرار گرفته است. با توجه به غالبیت دیاتومه‌ها در آب سد ۱۵ خرداد موضوع مشکلات ناشی از وجود دیاتومه‌ها نیز می‌بایستی مورد توجه قرار گیرد. در آب سد ۱۵ خرداد دیاتومه‌ها با ۴۱/۱ درصد که متعلق به جنس‌های سیمبلا، سیکلوتلا، سیندرا، دیاتوما بودند، موضوع احتمال بروز مشکل در فرایند

بهره‌برداری از بخش فیلتراسیون تصفیه‌خانه آب را تقویت کرده است. افزایش میزان میکروجلبک‌های آب در عملکرد واحدهای زلال‌ساز و فیلتراسیون تصفیه‌خانه آب موثر بوده و کیفیت آب شرب مصرفی شهروندان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بر این اساس توجه به مطالعه و بررسی روش‌های موثر حذف و جداسازی میکروجلبک‌ها پیشنهاد می‌گردد. همچنین مطالعه و بررسی عوامل افزایش سطح تروفی به منظور کنترل رشد جلبک‌ها در سد ۱۵ خرداد نیز می‌تواند در بهبود روند بهره‌برداری از سد و تصفیه‌خانه آب مربوطه ضروری قلمداد گردد. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش عمق، به خصوص در فصل گرم، جمعیت میکروجلبکی کاهش پیدا می‌کند. بنابراین، پیشنهاد می‌گردد با برداشت آب از دریچه تحتانی سد در فصل گرما، آب ورودی به تصفیه‌خانه با مقادیر کمتری از میکروجلبك‌ها همراه شود. این موضوع منجر به کاهش مشکلات مربوط به انسداد فیلترها، کاهش مشکلات ناشی از طعم و بو، کاهش مشکلات ناشی از تولید ترکیبات جانبی گندزدایی با کلر می‌گردد.

۵. تقدیر و تشکر

از کارشناسان آزمایشگاه مرکزی شرکت آب و فاضلاب استان قم که در انجام این پژوهش همکاری داشتند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Gholami M, Mohammadi H. Water and Wastewater Microbiology. Hayan Tehran Publishing Cultural Institute. 1998: 138-131. [In Persian]
2. Jamalu F, Sattari nejad T, Fallahian F. Epithelial Diatoms of Jajrud River. *Pajouhesh & Sazandegi*. 2006; 73: 11-12. [In Persian]
3. Srinivasan R, Sorial GA. Treatment of taste and odor causing compounds 2-methyl isoborneol and geosmin in drinking water: A critical review. *Journal of Environmental Sciences*. 2011; 23(1): 1-13.
4. Afsharzadeh S, Sattari Race I, Rahimi Nejad Ranjbar M, Ebrahimnejad M. Investigation of algae flora of Zayandehrud river. *Biology of Iran*. 2003; 245-32. [In Persian]
5. Ghorbani M, Mirbagheri SA, Hasani AM, Nouri J, Monavari SM. Algal Bloom in Aquatic Ecosystems - An Overview. *Current World Environment*. 2014; 9(1): 105-108. [In Persian]
6. Mohebbi F, Mohsenpour Azari A, Asem A. Phytoplangton population and its incids in ARAS DAM reservoir. *Journal of biology*.2012; 25(2): 316 - 328. [In Persian]
7. Yosefi A, Rahimi Bashar, MR, Torabi Jafroodi H, Taghipour kohboneh SH, Farrohk Roz M, taghavi H. Temporal and special variations of physicochemical factors and special richness of phytoplanktons in Manjil reservoir. *Iranian Journal of Biology*. 2017; 25: 316-328. [In Persian]
8. Rastii M, Nabavi M, Jafarzadeh N, Mubad P. Algae flora of pre-Phyton communities according to the type of bed in the Gargar River. *Environmental Journal*. 2008; 34: 80-73. [In Persian]
9. Nassar MZ, Shams El-Din NG. Seasonal dynamics of phytoplankton community in Bitter Lakes and Temsah Lake. *Egypt J Aquat Res*. 2006; 32(1): 198-219. [In Persian]
10. Abed IJ, Al- Hussieny AA, Kamel RF, Jawad ALM. Environmental and Identification Study of Algae Present in Three Drinking Water Plants located on Tigris River in Baghdad. *International Journal of Advanced Research*. 2014; 2: 895-900.
11. Kolayli S, Shahin B. Benthic Algae (Except Bacillariophyta) and Their Seasonal Variations in Karagöl Lake (Borçka, Artvin-Turkey*). Turk. J. Bot*. 2009; 33: 27-32.
12. Hassani Bafarani A, Budaghpour S, Kanani S. Investigating the Factors Affecting the Growth of Algae in Water Resources. In: 2nd International Conference on New Research Findings in Civil Engineering, Architecture and Urban Management, Tehran, International Confederation of World Inventors (IFIA), 2016. [In Persian]
13. Saidu H, Usman B, Umar D. Studies of Species Distribution for Phytoplankton in Balanga Dam. *Journal ofAdvanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*. 2016; 3(1): 1-9.
14. Nodoost F, Shokat P. Survey of abundance and diversity of phytoplankton in Maroon Dam Lake of Khuzestan Province. *Journal of Marine Biology*, 2019; 10(4) :25-46. [In Persian]

15. Webster IT, Hutchinson PA. Effect of wind on the distribution of phytoplankton cells in lakes revisited. *Limnology and Oceanography*. 1994; 39(2): 365-373.
16. Joh G, Choi YS, Shin JK, Lee J .Problematic algae in the sedimentation and filtration process of water treatment plants. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua.* 2011; 60(4): 219-230.
17. Ewerts H, Swanepoel A, du Preez HH. Efficacy of conventional drinking water treatment processes in removing problem-causingphytoplankton and associated organic compounds. *Water SA.* 2013; 39: 739–949.
18. Khajehpour M, Iqbalzadeh A, Eftekhari M, Javan M. Investigation of the effect of selective flooding and reduction of inlet salinity on salt distribution charts in the reservoir of 15 Khordad dam. *Water Resources Engineering*. 2014; 22: 75-84.
19. Baird R, Bridgewater L. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23rd edition. Washington, D.C.: American Public Health Association, 2017.

استناد به این مقاله:

تقوی، لعبت؛ میرباقری، سیداحمد؛ رمضانی، مهدی؛ بختیاری، حسن (۱۳۹۹). بررسی پراکنش، فراوانی و تغییرات فصلی میکروجلبک‌های سد ۱۵ خرداد قم. *بیولوژی کاربردی*، دوره ۱۰، شماره ۳۸، ص ۵-۲۴.