Iranian Journal of Soil and Water Research ISNN: 2423-7833
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

Long-Term Changes of Metrological, Hydrologic and Underground Water Resources of Dasht-e-Argan Basin and Their Impacts on Argan Internationally Important Wetland

Arya Vazirzadeh[1*], Hamid-Reza Mosafa[2] and Nabiollah Moradi[3]

1. Corresponding Author, Department of Natural Resources and Environmental Engineering, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, Email: vazirzadeh@shirazu.ac.ir
2. Department of Water Engineering, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, Email: mosaffa1989@gmail.com
3. Fars Province Department of Environment, Shiraz, Iran. Email: moradidoe@yahoo.com

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: June. 8, 2022

Revised: Aug. 31, 2022

Accepted: Sep. 9, 2022

Published online: Oct. 23, 2022

Keywords:
Arjan Wetland,
Precipitation,
Evaporation,
Runoff,
Water Balance.

ABSTRACT

Arjan wetland is one of the most internationally important wetlands of Iran. This wetland has been dried in the last two decades, except for short periods in other dry seasons. The purpose of this research was to study the long-term changes in meteorological and hydrological conditions using the data of stations located in the wetland watershed and adjacent watersheds. To this end the rainfall, evaporation, temperature and groundwater aquifers status and runoff of the wetland basin were analyzed. The data showed a decreased trend of precipitation and severe underground water harvesting in the studied area. Comparison of the amount of water stored in the reservoir of Arjan wetland in the current situation (95.49 mm3) to what reported in the Atlas of Water Resources of Iran (109.40 mm3) shows a significant decrease in recent years. Comparison of the current estimated runoff (13.90 mm3) with one reported in the Atlas of Water Resources (15.64 mm) shows a decrease in this factor. Moreover, the results showed that the groundwater level had a decreasing trend and the last estimated years had the lowest levels which clearly shows the negative impacts of numerous wells have been dug in the studied area. In conclusion, the results of this study show that the drying of Arjan wetland is affected by both climatic and anthropogenic factors. But the impact of anthropogenic factors is much more serious and it is strongly recommended to reduce the water harvest from aquifer to rehabilitate the wetland.

Cite this article: Vazirzadeh, A., Mosafa, H. R., Moradi, N. A. (2022) Long-Term Changes of Metrological, Hydrologic and Underground Water Resources of Dasht-e-Argan Basin and Their Impacts on Argan Internationally Important Wetland, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, http//doi.org/ 10.22059/ijswr.2022.344168.669289, 53 (9), 2093-2109.
© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI:https://doi.org/10.22059/ijswr.2022.344168.669289

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۳، شماره ۹ شاپا: ۷۸۳۳-۲۴۲۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

بررسی درازمدت تغییرات اقلیمی، هیدرولوژیک و برداشت از آبخوان حوضه‌ی دشت ارژن و اثرات آن‌ها بر تالاب بین‌المللی ارژن در استان فارس

آریا وزیرزاده[1*]، حمیدرضا مصفا[2]، نبی‌اله مرادی[3]

۱. نویسنده مسئول، بخش مهندسی منابع طبیعی و محیطزیست، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران، ایمیل: vazirzadeh@shirazu.ac.ir

۲. بخش مهندسی آب، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران، ایمیل: mosaffa1989@gmail.com

۳. اداره کل حفاظت محیطزیست استان فارس، شیراز، ایران، ایمیل: moradidoe@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۱۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۶/۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۱۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۸/۱

واژه‌های کلیدی:
تالاب ارژن،
بارش،
تبخیر،
رواناب،
بیلان.

چکیده

تالاب ارژن یکی از مهم‌ترین تالاب‌های بین‌المللی ایران می‌باشد. این تالاب در دو دهه اخیر به‌جز مقاطع فصلی کوتاهی در سایر فصول خشک بوده است. این تحقیق با هدف بررسی درازمدت وضعیت اقلیمی، هیدرولوژیک و برداشت از آب‌های زیرزمینی و تأثیر آن‌ها بر وضعیت فعلی تالاب بین‌المللی ارژن انجام شد. با بررسی آمار بلندمدت ایستگاه‌های واقع در حوضه آبخیز تالاب و حوضه‌های مجاور، وضعیت بارش، تبخیر، تغییرات دما و سفره‌های آب زیرزمینی و رواناب حوضه تالاب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین بیلان آبی تالاب بر اساس وضعیت اقلیمی بلندمدت و رژیم هیدرولوژیک تاریخی حوضه برآورد گردید. نتایج حاکی از کاهش معنادار بارندگی در برخی ایستگاه های حوضه تالاب در سه دهه گذشته و افزایش شدید روند برداشت آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه در دو دهه اخیر بود. مقایسه میزان آب ذخیره‌شده در مخزن دریاچه دشت ارژن در شرایط فعلی (۹۵/۴۹ م م م) و گزارش اطلس منابع آب ایران (۱۰۹/۴۰ م م م) نشان از کاهش قابل‌توجه در طی سال‌های اخیر دارد. همچنین مقایسه میزان رواناب تولیدی فعلی (۱۳/۹۰م م م) و اطلس منابع آب (۱۵/۶۴م م م) نشان از کاهش این مقدار نیز اســت. نتایج بررسی نشان داد که سطح آب زیرزمینی دارای روند کاهشی بوده و آخرین سال‌های مورد بررسی دارای پایین‌ترین تراز آب زیرزمینی بوده است. نتایج کلی این تحقیق نشان می‌دهد که خشکیدگی تالاب ارژن هم تحت تأثیر عوامل اقلیمی و هم عوامل انسانی می‌باشد. اما شدت تأثیر عوامل انسانی چون برداشت آب‌های زیرزمینی بیشتر است. بنابراین در برنامه‌های حفاظت و احیا تالاب می‌بایست تمرکز بر کاهش برداشت آب‌های زیرزمینی در جهت کمک به تغذیه تالاب و احیاء آبخوان باشد.

استناد: وزیرزاده؛ آریا، مصفا؛ حمیدرضا، مرادی؛ نبی‌اله، (۱۴۰۱)، بررسی درازمدت تغییرات اقلیمی، هیدرولوژیک و برداشت از آبخوان حوضه‌ی دشت ارژن و اثرات آن‌ها بر تالاب بین‌المللی ارژن در استان فارس، *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، http//doi.org/ 10.22059/ijswr.2022.344168.669289 ، ۵۳ (۹)، ۲۱۰۹- ۲۰۹۳.

DOI:https://doi.org/10.22059/ijswr.2022.344168.669289

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

مقدمه

تاکنون تعاریف متعددی برای تالاب‌ها ذکر شده است و تعریف ثابتی برای تالاب وجود ندارد. یکی از دلایل اصلی تنوع تعاریف تالاب‌ها، متنوع بودن انواع تالاب‌های موجود در جهان می‌باشد که تعریف جامعی که بتواند شامل همه انواع تالاب‌ها باشد بسیار مشکل است (Tiner, 1996). بر اساس تعریف کنوانسیون رامسر، تالاب را می‌توان "مناطق مردابی، آبگیر، تورب‌زار، به‌صورت طبیعی، مصنوعی، دائم یا موقت با آب ساکن، جاری شیرین، لب شور یا شور مشتمل بر آن‌دسته از آب‌های دریایی که عمق آب در کشند پایین از ۶ متر تجاوز نکند" تعریف کرد (Wittmann et al., 2015). در سال ۱۹۷۹ موسسه ماهی و حیات وحش آمریکا تعریف ساده و کاربردی از تالاب را به شرح زیر ارایه نمود که تاکنون نیز مورد استفاده می‌باشد: تالاب‌ها مناطق گذری (Transitional land) بین مناطق خشکی و آبی هستند. در واقع تاکید بر این است که تالاب اکوتونی بین زیستگاه‌های خشکی و آبی است که سفره آب زیرزمینی معمولاً بالا و نزدیک سطح زمین است یا زمین توسط آب‌های کم‌عمق سطحی پوشیده شده است. براساس این تعریف، تالاب‌ها باید ۱ یا ۳ تا ویژگی داشته باشند:

۱) حداقل به‌صورت دوره‌ای دارای گیاه هیدروفیت (گیاه آبدوست) باشد.

۲) بستر تالاب باید دارای خاک هیدریک (hydric soil) باشد که زهکشی خوبی ندارد.

۳) بستر اگر هم‌Non-soil باشد باید از آب اشباع باشد یا توسط آب‌های کم عمق برای دوره‌ای از فصل رشد پوشیده شده باشد (Tiner, 1996).

تالاب دشت ارژن یا تالاب ارژن یکی از تالاب‌های بین‌المللی ایران است. این تالاب براساس معیارهای جغرافیایی و همچنین معیارهای عمومی گیاهی و جانوری و معیارهای خاص پرندگان امتیازهای لازم برای قرارگیری در لیست تالاب‌های بین‌المللی را داراست (Aubert et al., 2019). این تالاب از نظر زمین شناختی یک پولیه بوده و آب آن از طریق پونرهای بخش شرقی این تالاب وارد چشمه‌ی دم اسب می‌گردد (Sadeghi, 2012). تالاب ارژن بخشی از منطقه حفاظت‌شده ارژن و پریشان است که در سال ۱۳۵۱ با وسعت ۱۹۱ هزار هکتار به‌عنوان پارک ملی انتخاب و در سال ۱۳۵۳ با کاهش وسعت آن به ۶۵ هزار هکتار به‌عنوان منطقه حفاظت‌شده معرفی گردید. همچنین این تالاب بخشی از ذخیرگاه زیست‌کره ارژن و پریشان می‌باشد. تالاب ارژن در شمال شرقی ذخیرگاه زیست‌کره قرار گرفته که دارای زمستان‌های سرد و مرطوب و تابستان‌های معتدل و ملایم می‌باشد.

مطالب پیش گفته بخوبی اهمیت تالاب دشت ارژن هم از منظر اکولوژیک با داشتن تنوع گونه ایی بسیار مطلوب، هم از نظر زمین شناختی با دربرداشتن یک پولیه تمام عیار با ارتباطات جالب سفره‌های آب زیرزمینی در منطقه و هم از منظر اکوتوریسم بیان می‌دارد. اما متاسفانه این تالاب از اواسط دهه‌ی ۸۰ به تدریج خشک شده و در سال‌های اخیر بجز در مقاطع کوتاهی از سال‌های پرباران تالاب خشک بوده است. نظر به اهمیت این تالاب در حفاظت از زیستمندان بخصوص پرندگان مهاجر، تأثیر آن در تعدیل اقلیم منطقه و همچنین ارزش فراوان تالاب از نظر زمین شناختی، بوم شناختی و اکوتوریسم لازم است برنامه های مدیریتی لازم به منظور احیاء تالاب صورت گیرد. پیشنیاز اصلی برای اتخاذ تصمیم صحیح در خصوص احیاء تالاب، آگاهی از عوامل موثر بر خشکیدگی تالاب و افتراق سهم عوامل اقلیمی از عوامل انسان ساخت است. بدین منظور در این مطالعه شاخص‌های اقلیمی، هیدرولوژیک و منابع و مصارف آب‌های زیرزمینی و بیلان عمومی در حوضه ی این تالاب ارزشمند به منظور اطلاع از سهم هرکدام از عوامل در خشکیدگی تالاب ارژن بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

این تحقیق در سال ۱۴۰۰ در استان فارس با هدف بررسی درازمدت عوامل اقلیمی و هیدرولوژیک موثر بر تالاب ارژن با استفاده از داده‌های موجود از سال ۱۳۶۵ تا زمان انجام تحقیق، صورت گرفت.

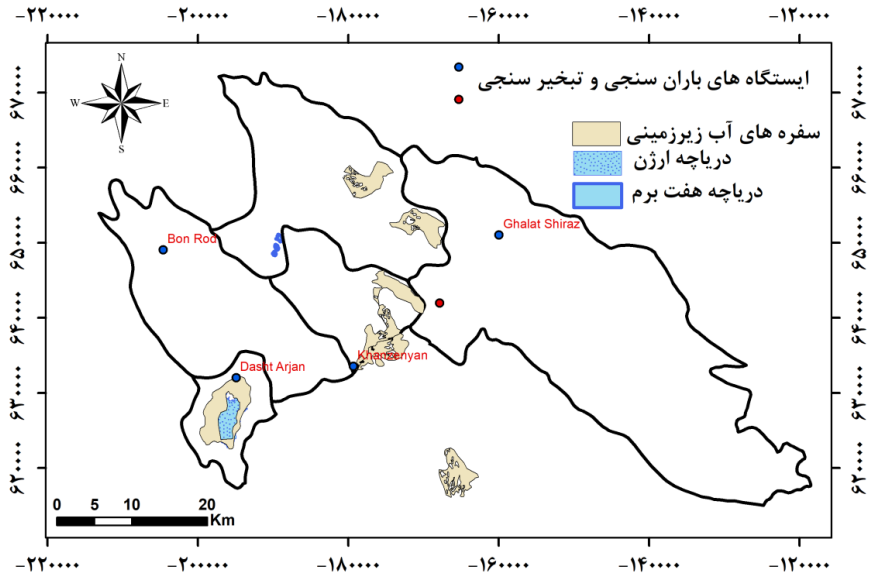
تالاب دشت ارژن در فاصله حدود ۶۰ کیلومتری شهر شیراز، در مسیر جاده ی شیراز- کازرون و در بخش جنوبی رشته کوه‌های زاگرس با مختصات جغرافیایی ′۵۶ °۵۱ تا ′۵۹ °۵۱ طول شرقی و عرض‌های جغرافیایی ′۳۶ °۲۹ الی ′۳۹ °۲۹ شمالی واقع شده است. تالاب دشت ارژن دارای نظام هیدرولوژی نیمه‌باز بوده و با سفره‌های آب اطراف از جمله چشمه دم اسب در ارتباط می‌باشد (Sadeghi, 2012). تالاب ارژن به همراه تالاب پریشان بعنوان یکی از سایت‌های تالابی با ارزش بین‌المللی با کد IR37 در کنوانسوین رامسر ثبت شده است.

تالاب‌های ارژن و پریشان از سایت‌های اصلی تخم گذاری حواصیل بوده و بیش از یک درصد جمعیت محلی برخی گونه‌ها از جمله ۱۱ گونه‌ی اردک را حمایت می‌کند.

اطلاعات هواشناسی منطقه

بارش

در این مطالعه برای ارزیابی وضعیت بارش درازمدت در منطقه ی مورد مطالعه از اطلاعات ایستگاه‌های تحت مدیریت سازمان هواشناسی و وزارت نیرو استفاده شد. در شکل ۱ پراکنش ایستگاه‌های باران‌سنجی و تبخیرسنجی اطراف تالاب ارژن نشان داده شده است. در این مطالعه از داده‌های ایستگاه‌های دشت ارژن (ایستگاه مبنای دریاچه)، خان‌زنیان، قلات شیراز و بن‌رود استفاده شده است. برای یکسان سازی دوره ی آماری، دوره آماری براساس سال‌های ۹۵-۱۳۶۵ در نظر گرفته شد.



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی در مطالعه حاضر و آبخوان‌های دشت ارژن

به‌منظور اطلاع از میزان بارش در بخش‌های مختلف منطقه موردمطالعه با استفاده از داده‌های بارش ایستگاه‌های مورد استفاده در این تحقیق، اقدام به تهیه خطوط هم‌باران در منطقه شد.

ارزیابی خشکسالی در منطقه مورد مطالعه

به‌منظور اطلاع از وضعیت دوره‌های خشکسالی و ترسالی در منطقه از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) استفاده شد (Harbor, 1994)

بررسی وضعیت تبخیر منطقه مورد مطالعه

به‌منظور تعیین تبخیر در سطح حوضه دشت ارژن از آمار ایستگاه‌های دشت ارژن، قلات شیراز و مارون استفاده گردید. به‌منظور برآورد میزان تبخیر در سطح حوضه دشت ارژن با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های مذکور خطوط هم‌تبخیر منطقه ترسیم گردید.

محاسبه تبخیر از سطح تالاب

در مطالعه ی حاضر به‌منظور محاسبه تبخیر از سطح آزاد آب تالاب ارژن، از آمار تشتک تبخیر ایستگاه هواشناسی دشت ارژن که در مجاورت تالاب می‌باشد، استفاده شده است. ضریب تبدیل تبخیر تشتک به تبخیر از سطح دریاچه در زمان‌های مختلف متفاوت می‌باشد. بنابراین در این مطالعه برای محاسبه ضریب تبخیر از ضرایب ماهیانه استفاده شده است (Jensen, 2010). برای محاسبه میزان تبخیر از سطح آزاد آب در محدوده مطالعاتی از روش تبخیر از تشتک و رابطه زیر استفاده شده است (Alizadeh, 2015):

$$E=K\ (EPan)$$

در این معادله: E تبخیر از سطح آزاد آب، Epan : مقدار تبخیر از تشت و K ضریب ثابتی است که مقدار آن برای تشت تبخیر استاندارد کلاس A در ماه‌های مختلف سال به قرار زیر است :

فروردین ۷۴/.، اردیبهشت ۷۳/.، خرداد ۷۶/.، تیر ۷۷/.، مرداد ۷۷/.، شهریور ۷۷/.، مهر ۷۰/.، آبان ۶۳/.، آذر ۶۰/.، دی ۶۰/.، بهمن ۷۰/. و اسفند ۷۲/.

ارزیابی دما در حوضه دشت ارژن

به‌منظور اطلاع از وضعیت دمایی در سطح حوضه دشت ارژن از داده‌های ایستگاه‌های دشت ارژن، مارون و قلات شیراز طی دوره ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ استفاده شد. در نهایت به منظور برآورد میزان دما در سطح حوضه مورد مطالعه اقدام به تهیه نقشه هم‌دما با استفاده از ایستگاه‌های مذکور گردید.

ارزیابی همگنی و روند تغییرات داده های بلندمدت

ارزیابی همگنی داده‌های مورد استفاده در بخش هواشناسی، با استفاده از آزمون همگنی یا ران تست (Run test) در نرم افزار SPSS 16 انجام شد. همچنین به‌منظور تحلیل سری‌های زمانی داده‌های هواشناسی و هیدرولوژیک و بررسی وجود یا عدم وجود روند در آن‌ها از تخمین‌گر سن استفاده شد. در نهایت روند معنی داری تغییرات با استفاده از آزمون ناپارامتری من‌کندال مورد بررسی قرار گرفت (Amarasinghe, 2020).

هیدرولوژی و منابع آب دشت ارژن

آب زیرزمینی

تالاب ارژن در میان محدوده مطالعاتی دشت ارژن قرار دارد. علاوه بر آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی نیز نقش اصلی و شکل دهنده‌ای در تشکیل تالاب دارند. محدوده مطالعاتی دشت ارژن (با کد شناسایی ۲۵۱۰) بر اساس تقسیمات هماهنگ و سراسری وزارت نیرو و مستندات شرکت آب منطقه ای فارس دارای وسعت ۲۹ کیلومتر مربع و متوسط ضریب ذخیره ۰/۰۳ می‌باشد (Farsab Sanat Consulting Engineers, 2016). (شکل ۱).

بررسی چشمه‌های اطراف تالاب ارژن

در اطراف تالاب ارژن چشمه‌ها و آبشارهای دائمی و موقتی وجود دارد. بزرگ‌ترین چشمه این منطقه در قسمت شمالی واقع شده است و با نام چشمه سادات، چشمه سلمان یا چشمه دشت ارژن شناخته می‌شود. این چشمه از آهک آسماری خارج می‌شود. در مطالعات پیشین در منطقه دشت ارژن، برخی محققین با بررسی وضعیت آبدهی این چشمه و سایر چشمه‌های موجود، رابطه ی زیر را برای تخمین میزان آبدهی سالانه چشمه‌های دشت ارژن پیشنهاد نمودند (Sadeghi, 2012). در این رابطه با استفاده از بارش (P) می‌توان حجم آب سالانه چشمه (Q) را برآورد نمود (رابطه ۷-۱).

$$Q=6.71+(0.025*P)$$ رابطه ۱)

که در آن: Q جریان آب بر حسب میلیون متر مکعب و P بارش سالانه بر حسب میلی‌متر می‌باشد. میزان عدم قطعیت این رابطه تعیین نشده است.

منابع مصرف آب‌های زیرزمینی

منابع مصرف آب‌های زیرزمینی بر اساس اطلاعات و آمار تهیه شده از شرکت آب منطقه‌ای فارس تا سال ۱۳۹۵ برآورد شد. همچنین به‌منظور بررسی وضعیت تغییرات آب سفره زیرزمینی، اقدام به جمع‌آوری اطلاعات پیزومترهای منطقه (دوره ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۷) و تجزیه و تحلیل آن‌ها شد.

رواناب سطحی دشت

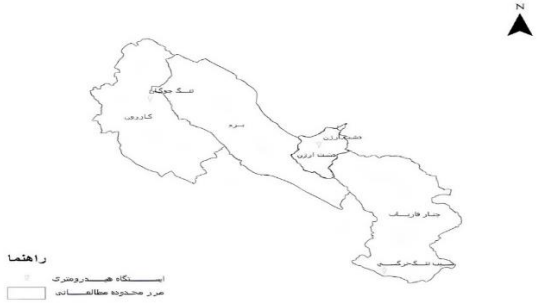
منطقه مورد مطالعه دارای رودخانه دائمی نمی‌باشد و جریان‌های فصلی پدیده غالب هیدرولوژی آب‌های سطحی آن است. با استناد به نقشه‌های اطلس منابع آب و کارشناسی و بررسی انجام شده نقشه آبراهه‌های منتهی به دریاچه مطابق شکل ۲ است. به‌منظور محاسبه حجم آب ورودی به تالاب از طریق رواناب‌های فصلی، باید از روش‌های تجربی استفاده نمود. برای این منظور از روش جاستین استفاده شد (Rawat et al., 2021). روش جاستین بر اساس عملکرد حوضه‌های مشابه استوار است. جهت برآورد رواناب تولیدی و طبق گزارش ارائه شده اطلس منابع آب ایران از داده های دو ایستگاه تنگ چوگان و شیب تنگ استفاده شد که محل قرار گیری آن‌ها در شکل ۲ ارائه

شده است. در این روش با در اختیار داشتن مقدار بارش (P)، درجه حرارت (T)، شیب حوضه (S) و ضریب مدل جاستین (K) و با استفاده از رابطه‌های ۲ و ۳ می‌توان رواناب سالانه حوضه را برآورد نمود. همچنین طبق پیشنهاد اطلس منابع آب مقدار ضریب جاستین در محدوده مطالعاتی دشت ارژن ۰/۱۴۶ در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است برای یکسان سازی دوره منتخب آماری کلیه محاسبات برای سال‌های ۹۵-۱۳۶۵ انجام شده است.

رابطه ۲)
$$R = KS^{0.155}\frac{P^2}{1.8T+32}$$

رابطه ۳)
$$S = \frac{H\max - H\min}{\sqrt{A}}$$

همچنین شیب حوضه بر اساس حداقل ارتفاع به متر (Hmin)، حداکثر ارتفاع به متر (Hmax) و مساحت حوضه به مترمربع (A) محاسبه شد. لازم به توضیح است که در محاسبات، مساحت دریاچه از کل حوضه کم شده است.



شکل ۲. محل قرارگیری ایستگاه‌های مجاور در نظر گرفته شده برای تخمین رواناب به روش جاستین

معادله بیلان آبی منطقه

در این پژوهش محاسبات بیلان براساس داده‌های سال ۱۳۶۵ الی ۱۳۹۵ انجام گرفته است. بیلان محاسبه شده جهت بررسی تغییرات حجم مخزن زیرزمینی و مخزن سطحی دریاچه دشت ارژن به صورت زیر است:

$$V_P + V_{SI} + V_{UI} - V_E - V_{SO} - V_{UO} = \Delta S$$

در این معادله V_P میزان حجم بارش بر روی سطح دریاچه است.

V_{SI} میزان حجم جریان ورودی سطحی به مخزن دریاچه است که شامل رواناب سطحی و همچنین تخلیه از چشمه‌ها به داخل آبراهه‌های منتهی به دریاچه است. رواناب سطحی از معادلات تجربی جاستین محاسبه شده و طبق گزارش اطلس منابع آب میزان ۱۰ درصد از این رواناب به عنوان نفوذ از کف آبراهه کسر میگردد.

V_{UI} میزان حجم جریان ورودی زیرزمینی به مخزن دریاچه است. طبق پیشنهاد اطلس منابع آب ایران این حجم شامل ۱) ورودی زیرزمینی از محدوده مطالعاتی بن رود زنگنه (حوضه آبریز مند) به محدوده دشت ارژن است که این مقدار طبق پیشنهاد اطلس به طور متوسط ۳۹/۸۰ میلیون مترمکعب در سال است. ۲) حجم نفوذ یافته آب باران در دشت و ارتفاعات که طبق پیشنهاد اطلس میزان درصد نفوذ در ارتفاعات و دشت ۴۶/۴۵ و ۳۹/۵۴ است که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. ۳) میزان رواناب نفوذ یافته در کف آبراهه که طبق پیشنهاد اطلس منابع آب ۱۰ درصد میزان رواناب خواهد بود. ۴) میزان نفوذ آب زراعی، شرب و صنعت: طبق پیشنهاد اطلس ۸۰ درصد حجم آب شرب و صنعت و ۲۵ درصد میزان آب زراعی استفاده شده نفوذ می‌کند. از آن جایی که داده‌های میزان حجم مصرف آب شرب، صنعت و زراعی از سال ۱۳۸۱ موجود است برای سال‌های فاقد آمار از متوسط مصرف طبق اطلس منابع آب استفاده شد. ۵) از موارد بالا میزان کل تخلیه چاه و قنات در دشت و ارتفاعات کسر می‌گردد.

V_E حجم تبخیر از سطح آزاد آب بر روی سطح دریاچه و همچنین تبخیر از قسمت غیر آبدار دریاچه است. میزان تبخیر از سطح آزاد آب براساس میزان سطح آب بر روی دریاچه و داده‌های تشت تبخیر محاسبه شده و همچنین قسمت غیر آبدار دریاچه نیز از طریق در نظر گرفتن ضریب تبخیر در دشت که طبق مطالعات اطلس منابع آب معادل ۴۵/۲۱ درصد است محاسبه گردید.

V_{so} میزان حجم جریان خروجی سطحی از مخزن دریاچه است صفر در نظر گرفته شد.

V_{uo} میزان حجم جریان خروجی زیرزمینی از مخزن دریاچه است. با توجه به اینکه تالاب ارژن یک پولیه بوده و از طریق پونر با سفره‌های آب اطراف از جمله چشمه ی دم اسب در ارتباط می‌باشد لذا مقدار آب خروجی از پونر در این قسمت در نظر گرفته شد.

ΔS شامل تغییرات زیرزمینی و سطحی مخزن دریاچه است. از آن جایی با استفاده از رابطه عمق سطح دریاچه میزان تغییرات سطحی آب در دریاچه مشخص است لذا میزان ذخیره زیرزمینی در این معادله بیلان محاسبه شد و روند آن مشخص گردید. همچنین با مقادیر اطلس منابع آب نیز مقایسه شد.

نتایج

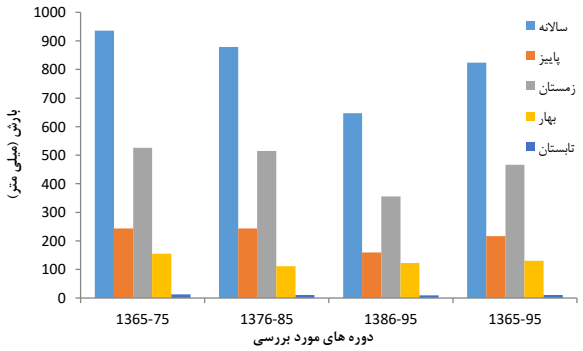
بارش در منطقه مورد مطالعه

بارش سالانه در ایستگاه‌های مختلف مورد بررسی در حوضه ی تالاب در جدول ۱ ارائه شده است. مقدار معنی‌داری آزمون ران تست برای ایستگاه‌های دشت ارژن، خان‌زنیان، بن‌رود و قلات شیراز به‌ترتیب ۰/۲۳۵، ۰/۲۰۷، ۰/۲۰۸ و ۰/۲۰۱ به‌دست آمد. با توجه به مقدار معنی‌داری که بالاتر از ۰/۰۵ می‌باشد می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های هر سه ایستگاه همگن می‌باشند.

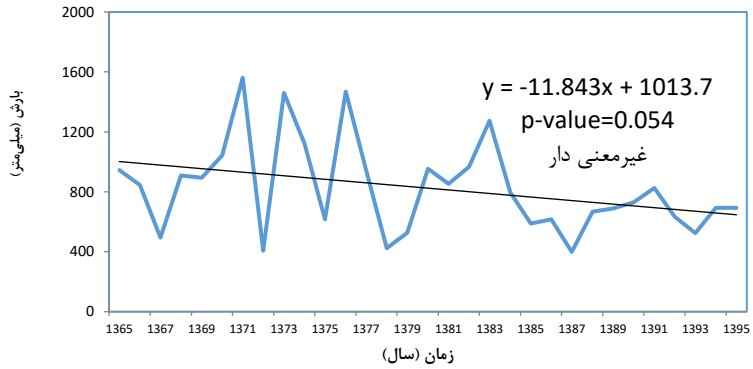
جدول ۱. بارش سالانه برحسب میلی‌متر در ایستگاه‌های مختلف بر اساس سال‌های ۹۵-۱۳۶۵

نام ایستگاه	میانگین سالانه	حداکثر سالانه	حداقل سالانه	انحراف معیار
دشت ارژن	۸۲۴/۲۳	۱۵۶۱/۵۰	۳۹۹/۰۰	۳۰۳/۰۶
قلات	۵۶۹/۳۴	۹۶۴/۵۰	۲۷۴/۸۰	۱۸۸/۴۰
بنرود	۱۰۱۹/۲۳	۱۸۲۵/۰۰	۳۵۹/۵۰	۳۵۵/۱۴
خان زنیان	۴۴۸/۰۱	۷۳۱/۰۰	۱۶۱/۵۰	۱۴۱/۷۵

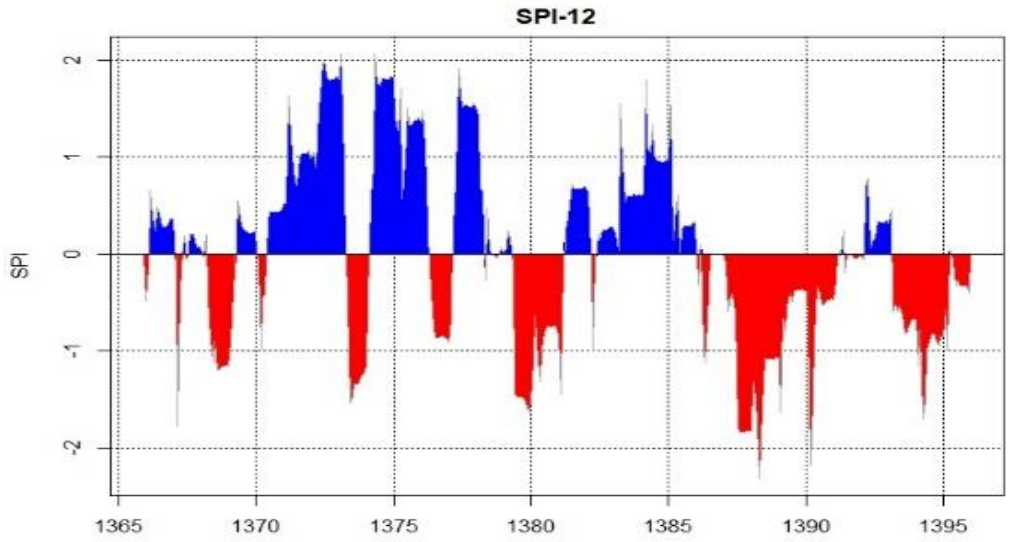
همچنین تغییرات بارش در ۴ ایستگاه مورد مطالعه و ارزیابی روند تغییرات آن‌ها به تفکیک در هر ایستگاه بررسی گردید که به دلیل محدودیت حجم مجله فقط داده‌های مربوط به ایستگاه دشت ارژن، بعنوان ایستگاه معرف تالاب در شکل‌های۳ و ۴ آورده شده است.



شکل ۳. میزان بارش طی ٤ دوره در ایستگاه دشت ارژن



شکل ٤. روند تغییرات بارش سالانه در دوره ١٣٦٥ الی ١٣٩٥ برای ایستگاه دشت ارژن



شکل ٥. دوره‌های خشکسالی و ترسالی در حوضه دشت ارژن

شکل ۳ نشان می‌دهد که میزان بارندگی در دهه‌ی اخیر نسبت به درازمدت در همه ی فصول کاهش داشته است. بر این اساس میزان بارش طی دوره ۱۳۶۵ الی ۱۳۷۵ در منطقه بیش‌ترین مقدار را داشته است. شکل ۴ نشان میدهد که روند بارش در سه دهه‌ی مورد بررسی نزولی بوده است اما تغییرات برای ایستگاه دشت ارژن در مقیاس سالانه معنادار نبوده است، اگرچه روند کاهشی بارش در سه ایستگاه دیگر نیز مشاهده گردید. در نهایت بررسی روند تغییرات بارش با استفاده از آزمون ناپارامتری من کندال و تخمین‌گر سن حاکی از معنادار بودن کاهش بارندگی ها در مقیاس سالانه در ایستگاه‌ها قلات و بن رود و غیرمعنی داری آن در ایستگاه‌های ارژن و خان زنیان بود (اگرچه بسیار نزدیک به معنی داری بودند).

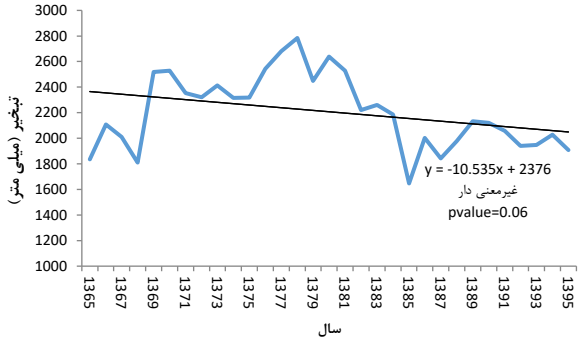
در مجموع می‌توان بیان نمود متوسط بارش در سطح حوضه ۷۹۵/۶ و بر روی دریاچه ۷۹۸/۹ میلی‌متر در سال می‌باشد. ارزیابی روند داده‌ها دلالت بر روند کاهشی و در برخی ایستگاه‌ها معنی‌دار داده‌های بارش در مقیاس سالانه و فصلی دارد که خود منجر به کاهش رواناب تولیدی در سطح حوضه و درنتیجه رواناب ورودی به تالاب می‌باشد.

ارزیابی روند خشکسالی منطقه که با استفاده از داده‌های ایستگاه مبنا (دشت ارژن) ترسیم شده است در شکل ۵ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که پس از سال ۸۵ بجز سال‌های اندکی سایر سال‌های خشکسالی متوسط تا شدید بر منطقه حاکم بوده است.

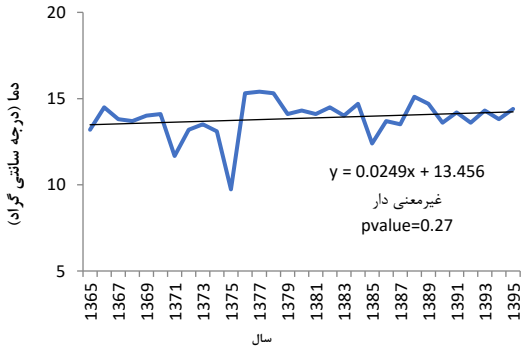
تبخیر در منطقه ی مورد مطالعه

متوسط تبخیر در ایستگاه‌های دشت ارژن، مارون و قلات شیراز در جدول ۲ ارایه شده است. ایستگاه دشت ارژن در نزدیکی دریاچه قرار دارد و بنابراین به‌عنوان مبنای محاسبات تبخیر از سطح دریاچه مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به محدویت صفحات مجله، فقط

اطلاعات مربوط به ایستگاه دشت ارژن بعنوان ایستگاه معرف تالاب ارایه می‌گردد (شکل ۶).



شکل ٦. سری زمانی تبخیر ایستگاه دشت ارژن



شکل ۷. سری زمانی دما در ایستگاه دشت ارژن

جدول ۲. تبخیر سالانه برحسب میلی‌متر در ایستگاه‌های مختلف بر اساس سال‌های ۹۵-۱۳٦۵

نام ایستگاه	میانگین سالانه	حداکثر سالانه	حداقل سالانه	انحراف معیار
دشت ارژن	۲۲۰۷/۴۶	۲۷۸۴/۳۰	۱۶۴۶/۹۰	۲۸۴/۱۶
قلات	۲۶۸۱/۳۳	۳۱۹۹/۸۰	۲۲۸۴/۵۰	۲۴۸/۹۹
مارون	۲۴۴۳/۶۰	۲۸۰۱/۷۰	۱۹۸۲/۸۰	۱۹۹/۴۶

با توجه به ارزیابی‌های انجام شده، میزان تبخیر در منطقه در مقیاس سالانه در تمام ایستگاه‌ها روند کاهشی داشته است بطوریکه در ایستگاه‌های دشت ارژن و مارون روند کاهشی غیرمعنادار و در ایستگاه قلات روند کاهشی معنی دار داشته است. همچنین با استفاده از اطلاعات ایستگاه‌های حوضه و مجاور آن اقدام به ترسیم نقشه ی خطوط هم تبخیر گردید. تبخیر حوضه و دریاچه به‌ترتیب برابر با ۲۲۴۰/۸ و ۲۲۳۵ میلیمتر به‌دست آمد. مقدار تبخیر به‌دست آمده برای دریاچه تقریباً برابر مقدار تبخیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه دشت ارژن می‌باشد.

محاسبه تبخیر از سطح تالاب

در پژوهش حاضر به‌منظور محاسبه تبخیر از سطح آزاد آب تالاب ارژن، از آمار تشتک تبخیر ایستگاه هواشناسی دشت ارژن که در مجاورت تالاب می‌باشد، استفاده شده است. ضریب تبدیل تبخیر تشتک به تبخیر از سطح دریاچه در زمان‌های مختلف متفاوت می‌باشد. بنابراین در این مطالعه برای محاسبه ضریب تبخیر از ضرایب ماهیانه استفاده شده است. براین اساس متوسط سالانه میزان تبخیر از سطح دریاچه ارژن ۱۶۲۵/۶ میلی‌متر برآورد گردید.

تغییرات دمای حوضه‌ی مورد مطالعه

تغییرات دمای حوضه در درازمدت نیز مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۳ ارایه شده است. همچنین روند تغییرات دما در شکل ۷ ارایه شده است.

جدول ۳. دمای سالانه برحسب درجه سانتی گراد در ایستگاه‌های مختلف بر اساس سال‌های ۹۵-۱۳۶۵

نام ایستگاه	میانگین سالانه	حداکثر سالانه	حداقل سالانه	انحراف معیار
دشت ارژن	۱۳/۸۶	۱۵/۴۰	۹/۷۳	۱/۰۹
قلات	۱۳/۴۷	۱۵/۵۷	۹/۸۹	۱/۱۷
مارون	۱۰/۶۰	۱۳/۵۵	۸/۶۰	۱/۴۹

ارزیابی روند تغییرات دما با استفاده از آزمون من‌کندال انجام شد. نتایج نشان داد که دمای هوا در مقیاس سالانه در ایستگاه‌های دشت ارژن و قلات افزایشی غیرمعنی‌دار و در ایستگاه مارون کاهشی غیرمعنی‌دار بوده است. (شکل ۷، اشکال سایر ایستگاه‌ها به دلیل محدویت صفحات مقاله ارایه نشده است).

همچنین براساس اطلاعات حوزه‌های منتخب اقدام به ترسیم نقشه‌ی خطوط همدما گردید. بر این اساس دمای متوسط حوضه ۱۴/۱۲ درجه سلسیوس حاصل شد.

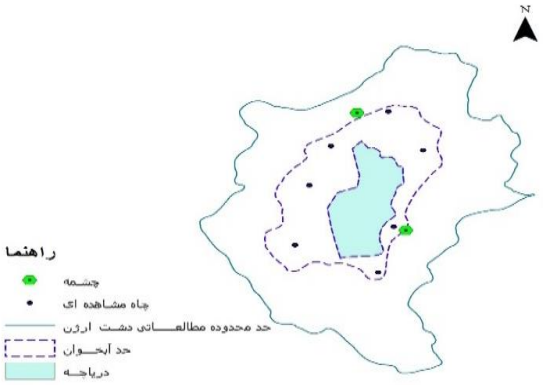
هیدرولوژی و منابع آب دشت ارژن

موقعیت آبخوان ارژن در شکل ۸ ارایه شده است. بر اساس اطلاعات و آمار تهیه شده از شرکت آب منطقه‌ای فارس تا سال ۱۳۹۵ تعداد ۱۱۴ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق در این دشت مورد بهره‌برداری قرار دارد. از این تعداد ۸۲ چاه نیمه‌عمیق و ۳۲ چاه عمیق می‌باشند. شکل ۹، سهم چاه عمیق، چاه نیمه‌عمیق و چشمه در تخلیه آب‌های زیرزمینی دشت ارژن طی دوره ۱۳۸۱ الی ۱۳۹۵را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود تخلیه منابع آب زیرزمینی توسط چشمه روند کاهشی داشته است اما میزان برداشت آب‌های زیرزمینی توسط چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق افزایش یافته است، در این میان سهم چاه‌های عمیق از کل مصرف آب‌های زیرزمینی روند افزایشی بیش‌تری داشته است که در ادامه با جزئیات بیشتری ارایه می شود:

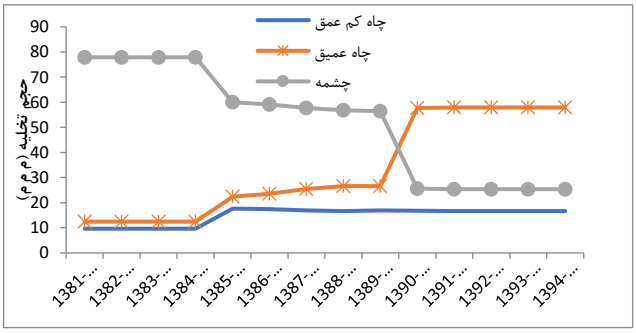
شکل ۱۰ حجم آبدهی چشمه‌های دشت ارژن را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود کاهش ۱۰ برابری حجم تخلیه از چشمه‌های منطقه در سال‌های اخیر وجود داشته است.

شکل ۱۱روند تغییرات تعداد چاه نیمه‌عمیق و حجم تخلیه آن‌ها طی دوره ۱۳۸۱ الی ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد. تعداد چاه‌های نیمه‌عمیق موجود در دشت ارژن طی دوره مورد بررسی از ۴۳ به ۸۲ حلقه رسیده است، این درحالی است که حجم تخلیه آب زیرزمینی از ۲/۶۰ به ۱/۳۸ میلیون مترمکعب در سال کاهش یافته است.

از سوی دیگر شکل ۱۲ تعداد چاه‌های عمیق و حجم برداشت از آن‌ها طی دوره ۱۳۸۱ الی ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود روند افزایشی تعداد چاه عمیق و حجم برداشت آن‌ها طی دوره مورد بررسی قابل توجه است. به‌گونه‌ای که افزایش ۱/۱۴ و ۱/۴۳ به‌ترتیب در تعداد چاه عمیق و حجم آب برداشتی مشاهده شده است.



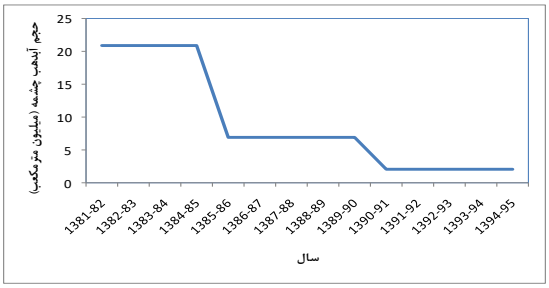
شکل ۸. موقعیت آبخوان دشت ارژن



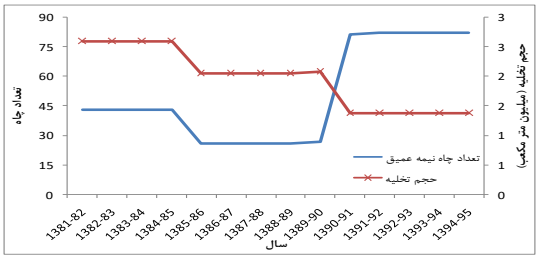
شکل ۹. سهم چاه عمیق، چاه نیمه‌عمیق و چشمه در تخلیه آب‌های زیرزمینی دشت ارژن

تغییرات پیزومترها

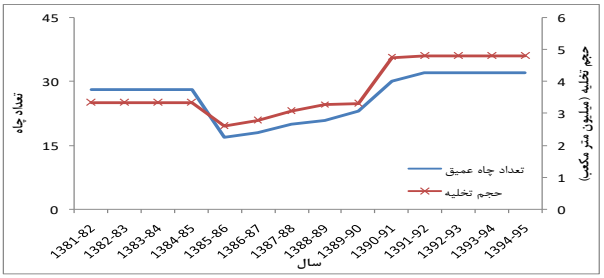
به‌منظور بررسی وضعیت تغییرات آب سفره زیرزمینی، اقدام به جمع‌آوری اطلاعات پیزومترهای منطقه (دوره ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۷) و تجزیه و تحلیل آن‌ها شد. جدول ۴، اطلاعات تراز آب زیرزمینی در پیزومترهای موجود در منطقه را نشان می‌دهد.



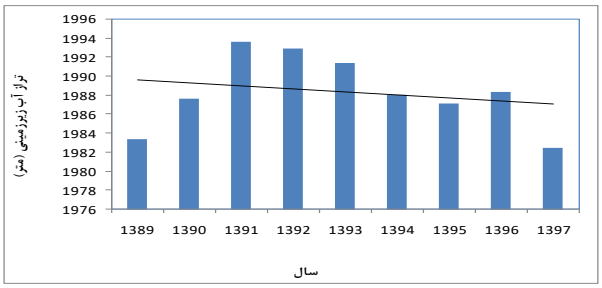
شکل ۱۰. حجم آبدهی سالانه چشمه‌های دشت ارژن طی دوره



شکل ۱۱. روند تغییرات تعداد چاه نیمه عمیق و حجم تخلیه آن‌ها طی دوره



شکل ۱۲. روند تغییرات تعداد چاه عمیق و حجم تخلیه آن‌ها طی دوره



شکل ۱۳. تغییرات سطح ایستابی پیزومتر اراضی رضایی

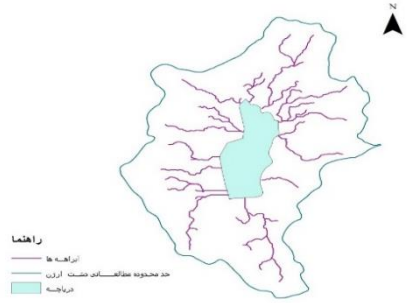
جدول ٤. اطلاعات تغییرات تراز آب زیرزمینی پیزومترهای دشت ارژن

نام پیزومتر	حداکثر تراز (متر)	حداقل تراز (متر)	متوسط تراز (متر)	دامنه تغییرات (متر)
اراضی اشرافی	۱۹۸۷/۷۳	۱۹۸۱/۵۹	۱۹۸۴/۸۴	۶/۱۳
چشمه چراب	۱۹۸۶/۰۳	۱۹۷۷/۸۱	۱۹۸۲/۶۷	۸/۲۲
سینک هول	۱۹۸۶/۶۹	۱۹۷۸/۴۱	۱۹۸۲/۴۸	۷/۹۸
اراضی وحیدی	۱۹۹۶/۴۹	۱۹۹۴/۲۸	۱۹۹۵/۴۴	۲/۲۰
اداره محیط زیست	۲۰۰۰/۵۸	۱۹۹۴/۹۸	۱۹۹۷/۸۰	۵/۵۹
اراضی رضایی	۱۹۹۳/۶۹	۱۹۸۲/۴۷	۱۹۸۸/۳۷	۱۱/۲۱
ایستگاه هواشناسی	۲۰۰۷/۰۶	۲۰۰۱/۹۴	۲۰۰۴/۱۴	۵/۱۲

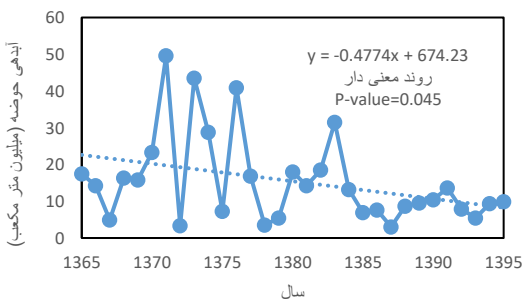
همچنین روند تغییرات سطح آب زیرزمینی کلیه پیزومترها طی دوره ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۷ بررسی گردید (بدلیل محدودیت حجم مقاله، فقط اطلاعات پیزومتر معروف به اراضی رضایی با توجه به بیشترین اختلاف ارایه شده است). نتایج بررسی نشان داد که سطح آب زیرزمینی دارای روند کاهشی بوده است و آخرین سال مورد بررسی، دارای پایین‌ترین تراز آب زیرزمینی بوده است (شکل ۱۳). هرچند این میزان در طول دوره آماری تابع شرایط اقلیمی و تاثیرات میزان بارندگی بوده اما به راحتی می‌توان تأثیر حفر چاه‌های بالادست را برآن مشاهده نمود.

رواناب سطحی دشت ارژن

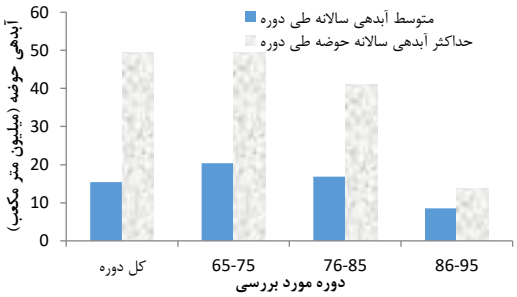
با استناد به نقشه‌های اطلس منابع آب و کارشناسی و بررسی انجام شده نقشه آبراهه‌های منتهی به دریاچه مطابق شکل ۱۴ است. همچنین حجم رواناب سطحی تخمینی براساس روش جاستین در حوضه‌ی تالاب ارژن در شکل۱۵ ارایه شده است.



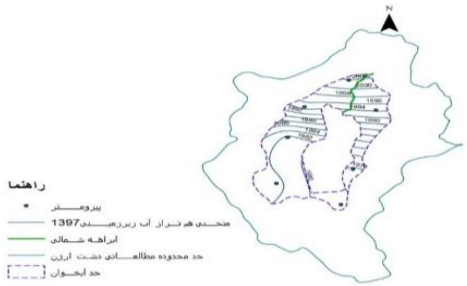
شکل ۱٤. شبکه آبراهه‌های موجود در حوضه دریاچه ارژن



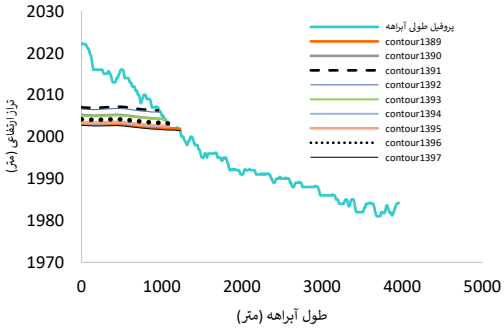
شکل ۱۵. حجم رواناب سطحی به‌روش جاستین برای حوضه دشت ارژن



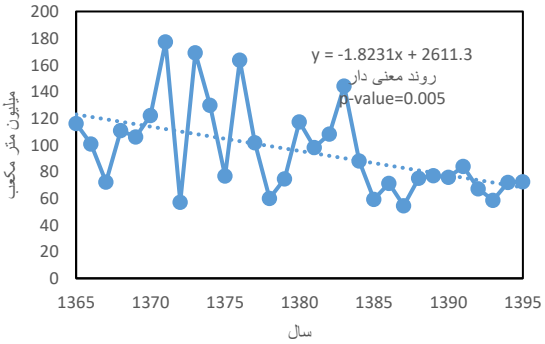
شکل ۱۶. متوسط و حداکثر رواناب حوضه طی دوره مطالعاتی



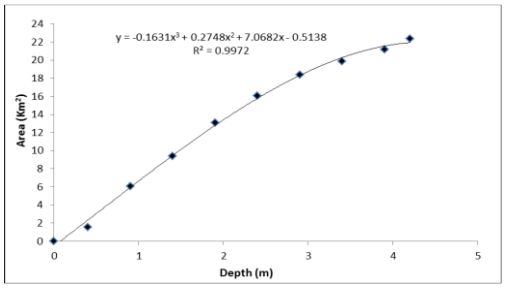
شکل ۱۷. منحنی هم تراز آب زیرزمینی در سال ۱۳۹۷ و آبراهه انتخابی جهت بررسی پروفیل طولی



شکل ۱۸. پروفیل طولی آبراهه و آب زیرزمینی در بازه‌های زمانی مختلف آبراهه ی شمالی محدوده دشت ارژن



شکل ۱۹. ذخیره آب مخزن دریاچه دشت ارژن



شکل ۲۰. رابطه عمق-سطح تالاب ارژن (Sadeghi, 2012)

متوسط آب‌دهی سالانه و حداکثر آب‌دهی سالانه حوضه موردمطالعه طی دوره مطالعاتی نیز در شکل ۱۶ ارائه شده است که طبق آن میزان رواناب حوضه ۴۴/۵ درصد نسبت به بلند مدت کاهش پیدا کرده است.

ارتباط آبراهه‌ها و آبخوان

با توجه به شکل ۱۷ هرچند سطح آب زیرزمینی در سال‌های اخیر کاهش یافته است اما در تمامی سال‌ها آبخوان آبراهه‌ها را تغذیه می‌کند و وجود چشمه نشانگر این موضوع است. انتخاب آبراهه شمالی (شکل ۱۸) برای بررسی این موضوع به این علت بود که بیشترین اختلاف ارتفاع در شمال وجود دارد و همچنین در این قسمت تراز آب بالاتر است لذا احتمال تغذیه در این قسمت بیشتر از قسمت‌های دیگر وجود داشت.

معادله بیلان آبی منطقه

بیلان عمومی مخزن تالاب دشت ارژن براساس داده‌ای ۹۵-۱۳۶۵در جدول ۵ ارایه شده است. لازم به ذکر است که به منظور محاسبات سطح و حجم تالاب از رابطه‌ی عمق- سطح که توسط صادقی (۲۰۱۲) برای تالاب ارژن محاسبه گردیده است استفاده شد (شکل ۲۰). ایشان با نقشه برداری تالاب در فصل خشک و همچنین نصب اشل و بهره گیری از داغاب‌ها، رابطه‌ی عمق و سطح تالاب ارژن را محاسبه نمودند.

جدول ۵. بیلان عمومی مخزن دریاچه در محدوده مطالعاتی دشت ارژن براساس داده ای ۹۵-۱۳۶۵ بر حسب میلیون متر مکعب

تغذیه					تخلیه						
بارش بر روی سطح دریاچه	رواناب تولیدی باران	تخلیه چشمه	جریان زیرزمینی ورودی	جمع تغذیه	تبخیر از سطح درآزاد آب	تبخیر از قسمت غیر آبدار	جریان خروجی زیرزمینی	جمع تخلیه	تغییرات حجم ذخیره مخزن سطحی دریاچه	تغییرات حجم ذخیره مخزن آب زیرمینی دریاچه	متوسط ذخایز آب در دریاچه
۹/۰۷	۱۳/۹۰	۱۵/۰۷	۸۲/۳۶	۱۲۰/۴۰	۶/۵۱	۲/۶۴	۱۵/۷۷	۲۴/۹۲	۱/۰۵	۹۴/۴۴	۹۵/۴۹

بحث

نتایج بررسی فاکتورهای هواشناسی نشان می‌دهد که بارش حوضه در درازمدت روند کاهشی داشته اگرچه داده‌های مربوط به ایستگاه بن‌رود و قلات کاهشی معنی‌دار اما ایستگاه‌های دشت ارژن و خان‌زنیان کاهشی غیرمعنی‌دار می‌باشد اما به‌خصوص در سال‌های اخیر روند کاهش شدیدتر بوده است. همچنین نتایج نشان داد که از نیمه دوم دهه‌ی هشتاد در اغلب سال‌ها خشکسالی متوسط تا شدید در منطقه حاکم بوده است. همچنین روند دما نیز افزایشی و روند تبخیر کاهشی بوده است اگرچه در اغلب ایستگاه‌ها تغییرات دما و تبخیر معنادار نبوده است. با در نظرگرفتن این سه شاخص اقلیمی می‌توان گفت که وضعیت بارش بعنوان مهم‌ترین فاکتور موثر بر حیات تالاب به گونه

ای است که حداقل در دو دهه ی گذشته وضعیت اقلیمی به نفع تالاب نبوده و این خود یکی از عوامل موثر بر خشگیدگی تالاب می‌باشد. کاهش بارش معنادار در ایستگاه بن رود نیز تأثیر مستقیمی بر وضعیت تالاب ارژن دارد چون همانگونه که ذکر شد بخش قابل توجهی از آب‌های زیرزمینی ورودی به محدوده ی مطالعاتی دشت ارژن از بن رود منشاء می‌گیرد. با توجه به وضعیت افزایشی دما (اگرچه غیرمعنا دار) در دو ایستگاه مجاور تالاب، و با درنظر گرفتن مجموع این شاخص‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات شاخص‌های اقلیمی به نفع تالاب ارژن نبوده و درصورت ادامه این روند در آینده وضعیت تالاب نیز وخیم تر خواهد بود.

مطالعات دیگر در مناطق خاورمیانه حاکی از روند کاهشی بارندگی در طی یک دهه‌ی اخیر بوده است (Hashemi, 2015; Amarasinghe, 2020). با این وجود محققان معتقدند کماکان نمی‌توان با قاطعیت در مورد تغییر اقلیم در این مناطق صحبت کرد. چرا که چنین روندهای کاهشی و افزایشی همیشه در اقلیم قابل مشاهده است و برای اطمینان از تغییر اقلیم علاوه براینکه نیاز به داده‌های بیشتر در زمان‌های طولانی تر است، می بایست همه ی داده‌ها همدیگر را تایید نمایند (Goldberg et al., 2019). اما همانگونه که نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد روند تغییرات برخی شاخص‌های اقلیمی مشاهده شده اگرچه کاهشی است اما معنی دار نیست. لذا فعلا و با داده‌های موجود با قاطعیت نمی‌توان از تغییر اقلیم این منطقه و تأثیر آن بر تالاب سخن گفت و نیاز به داده‌های بیشتر است. بعبارت دیگر در حالیکه داده‌های ثبت شده از شاخص‌های اقلیمی در منطقه فراتر از ۴۰ سال گذشته نیست، و اطلاع دقیقی از گذشته ی اقلیمی منطقه در دسترس نیست که تصویر روشنی از وقایع اقلیمی و خشکسالی‌ها و ترسالی‌های گذشته ارائه دهد، در حال حاضر نمیتوان با قاطعیت از تغییر اقلیم در منطقه صحبت کرد اما آنچه حداقل از داده‌های ۳۰ سال گذشته عیان است، کاهش بارش و رواناب و در نتیجه ورودی به تالاب ارژن است که در خشکیدگی تالاب در سال‌های اخیر موثر بوده است.

اما در مورد برداشت از آب‌های زیرزمینی موضوع روشن تر است. داده‌های فعلی نشان می‌دهد که برداشت آب زیرزمینی در محدوده ی مطالعاتی و محدوده‌های مجاور که تامین کننده بخشی از آب‌های زیرزمینی منطقه هستند (مثل ورد آب زیرزمینی از منطقه‌ی بن رود زنگنه) در سه دهه گذشته با شتاب زیادی افزایش یافته است و کاهش دائم ارتفاع پیزومترها نیز همین مورد را تایید می کند. درواقع می‌توان بیان نمود که در گذشته سهم چشمه در تخلیه منابع آب زیرزمینی بالا بوده است به‌گونه‌ای که طی دوره ۱۳۸۱ الی ۱۳۹۵ سهم ۵۰ درصدی در تخلیه منابع آب زیرزمینی داشته است که این امر خود در تغذیه تالاب نقش مهمی داشته است. با این حال در سال‌های اخیر به‌دلیل رشد جمعیت و توسعه منطقه، حفر و برداشت از چاه‌ها افزایش داشته است و در نتیجه سهم چاه‌ها در برداشت از آب‌های زیرزمینی روند صعودی داشته است. این امر خود موجب کاهش آبدهی چشمه‌ها و تغذیه تالاب نیز شده است. نکته ی قابل توجه دیگر آن است که در سال‌های اخیر اگرچه تعداد چاه‌های نیمه عمیق افزایش یافته است اما میزان برداشت آن‌ها کاهش یافته و از طرف دیگر افزایش تعداد چاه‌های عمیق و حجم برداشت آن‌ها حکایت از افت زیاد سطح آب‌های زیرزمینی دارد که اطلاعات پیزومترهای بررسی شده نیز این موضوع را تایید می‌نماید. تحقیقات مشابه در خصوص سایر تالاب‌ها در ایران و جهان نیز نشان می‌دهد که عوامل انسانی مثل برداشت از آب‌های زیرزمینی یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب تالاب‌هاست (Galbraith et al., 2005; Maleki et al., 2019) و برای احیاء تالاب‌ها ابتدا می‌بایست این روند را متوقف نمود و سپس با استفاده از مشاغل جایگزین به تدریج از سطوح زیر کشت کاست و همچنین با روش‌های نوین آبیاری، و با ترویج محصولات کم آب‌بر و دارای مزیت نسبی بیشتر، میزان مصرف آب در مزارع کشاورزی را کاهش داد تا بتوان سهم تالاب‌ها را اختصاص داد (Galbraith et al., 2005; Fatorić et al., 2015; Maleki et al., 2019; Zou et al., 2019).

مقایسه میزان رواناب و بیلان فعلی تالاب ارژن با اطلاعات ارائه شده در آخرین گزارش اطلس منابع ایران در سال ۹۰، نشان می‌دهد که براساس مطالعات اطلس منابع آب ایران میزان ذخایر آب سطحی برابر ۱۱۹/۴۰میلیون مترمکعب در سال است که شامل حجم تجدید شونده دریاچه ارژن برابر با ۱۰۸/۴۰ میلیون متر مکعب و ۱۱ میلیون متر مکعب حجم ذخیره بر روی سطح دریاچه است. ولی مقایسه میزان آب ذخیره شده در مخزن دریاچه دشت ارژن در شرایط فعلی (۹۵/۴۹) (شکل ۱۹) و گزارش اطلس منابع آب ایران (۱۰۸/۴۰) نشان از کاهش قابل توجه در طی سال‌های اخیر دارد. همچنین براساس نتایج تحقیق حاضر این روند کاهشی و معنادار است. در خصوص کاهش این ذخایر به نظر می‌رسد هم کاهش بارندگی‌های دو دهه ی اخیر و هم افزایش برداشت از منابع آب سطحی و زیرزمینی در حوضه ی تالاب موثر است. مقایسه میزان رواناب تولیدی فعلی (۱۳/۹۰) و اطلس منابع آب (۱۵/۶۴) نیز نشان از کاهش این مقدار نیز است. روند فعلی برداشت آب توسط چاه‌ها در مقطع حاضر منجر به خشکیدگی چشمه ها شده و مسلما ادامه ای روند سبب کاهش ورودی آب‌های زیرزمینی به تالاب نیز خواهد شد. از طرف دیگر با توجه به تامین بخشی از آب‌های زیرزمینی تالاب از محدوده‌های مطالعاتی مجاور،

قضاوت صحیح و بدست آوردن تصویری روشن‌تر از وضعیت آبخوان دریاچه ارژن نیازمند مطالعات تکمیلی تر است. لذا پیشنهاد می‌گردد برای احیاء تالاب ارژن علاوه بر محدوده‌ی مطالعاتی دشت ارژن، مدیریت مصرف آب در محدوده ی مطالعاتی بن رود نیز مد نظر باشد. باید در نظر داشت که یکی از مهم‌ترین کارکردهای تالاب‌ها این است که تالاب‌ها بدلیل ویژگی‌های خاص خود بعنوان بافر در حوضه‌های آبخیز عمل می‌نمایند. بطوریکه در زمان افزایش بارندگی و رواناب‌ها، آب اضافی حوضه را جذب نموده و از ایجاد سیل و آسیب‌های متعاقب آن جلوگیری می‌نماید. از طرفی در فصل خشک به تدریج آب ذخیره شده را از طریق چشمه و برداشت زیرزمینی تخلیه می نماید (Hayashi et al., 2004). اما متاسفانه برداشت بی رویه از آب‌های زیرزمینی در حاشیه تالاب‌ها سبب ایجاد جریان دائمی از سمت تالاب به منابع آب زیرزمینی گشته که موجب خشکیدگی تالاب‌ها می‌گردد (Hayashi et al., 2004; Maleki *et al*., 2019; Zou *et al*., 2019). البته در مطالعه‌ی حاضر بررسی‌های اولیه برای اطلاع از رابطه‌ی بین آبخوان و آبراهه‌ها نشان داد که در همه‌ی زمان‌ها آبراهه، آبخوان را تغذیه می‌نماید اما این نتایج چندان قطعی نیست و می‌بایست مطالعات دقیق تر با استفاده از روش‌های نوین تر و در همه‌ی آبخوان انجام شود تا بتوان با قطیت در این خصوص قضاوت نمود که بدلیل هزینه‌های زیاد چنین مطالعاتی می‌بایست وزارت نیرو راسا اقدام نماید. اما آنچه از تخلیه چاه‌ها و روند خشک شدن چشمه‌ها و خشکیدگی تالاب در دو دهه‌ی اخیر می‌توان استنباط نمود با نتایج بررسی ارتباط آبراهه و آبخوان تطابق ندارد. با توجه به شیب حوضه و استقرار غالب چاه‌ها در بخش جنوبی و جنوب شرقی تالاب ممکن است چنانچه مطالعات تکمیلی صورت گیرد در سایر جوانب تالاب روند برعکس باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که خشکیدگی تالاب ارژن اگرچه هم تحت تأثیر عوامل اقلیمی و هم عوامل انسانی است اما سهم عوامل انسانی به وضوح شدیدتر است. چون بررسی شاخص‌های اقلیمی نشان می‌دهد که اگرچه روند بارش‌ها کاهشی است و این کاهش مسلما سبب کاهش ورود رواناب به تالاب می‌گردد اما روند در همه ی ایستگاه‌ها معنا دار نیست. اما افزایش تصاعدی برداشت آب زیرزمینی در طی سه ده‌ی گذشته بر خلاف جریان اقلیمی حاکم بر منطقه موجب ایجاد شرایط بحرانی برای تالاب با کاهش ورودی و افزایش خروجی (برداشت) بوده است. با توجه به عدم توانایی منطقه ای در کنترل شرایط اقلیمی، مسلما در برنامه‌های حفاظت و احیا تالاب می‌بایست تمرکز بر کاهش برداشت آب‌های زیرزمینی در جهت کمک به احیا آبخوان‌ها و نهایتا تغذیه تالاب باشد.

سپاس‌گزاری

هزینه‌ی مالی این تحقیق توسط اداره کل حفاظت محیطزیست فارس و دانشگاه شیراز تامین شده است. از کلیه‌ی افرادی که در به نتیجه رسیدن این تحقیق مشارکت نمودند ولی تمایلی به ذکر نامشان نداشتند، تشکر و قدردانی می گردد.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

Alizadeh, A. (2015). Principle of Applied Hydrology. Imam Reza University Press, Mashhad. 7th version. (In Persian)

Amarasinghe, A. G. (2020). Analysis of long-term rainfall trends in sri lanka using chrips estimates. *American Journal of Multidisciplinary Research & Development (AJMRD)*, *2*(11), 34-44.

Aubert, C., Djamali, M., Jones, M., Lahijani, H., Marriner, N., Naderi-Beni, A., ... & Gandouin, E. (2019). A major hydrobiological change in Dasht-e Arjan Wetland (southwestern Iran) during the late glacial–early Holocene transition revealed by subfossil chironomids. *Canadian journal of earth sciences*, *56*(8), 848-856.

Erwin, K. L. (2009). Wetlands and global climate change: the role of wetland restoration in a changing world. *Wetlands Ecology and management*, *17*(1), 71-84.

Farsab Sanat Consulting Engineers (2016). Updating water balance data of Dash-e- Arjan studding area. Iran Water Resources Management Co. 55 p. in Farsi.

Fatorić, S., Morén-Alegret, R., & Kasimis, C. (2014). Exploring climate change effects in Euro-Mediterranean

protected coastal wetlands: The cases of Aiguamolls de l'Empordà, Spain and Kotychi-Strofylia, Greece. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, *21*(4), 346-360.

Fennessy, M. S., Jacobs, A. D., & Kentula, M. E. (2007). An evaluation of rapid methods for assessing the ecological condition of wetlands. *Wetlands*, *27*(3), 543-560.

Galbraith, H., Amerasinghe, P., & Huber-Lee, A. (2005). The effects of agricultural irrigation on wetland ecosystems in developing countries: A literature review.

Goldberg, M. H., van der Linden, S., Maibach, E., & Leiserowitz, A. (2019). Discussing global warming leads to greater acceptance of climate science. Proceedings of the National Academy of Sciences, 116(30), 14804-14805.

Harbor, J. M. (1994). A practical method for estimating the impact of land-use change on surface runoff, groundwater recharge and wetland hydrology. *Journal of the American Planning Association*, *60*(1), 95-108.

Hashemi, H. (2015). Climate change and the future of water management in Iran. Middle East Critique, 24(3), 307-323.

Hayashi, M., Quinton, W. L., Pietroniro, A., & Gibson, J. J. (2004). Hydrologic functions of wetlands in a discontinuous permafrost basin indicated by isotopic and chemical signatures. *Journal of Hydrology*, *296*(1-4), 81-97.

Jensen, M. E. (2010). Estimating evaporation from water surfaces. In *CSU/ARS Evapotranspiration Workshop, Fort Collins, CO* (pp. 1-27).

Jin, X., Yan, D., Wang, H., Zhang, C., Tang, Y., Yang, G., & Wang, L. (2011). Study on integrated calculation of ecological water demand for basin system. *Science China Technological Sciences*, *54*(10), 2638-2648.

Maleki, S., Koupaei, S. S., Soffianian, A., Saatchi, S., Pourmanafi, S., & Rahdari, V. (2019). Human and climate effects on the Hamoun wetlands. *Weather, Climate, and Society*, *11*(3), 609-622.

Mitsch, W. J., Bernal, B., Nahlik, A. M., Mander, Ü., Zhang, L., Anderson, C. J., ... & Brix, H. (2013). Wetlands, carbon, and climate change. Landscape Ecology, 28(4), 583-597.

Rawat, K. S., Singh, S. K., & Szilard, S. (2021). Comparative evaluation of models to estimate direct runoff volume from an agricultural watershed. *Geology, Ecology, and Landscapes*, *5*(2), 94-108.

Sadeghi, M. (2012). Conservation of Arjan lake: a hydrological approach. Master thesis. Shiraz University. 190p. In Farsi.

Sajedipour, S., Zarei, H., & Oryan, S. (2017). Estimation of environmental water requirements via an ecological approach: a case study of Bakhtegan Lake, Iran. *Ecological engineering*, *100*, 246-255.

Salimi, S., Almuktar, S. A., & Scholz, M. (2021). Impact of climate change on wetland ecosystems: A critical review of experimental wetlands. *Journal of Environmental Management*, *286*, 112160.

Tiner, R. W. (1996). Wetland definitions and classifications in the United States. JD Fretwell, JS Williams, and P. J. Redman (compilers) National Water Summary on Wetland Resources. US Geological Survey, Reston, VA, USA. Water-Supply Paper, 2425, 27-34.

Vazirzadeh, A. (2021). The impact of human activities on the diversity of wetland ecosystems in fars province: a look at the way we have traveled and the road ahead. 1st Fars Biodiversity Conference, March 2021, Shiraz University, Iran, 227-237. In Farsi.

Wittmann, F., Householder, E., De Oliveira, A., Lopes, A., Junk, W., & Piedade, M. (2015). Implementation of the Ramsar convention on South American wetlands: an update.

Zou, Y., Wang, L., Xue, Z., Jiang, M., Lu, X., Yang, S., ... & Yu, X. (2018). Impacts of agricultural and reclamation practices on wetlands in the Amur River Basin, Northeastern China. *Wetlands*, *38*(2), 383-389.