

## تعیین وضعیت تروفی دریاچه ولشت با تکیه بر شاخص تروفی TSI

فاطمه وحیدی<sup>۱\*</sup>

[fatima.v2005@gmail.com](mailto:fatima.v2005@gmail.com)

رضوان موسوی ندوشن<sup>۲</sup>

سید محمدرضا فاطمی<sup>۳</sup>

شهلا جمیلی<sup>۴</sup>

ناهید خم خاجی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۶/۲۵

تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۲/۲۱

### چکیده

**زمینه و هدف:** در مطالعه حاضر وضعیت تروفی دریاچه ولشت بصورت ماهانه از آذر ۱۳۸۷ تا آذر ۱۳۸۸ در سه ایستگاه مطالعاتی بررسی گردید. هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی وضعیت تروفی دریاچه ولشت و ارائه راهکارهای اصولی برای حفظ این ذخیره ارزشمند اکولوژیک می باشد. **روش بررسی:** برای این منظور از شاخص تعیین وضعیت تروفی (TSI (Trophic State Index استفاده شد. همچنین در طول تحقیق پارامترهای تاثیرگذار بر تولید اولیه و وضعیت تروفی از جمله، فسفر کل (TP)، نیتروژن کل (TN)، کلروفیل آ، عمق رویت دیسک سچی (SD) و نسبت TN/TP اندازه گیری شد. همچنین نتایج بدست آمده از کلیه پارامترهای فوق با طیف مقادیر سطوح مختلف تروفی دریاچه های آب شیرین منتشره از سوی انجمن حمایت از محیط زیست امریکا (U.S EPA Environmental protection agency و سازمان توسعه و تعاون اقتصادی ( Organization for Economic Cooperation and Development) مقایسه گردید.

**نتیجه گیری:** بر این اساس دریاچه ولشت بر مبنای مقادیر شاخص های تعیین تروفی بر اساس نوترینتها (ازت و فسفر) در شرایط مزوتروفی تا پوتروفی و بر اساس سایر پارامترهای فوق در شرایط مزوتروفی قرار می گیرد. همچنین میانگین مقادیر شاخص TSI بدست آمده در این تحقیق بیانگر مزوتروف بودن دریاچه ولشت است. بر اساس نتایج بدست آمده از نسبت Red field و شاخص تروفی TSI، نوترینت ازت و عامل گل آلودگی بخصوص در فصل بارندگی، عوامل محدودکننده تولید اولیه در دریاچه ولشت هستند.

**واژه های کلیدی:** دریاچه ولشت، وضعیت تروفی، گل آلودگی، شاخص TSI.

\*۱- (مسئول مکاتبات): دانشجوی دکتری بیولوژی، علوم و فنون دریایی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۲- استادیار دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۳- استادیار دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۴- دانشیار موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.

۵- کارشناس ارشد شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائم شهر، ایران.

## **Investigation of Valasht Lake Trophic State Based on TSI Index**

**Fatemeh Vahidi**<sup>1\*</sup>

[fatima.v2005@gmail.com](mailto:fatima.v2005@gmail.com)

**Rezvan Mousavi Nodushan**<sup>2</sup>

**Seyed Mohammadreza Fatemi**<sup>3</sup>

**Shahla Jamili**<sup>4</sup>

**Nahid Kham Khaji**<sup>5</sup>

### **Abstract**

**Background and Objective:** In the present study, trophic state of Valasht Lake was investigated monthly at 3 stations, from December 2008 to December 2009. The purpose of this study is investigating the trophic state of the lake and introducing the basic solutions to maintain this valuable ecological resource.

**Method:** Trophic state index (TSI) was used in this study. Also, the effective parameters on primary production and trophic state determined in this study include: total phosphorus (TP), total nitrogen (TN), a-chlorophyll, Secchi depth (SD), and TN/TP ratio. The results from all mentioned parameters were compared with different trophic levels of fresh water lakes published by U.S Environmental Protection Agency and Organization for Economic Cooperation and Development.

According to trophic state index and based on nutrient levels (phosphor and nitrogen), Valasht lake is classified in Mesotrophic to Eutrophic state and based on the other mentioned parameters, it is classified in mesotrophic state.

**Results:** Mean rate of trophic state index reveals the mesotrophic state in this lake. According to the results of Red Field ratio and TSI, nitrogen and turbidity, especially in wet (rainy) seasons, are the main determinative parameters in primary production in Valasht Lake.

**Keywords:** Valasht Lake, turbidity, Trophic state, TSI index.

---

1- PhD student of Marine Biology, Sciences and Researches Branch, Tehran, Iran. \* ( *Corresponding Author*)

2- Assistant Professor, Marine Sciences and Technologies Faculty, Sciences and Researches Branch, Tehran, Iran.

3- Assistant Professor, Marine Sciences and Technologies Faculty, Sciences and Researches Branch, Tehran, Iran.

4- Associate professor of the Institute of Fisheries Research of the country Research Organization Education and promotion of the Ministry of Agriculture, Tehran Iran.

5- M.Sc. of fisheries, Ghaem-Shahr branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

## مقدمه

تعیین وضعیت تروفي یکی از روش‌های ارزیابی و بررسی تعادل اکولوژیک دریاچه‌ها می‌باشد. بطور کلی، یوتریفیکاسیون، ناشی از افزایش نوترینتها بویژه ازت و فسفات در اکو سیستم های آبی است (۱،۲،۳). ازت و فسفر، رایج‌ترین نوترینتها محدود کننده تولید اولیه در آب‌های شیرین هستند. بنابراین غلظت و نسبت آنها، میزان تولید اتوتروفها را در اکو سیستم‌های آبی تعیین می‌کند (۱،۴).

عوامل گوناگونی بر سطح تروفي و تولید اولیه تاثیر گذار هستند، که از مهم ترین آنها می‌توان به ژئولوژی و ساختار مرفولوژیک منطقه، فاضلاب‌های شهری و صنعتی، فضولات دامی، فعالیت‌های آبی پروری، کودهای کشاورزی، فرایندهای جوی همچون باران اسیدی و گرم شدن هوای زمین اشاره کرد (۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹). در حال حاضر این پدیده، اصلی ترین عامل در اختلال کیفیت آب رودخانه، دریاچه، مصب و اقیانوس ها می باشد (۲۰۱۰).

کاهش تنوع و غنای گونه ای، افزایش تراکم فیتوپلانکتون‌ها و کاهش جمعیت ژئوپلانکتون‌ها، نوسانات شبانه روزی pH و اکسیژن محلول، بلوم سیانوباکترها، غلبه ماکروفیت‌ها، غالب شدن ماهیان پلانکتون خوار و کاهش جمعیت ماهیان شکارگر، تجمع سریع رسوبات، کدورت و به تبع آن کاهش عمق رویت شفافیت از اثرات مضر این پدیده بر اکوسیستم‌های آبی است (۷، ۸، ۱۱، ۱۲). البته لازم به ذکر است در حالات یوتریفی شدید، مرگ و میر آبزیان و کاهش ماکروفیت‌ها به وضوح مشاهده می‌شود (۱۱، ۱۲).

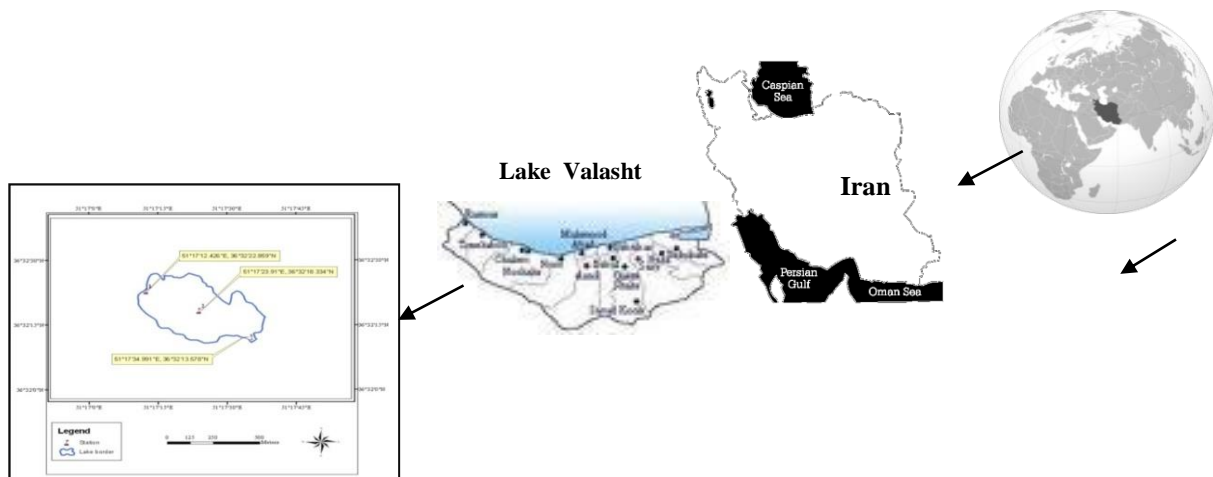
بررسی شرایط تروفي یک دریاچه ارزش و اهمیت عملی بسیار بالایی دارد بطوریکه باید قبل از هر گونه اقدامات اصلاحی از طریق ارزیابی‌های مبتنی بر بهره برداری‌های مورد نظر و مطلوب روند یوتروفی آن شناخته شود (۲). براساس داده‌های متعدد و گردآوری شده در برنامه‌های تحقیقات بین‌المللی در زمینه یوتروفی از سوی OECD و U.S EPA پاسخ یوتروفی ناشی از بارگذاری مواد مغذی در دریاچه‌ها و مخازن پشت سد، بررسی و به صورت کمی بیان گردیده است (۱۳، ۱۴). علاوه بر آن در طی سال‌های ۱۹۴۵ تا به امروز شاخص‌ها و مدل‌های مبتنی بر تعیین وضعیت تروفي دریاچه‌ها، از سوی محققان بسیاری در جهان طراحی گردیده است که از معتبرترین آنها می‌توان

به شاخص تعیین وضعیت تروفي TSI اشاره نمود. این شاخص توسط کارلسون به منظور تعیین وضعیت تروفي دریاچه های آب شیرین مناطق معتدله ابداع شده است (۱۱، ۱۲). در کشور ایران از جمله مطالعات صورت گرفته در زمینه بررسی شرایط تروفي منابع آبی می‌توان به تحقیقات ایزدخواستی و رحمتی اشاره نمود (۱۵، ۱۶).

دریاچه ولشت در عرض جغرافیایی "۲۸° ۳۲' ۳۶" و طول جغرافیایی "۳۰° ۱۷' ۵۱" در شمال شرقی کلاردشت در استان مازندران واقع شده است. این دریاچه با عمق متوسط ۱۲/۸۸ متر وسعتی نزدیک به ۲۱ هکتار دارد. حوزه ولشت از اقلیم تحت - مرطوب (Sub-Humide) برخوردار است و جزء آب و هوای نیمه خشک مدیترانه‌ای محسوب می‌شود. منشا دریاچه ولکانیک و منابع تامین کننده آب، چشمه های زیرزمینی، سیلابهای فصلی و آبشار لورچال می باشد (۱۷، ۱۸). دریاچه ولشت دارای ارزش‌های تفرجگاهی، توریستی، شیلاتی و کشاورزی بوده و زیستگاهی مناسب برای پرندگان مهاجر بشمار می‌رود. ورود رسوبات، پساب‌های مزارع کشاورزی و آلاینده‌ها، دریاچه ولشت را در معرض افزایش بار نوترینتها بویژه ازت و فسفر قرار داده است. هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی وضعیت تروفي دریاچه ولشت و ارائه راهکارهای اصولی برای حفظ این ذخیره ارزشمند اکولوژیک می‌باشد.

## روش بررسی

نمونه برداری بصورت ماهانه از آذر ۱۳۸۷ تا آذر ۱۳۸۸ با ۳ تکرار و در سه ایستگاه در نواحی مرکزی، غربی و شرقی انجام شد (شکل ۱). در خصوص ویژگی‌های ایستگاههای مطالعاتی لازم به ذکر است که ایستگاه اول در ساحل غربی دریاچه با عمق ۷/۵ متر و در محل ورود نهر لورچال به آن، با رویش اندک گیاهان بن در آب (به خصوص نی) واقع می‌باشد. ایستگاه دوم در مرکز عمیق ترین ناحیه دریاچه با عمق ۲۰ متر و در محل چشمه های تغذیه کننده آن انتخاب گردید. این ایستگاه فاقد هرگونه گیاه آبی می‌باشد. ایستگاه سوم نیز در سمت جنوب شرقی با عمق ۶/۵ متر که از تراکم بالای گیاهان آبی غوطه ور و بن در آب برخوردار است.



شکل ۱- نقشه موقعیت ایستگاههای مطالعاتی در دریاچه ولشت  
Figure 1- Sampling stations in Valasht Lake

$V =$  حجم استون ۹۰٪ افزوده شده بر حسب میلی لیتر  
 $V =$  حجم آب فیلتر شده دریاچه توسط فیلترهای میلی پور بر حسب لیتر  
 $L =$  قطر سل اسپکتروفتومتر بر حسب سانتی متر  
 به منظور محاسبه مقادیر شاخص تروفی TSI بر اساس پارامترهای فسفرکل، کلروفیل آ و عمق روئیت سچی، نیز از فرمول شماره ۲ استفاده شد. لازم به ذکر است از مقادیر مربوط به سه پارامتر تشکیل دهنده شاخص باید میانگین گرفت. مقادیر کمتر از ۳۰ مربوط به شرایط الیگوتروف، ۵۰-۳۰ مربوط به شرایط مزوتروفی ۷۰-۵۰ مربوط به شرایط هیپرتروفی است. جدول ۱ ارتباط بین متغیرهای شاخص TSI را نشان می دهد (۱۱، ۱۲، ۲۴، ۲۵).

$$TSI(SD) = 60 - 14 / 41 \ln(Sd)$$

$$TSI = \beta TSI(Chl.a) = 9 / 81 \ln(Chl.a) + 30 / 6 (\mu g.l^{-1})$$

$$TSI(TP) = 14 / 42 \ln(TP) + 4 / 15 (\mu g.l^{-1})$$

$$TSI(SD) + TSI(Chl.a) + TSI(TP)$$

به منظور اندازه گیری دما و اکسیژن محلول از دستگاه YSI-57 با دقت ۰۰/۱ میلی گرم در لیتر، نوترینتها از روش اسپکتروفتومتری و کل مواد جامد معلق (TSS)، کل مواد جامد محلول (TDS)، کل مواد جامد (TS) از روش رنگ سنجی به شرح زیر استفاده گردید (۱۹، ۲۰، ۲۱).

عمق رویت دیسک سچی با استفاده از دیسک سچی به قطر ۳۰ سانتی متر شامل چهار قسمت سیاه و سفید به صورت یک در میان در محل تعیین و ثبت شد. خواندن صفحه در نور آفتاب و به حالت نیمه ایستاده انجام گردید. سعی شد که اندازه گیری شفافیت در بهترین زمان آن، یعنی ساعت ۱۰ الی ۱۴ انجام بپذیرد (۲۲).

جهت اندازه گیری کلروفیل آ، با استفاده از بطری نمونه بردار روتنر یک لیتر آب از عمق ۰/۵ متری در ایستگاههای مورد بررسی تهیه و در محیط تاریک و خنک نگهداری شد. نمونه آب در آزمایشگاه با فیلترهای به قطر ۰/۴۵ میکرون میلی پور تحت فشار پمپ خلاء فیلتر و سپس جهت استخراج کلروفیل آ به آن استون ۹۰٪ اضافه گردید و یک شبانه روز در یخچال نگهداری و پس از هم زدن نمونه در سانتریفیوژ با دور ۴۰۰۰ rpm قرار داده شد. میزان جذب محلول شفاف در طول موج های ۶۳۰، ۶۴۷، ۶۶۴ نانومتر اندازه گیری شد. سپس میزان کلروفیل آ بر اساس فرمول شماره ۱ محاسبه گردید (۲۳).

$$Chl.a = 11/84(E664) - 1/54(E647) - 0/08(E630) \quad (1)$$

$$mg \text{ chlorophyll } a = (C * v) / (V * L)$$

C = میزان جذب قرائت شده

جدول ۱- ارتباط بین متغیرهای شاخص TSI

Table 1- The relationship between TSI Index variables

ارتباط بین متغیرهای شاخص TSI	شرایط
$TSI(Chl.a) = TSI(SD) = TSI(TP)$	بلوم جلبکیها و کاهش نفوذ نور
$TSI(Chl.a) - TSI(TP) < 0$	محدودیت عاملی غیر از فسفات
$TSI(Chl.a) - TSI(TP) > 0$	محدودیت فسفر
$TSI(Chl.a) - TSI(SD) < 0$	گل آلودگی یا غلظت بالای مواد آلی
$TSI(Chl.a) - TSI(SD) > 0$	چرای زئوپلانکتونی یا غلبه سیانوباکترهای بزرگ

طیف مقادیر سطوح مختلف تروفی ارائه شده از سوی U.S EPA و OECD در جداول ۲ و ۳ آمده است (۱۳، ۱۴).

جدول ۲- طیف مقادیر سطوح مختلف تروفی ارائه شده از سوی U.S EPA و OECD

Table 2- OECD and U.S EPA trophic state classification probabilities

فسفر کل ( $\mu\text{gr.L}^{-1}$ )			کلروفیل آ ( $\mu\text{gr.L}^{-1}$ )			شاخص تروفی
Eutro	Meso	Oligo	Eutro	Meso	Oligo	
>۲۰	۱۰-۲۰	>۱۲	>۱۲	۷-۱۲	<۷	USEPA( U. S EPA, 1986)
>۸۴/۴	۸ - ۸۴/۴	<۸	>۴۲/۶	۴۲/۶-۴/۲	<۴/۲	OECD (OECD , 1982)
نیتروژن کل ( $\mu\text{gr.L}^{-1}$ )			عمق روبت شفافیت (m)			شاخص تروفی
Eutro	Meso	Oligo	Eutro	Meso	Oligo	
-	-	-	< ۲	۲-۳/۷	>۳/۷	USEPA (U. S EPA, 1986)
>۱۳۸۷	۶۶۱-۱۳۸۷	<۶۶۱	<۲/۴	۲/۴-۹/۹	>۹/۹	OECD (OECD , 1982)

#### یافته ها

نتایج پارامترهای اندازه گیری شده فیزیکی و شیمیایی آب دریاچه ولشت در طی ۱۳ ماه بررسی در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- جدول زمانی پارامترهای اندازه گیری شده فیزیکی و شیمیایی آب دریاچه ولشت در دوره مطالعه

Table 3- Temporal trends of physical and chemical parameters in the water of the Valasht Lake during the study

پاییز ۱۳۸۸			تابستان ۱۳۸۸			بهار ۱۳۸۸			زمستان ۱۳۸۷			پاییز ۸۷	پارامتر
آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	
۱۶	۱۷	۲۴	۲۳	۲۹	۲۹	۲۱	۱۷	۸	۱۵	۱۳	۱۰	۱۳	۱. دمای هوا ( $^{\circ}\text{C}$ )
۱۰	۱۴	۲۱	۲۲	۲۵	۲۴	۲۲	۱۹	۱۲	۱۳	۱۰	۹	۱۲	۲. دمای آب ( $^{\circ}\text{C}$ )
۲/۷	۷	۶/۸	۶/۸	۸/۸	۳/۹	۹/۹	۹/۹	۱/۹	۵/۱۰	۹/۹	۵/۹	۷/۷	۳. اکسیژن ( $\text{mg.L}^{-1}$ )
۷/۱	۷/۳	۳	۸/۳	۹/۳	۴	۳/۳	۶/۳	۷/۱	۴/۳	۳	۴/۳	۳/۱	۴. عمق روبت دیسک سچی (m)
۴۸۰	۴۷۴	۴۷۱	۴۷۰	۴۷۱	۴۶۸	۴۶۶	۴۷۵	۴۶۷	۴۷۸	۴۷۶	۴۷۸	۴۷۱/۲	۵. کل مواد جامد محلول ( $\text{mg.L}^{-1}$ )
۴/۵	۴/۴	۴/۸	۴/۷	۶/۱	۵/۲	۵/۲	۵/۶	۸/۶	۷/۵	۸/۵	۵/۱	۴/۸	۶. کل مواد جامد معلق ( $\text{mg.L}^{-1}$ )
۴۸۴	۴۷۸	۴۷۶	۴۷۵	۴۷۶	۴۷۲	۴۷۳	۴۸۰	۴۷۵	۴۸۵	۴۸۵	۴۸۷	۴۸۳	۷. کل مواد جامد ( $\text{mg.L}^{-1}$ )
۵۳۳	۴۲۹	۵۱۶	۶۹۳	۷۴۳	۸۵۰	۹۰۴	۷۶۶	۶۲۷	۷۸۶	۷۳۶	۶۳۵	۵۳۲	۸. نیتروژن کل ( $\mu\text{gr.L}^{-1}$ )
۵۲	۵۳	۴۱	۴۱	۴۳	۷۴	۵۷	۸۰	۶۷	۵۰	۵۸	۱۷/۶	۳۵/۵	۹. فسفر کل ( $\mu\text{gr.L}^{-1}$ )
۲/۷	۲/۳	۳/۷	۶/۴	۴/۴	۹/۲	۱/۳	۱/۷	۳	۱/۱	۱/۳	۲/۳	۷/۷	۱۰. کلروفیل آ ( $\mu\text{gr.L}^{-1}$ )

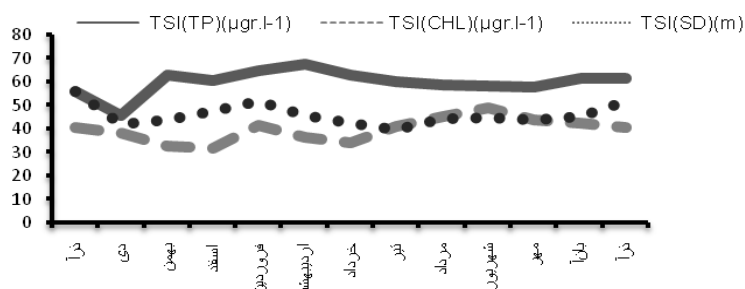
جدول ۴- جدول مکانی پارامترهای اندازه گیری شده فیزیکی و شیمیایی آب دریاچه ولشت در دوره مطالعه

Table 4- Spatial trends of physical and chemical parameters in the water of the Valasht Lake during the study

پارامتر	ایستگاه اول	ایستگاه دوم	ایستگاه سوم	میانگین
۱. دمای هوا (C°)	۱۸/۵۵	۱۸/۵۹	۱۸	۱۸/۴
۲. دمای آب (C°)	۱۶/۸۰	۱۶/۶	۱۶/۸	۱۶/۷
۳. اکسیژن (mg.L <sup>-1</sup> )	۸/۵	۸/۶	۹/۵	۸/۸
۵. عمق رویت دیسک سچی (m)	۲/۲	۲/۳	۳/۵	۲/۷
۶. کل مواد جامد محلول (mg.L <sup>-1</sup> )	۴۷۷	۴۷۴	۴۷۲	۴۷۴
۷. کل مواد جامد معلق (mg.L <sup>-1</sup> )	۶/۲	۵/۷	۵/۴	۵/۸
۸. کل مواد جامد (mg.L <sup>-1</sup> )	۴۸۲	۴۸۰	۴۷۶	۴۷۹
۹. نیتروژن کل (μgr.L <sup>-1</sup> )	۷۰۵	۶۸۰	۶۶۷	۶۸۴
۹. فسفر کل (μgr.L <sup>-1</sup> )	۵۲/۲۸	۴۸/۴۹	۴۸	۴۹/۶
۱۰. کلروفیل آ (μgr.L <sup>-1</sup> )	۲/۶	۲/۸	۳/۲	۲/۸

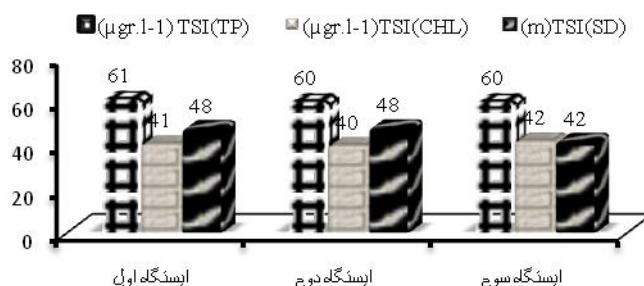
<sup>۱</sup> می باشد. میانگین این شاخص در طول سال براساس سه پارامتر فوق ۴۸،۵۴ و بیانگر مزوتروف بودن این دریاچه است. بالاترین میزان تروفی بر مبنای این شاخص در فروردین ماه به ارزش ۵۳ و کمترین میزان در دی ماه به ارزش ۴۲ مشاهده گردید.

در این مطالعه مقادیر شاخص تروفی کارلسون بر حسب عمق شفافیت، کلروفیل آ و فسفر کل، در هر ماه و در ۳ ایستگاه محاسبه شد (شکل ۲ و ۳). میانگین این شاخص در طول سال بر حسب عمق شفافیت ۴۹/۱۴ (m)، بر حسب فسفر کل ۶۹/۵۹ (μgr.L<sup>-1</sup>) و بر حسب کلروفیل آ، ۳۹/۸ (μgr.L<sup>-1</sup>)



شکل ۲- روند تغییرات مقادیر پارامترهای مطرح در شاخص TSI در دریاچه ولشت (۸۷-۸۸)

Figure 2- The trend of Changes in the variable of TSI Index in Valasht Lake during the study

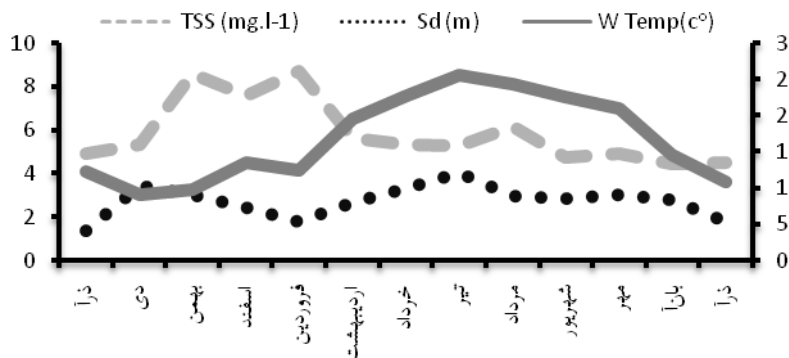


شکل ۳- مقایسه تغییرات مکانی شاخص TSI در دریاچه ولشت در ایستگاههای سه گانه (۸۷-۸۸)

Figure 3- The Comparison of the spatial changes of the Index TSI in all station in Valasht Lake

سچی و کل مواد جامد معلق را در مدت ۱۳ ماه در دریاچه ولشت نشان می دهد.

شکل ۴ روند تغییرات دمای آب، عمق رویت دیسک



شکل ۴ - مقایسه روند تغییرات دمای آب، عمق رویت دیسک سچی و کل مواد جامد معلق دریاچه ولشت (۸۸-۸۷)

Figure 4- The Comparison of water temperature, Secchi disk depth and total solid suspended changes in Valasht Lake during the study

### بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از شاخص تروفی کارلسون ( Trophic State Index) دریاچه ولشت با میانگین سالانه ۴۸/۵۴ ارزش شاخص، در شرایط مزوتروفی قرار می گیرد. شفافیت نسبی آب، افزایش احتمال شرایط احیایی در ناحیه هیپولیمینیون در طول تابستان و کاهش یافتن جمعیت ماهیان شکارچی از عواقب پیامد شرایط مزوتروفی در دریاچه های آب شیرین است (۱۱، ۱۲).

مقادیر بدست آمده از این شاخص مبتنی بر کلروفیل آ و عمق رویت دیسک سچی بیانگر شرایط مزوتروفی و مقدار شاخص بر اساس فسفر کل نشان دهنده شرایط یوتروفی در این دریاچه است. طبق نظرات کارلسون انحراف مقدار این شاخص بر مبنای فسفر کل از مقادیر شاخص بر مبنای دو پارامتر دیگر می تواند ناشی از محدودیت رشد فیتوپلانکتونها توسط عاملی غیر از فسفر از جمله ازت باشد.  $(TSI(chla)-TSI(TP) < 0)$  : محدودیت عاملی غیر از فسفات)

محدودیت نوترینت ازت در دریاچه ولشت نیز از طریق نسبت Red field اثبات می شود. این نسبت (۱: ۱۶ TN/TP) یکی از راههای مؤثر جهت تشخیص نوترینت محدود کننده تولید اولیه در اکوسیستم های آبی است. همچنین در تعیین وضعیت تروفی، آشکار ساختن عوامل محدود کننده رشد تولیدکنندگان اولیه و به تبع در تغییر ساختار جمعیت فیتوپلانکتونها و نهایتاً در مدیریت اکوسیستم کاربرد دارد. اعداد زیر ۱۶ بیانگر محدودیت ازت و اعداد بالای ۱۶ بیانگر محدودیت فسفر میباشد (۲۴، ۲۶). نسبت حاصله در طی ۱۳ ماه بررسی در دریاچه ولشت ۱: ۱۳/۷۸ TN:TP محاسبه گردید. دریاچه ولشت از معدود دریاچه های آب شیرین مناطق معتدله می باشد که با اثر محدودکنندگی ازت در طول سال روبه رو است. از دلایل این امر میتوان به سنگهای آهکی غالب در منطقه و شرایط مزوتروفی حاکم بر اکوسیستم اشاره کرد (۲۷، ۲۸).

از دیگر عوامل محدود کننده تولید اولیه در دریاچه ولشت کدورت و میزان گل آلودگی آب است. بالا بودن میزان عمق رویت دیسک سچی در فصل تابستان (۴/۰۵ متر)، پایین بودن آن در ماههای بارندگی (۱/۷ متر)، هم

بستگی قوی منفی بین عمق رویت دیسک سچی و کل مواد جامد معلق (۸۲/۰- $r^2$ ) و هم بستگی منفی بین دمای آب و کل مواد جامد معلق ( $r^2=0.69$ ) در طول مطالعه بیانگر تأثیر عامل فوق بر میزان تولید اولیه آب دریاچه ولشت است (۲۹، ۳۰). هم چنین تفاضل TSI کلروفیل آ از TSI عمق رویت دیسک سچی برابر ۶/۳۴ - و کوچکتر از صفر می باشد که این هم تأییدی دیگر بر محدودیت نور و وجود عامل گل آلودگی در این دریاچه است (۱۲).

وجود عامل گل آلودگی:  $(TSI(chl.a)-TSI(SD) < 0)$

نتایج بدست آمده از شاخص های تعیین تروفی بیانگر بالا بودن مقادیر نوترینتها و مواد مغذی در دریاچه ولشت است. در حالیکه مقادیر کلروفیل آ، عمق رویت دیسک سچی و میزان جامدات، شرایط مزوتروفی را در دریاچه ولشت بیان می کند. آهکی بودن بافت حوزه آبخیز، آلودگی های انسانی، حیوانی، سیلاب های عظیم فصلی و ورود پساب های کشاورزی، رسوبات و سایر آلاینده های محیطی به دلیل شیب زیاد کوه های مشرف به دریاچه و عدم پوشش گیاهی مناسب در ساحل شمالی از دلایل تأثیر گذار بر این امر هستند (۱۸، ۳۱، ۳۲). در بررسی های بعمل آمده بر روی برخی از دریاچه های آب شیرین هند و برزیل نیز، آلودگی های انسانی و به خصوص روانابهای فصلی عوامل اصلی تغییر سطوح تروفی (الیگوتروفی به مزوتروفی) این اکوسیستم ها مطرح گردیده اند (۳۳، ۳۴).

از نظر مکانی ایستگاه سوم بدلیل قرارگیری در مکانی آرام و دور از استرس های محیطی و انسانی، محصور بودن اطراف آن از نی *Phragmites australis*، پوشیده بودن بستر آن از گیاهان آبیزی و در نهایت ورود کمتر ذرات معلق به دلیل شیب کم کوههای مشرف به این ناحیه و رسوب آنها بوسیله ریشه گیاهان آبیزی دارای بیشترین مقادیر اکسیژن محلول و عمق شفافیت می باشد (۳۵). از طرفی کمترین میزان ازت و فسفر در ایستگاه سوم مشاهده گردید. پوشش متراکم نی و گیاهان آبیزی و تراکم بالاتر فیتوپلانکتونها از دلایل این امر است (۳۵، ۳۶).

ایستگاه اول به علت نزدیکی به محل ورودی آبریز لورچال، گل آلودگی آب و تأثیر آن بر نفوذ نور و نیز قرار گرفتن در معرض سیلابهای فصلی دارای

- 10- Livingston, R., 2006. Restoration of aquatic system, Taylor & Francis.
- 11- Carlson, R. E., 1977. A trophic state index for lakes, limnological research center, university of Minnesota, Minneapolis 55455.
- 12- Carlson, R. E., 1983. Discussion on usins difference among Carlson's trophic state index values in regional water quality assessment, by Richard A. Osgood. Water Water Resources Bulletin 19, 307-309.
- 13- OECD., 1982. Eutrophication of water. Monitoring assessment and control, OEC Paris.
- 14- U. S Environmental protection agency., 1986. Quality criteria for water regulations and standards, EPA 440/5-86-001, Washington, DC.
- ۱۵- رحمتی، ر.، ۱۳۸۶. بررسی وضعیت تروفی تالاب مرزن آباد، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.
- ۱۶- ایزدخواستی، زهرا، ۱۳۸۷. مقایسه شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تعیین سطح تروفی در ساحل شهرستان بندرانزلی پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس - کتابخانه مرکزی
- ۱۷- امانی، ۱۳۷۳. مطالعات آبخیزداری حوزه آبخیز دریاچه ولشت، جلد سوم: پوشش گیاهی، مدیریت آبخیزداری سازمان جهاد سازندگی استان مازندران.
- ۱۸- محبی تابان، ر. ق.، ۱۳۷۲. «موقعیت و تشکیل دریاچه ولشت سماء»، گزارش فرمانداری نوشهر.
- 19- Lind, O. T., 1974. Handbook of common methods in limnology. C. V. Mosby, Saint Louis Missouri
- 20- Bain, M. B & Sterenson, N. J., 1999. Aquatic habitat assessment, American Fisheries Society Bethesda, Maryland.
- 21- Standard methods for the examination of water and wastewater, 2007. 3th ed. Washington, DC, APHA, ANWA. WPCE.
- 22- Edmondson, T. W., 1980. Secchi disk and chlorophyll. Limnol oceanogr, vol. 25, No 2, pp. 378-379
- 23- Parson, T. R., Maita. Y & Lalli, C., 1992. A manual of chemical and biological methods for sea water analysis pergman press.
- 24- Wetzel, R. G., 2001. Limnology :lake and river Ecosystems Third Edition. Academic Press, San Diego.
- 25- Jorgensen, S. E., Loffel, H., Rast, Wand Straskraba, M., 2005. Land and reservoir management, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- بیشترین مقادیر مواد جامد (معلق و محلول) و نوترینت‌ها و به تبع آن کمترین میزان عمق رویت شفافیت، کلروفیل آ و اکسیژن محلول می باشد.
- دریاچه ولشت یک ذخیره ارزشمند اکولوژیک به شمار می رود که به دلیل عدم وجود خروجی و ورودی‌های وسیع و مدت زمان زیاد ماندگاری آب بازسازی آن بسیار مشکل است. از طرفی به دلیل بالا بودن غلظت فسفر کل کمترین افزایش در غلظت ازت با توجه به وسعت اندک این دریاچه، منجر به تسریع شدید روند یوتروفی می‌گردد. در نتیجه، ورود این دریاچه به حالت مزوتروفی هشدار در جهت حفظ این منبع آبی می باشد. بر این اساس لازم است شیوه‌های مدیریتی که متضمن بهره برداری مستمر و پایدار از آن از جنبه‌های اکوتوریسم و شیلات باشد تدوین گردد.

#### تشکر و قدردانی

بدینوسیله از همکاری و مساعدتهای مسوولان محترم مجتمع علوم آزمایشگاهی بخصوص آقایان مهندس محسنیان و مهندس عصاره کمال تشکر را داریم.

#### منابع

- 1- Nixon, S & Trent, Z., 2003. Europe's water: An indicator-based assessment, European environment agency.
- 2- Chin, D.A., 2006. Water-quality engineering in natural systems, A John wiley & Sons, INC ., publication, 610pp
- 3- Darlin, S., 2007. Water and wastewater caculations manual. Second edition, environmental engineering calculations.
- 4- Jorgensen, S. E & Vollenweider, R. A., 1998. Guidelines of lakes management ,volume 1, principles of lake management, international lake environment comitte United Nations environment programme.
- 5- Rawsen, D., 1939. Some physical and chemical factors in the metabolism of lakes. Am, Assoc, Adv, Sci, Pub, 10:2-26
- 6- Davies, B & Day, J., 1998-Vanishing waters. University of cape Town press. Cape Town.
- 7- Smith, V. H., Tilman, G.D & Nekola, J. C., 1999. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and Terrestrial ecosystems. Environmental pollution 100:179-196
- 8- Bronmark, C & Hansson, L., 2005. The biology of lakes and ponds. Oxford university press. Oxford.
- 9- Kalytite, D., 2007. Summer phytoplankton in deep Lithuanian lakes, EKOLOGIIA ,rol ,53, no. 4. p. 52-58.



- 33- Petrucio, M. M., Barbosa, F. A. R & Furtado, A. L. S., 2006. Bacterioplankton and phytoplankton production in seven lakes in the middle Rio Doce basin, south-east Brazil, *J. limno.* 5001.
- 34- Chattopadhyay, T. & Banerjee. T., 2007. Temporal changes in environmental characteristics and diversity of net phytoplankton in a freshwater lakes, *Turk J Bot*, 31: 287-296
- 35- Art, B., Osumi, K & Nakazono, T., 1999. Identification of phytoplankton and the relationship between phytoplankton biomass and water quality in kumamoto zoo Basin, *Proc. Sch. Agric. Kyushu Tokai univ.* 18: 23-33.
- 36- Tolotti, M., 2001. Phytoplankton and littoral epilithic diatoms in high mountain lakes of the Adamello-Brenta Regional Park (Trentino, Italy) and their relation to trophic status and acidification risk, *limnol.*, 6. (2): 171-188.
- 26- Redfield, A. C., 1958. The biological control of chemical factors in the environment. *Am Sci* 46:205-221
- 27- Rakoceric, J & Hollert, H., 2005. Phytoplankton community and chlorophyll a as Trophic State Indices of lake Skadar, *ESPR- Environ Sci and Pollut Res* 12(3) 146-152.
- 28- Pilkaityte, R & Razinkovas, A., 2007. Seasonal changes in phytoplankton composition and nutrient limitation in a shallow Baltic lagoon. *Boreal environment research* 12:551-559
- 29- Hambright, K.D & Zohary, T., 2000. Phytoplankton species diversity control through competitive exclusion and physical disturbances. *Limnol, Oceanogr* 45(1): 110-122
- 30- Domingues, R. B., Barbosa, A & Galvao, H. 2005. Nutrients, light and phytoplankton succession in temperate estuary (the Guadiana, south-western Iberia). *Estuarine, coastal and shelf science* (in press).

۳۱- رضوی، ۱۳۷۳. «موقعیت و تشکیل دریاچه ولشت سماء»، گزارش

جهاد سازندگی استان مازندران.

۳۲- غیاث الحسینی، ح، ۱۳۷۸. «دریاچه ولشت سماء». پایان نامه

کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده

محیط زیست.