Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

Online ISSN: 2345-427X
Print ISSN: 2345-4288

Investigation of the Caspian Sea water level decreasing effects on the Gorgan Bay

Saeed Sharbaty*

Corresponding Author, Lecturer, Dept. of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: s_sharbaty@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 04.18.2022
Revised: 05.12.2022
Accepted: 05.24.2022

Keywords:
Anzan Channel,
Caspian Sea,
Gorgan Bay,
Sea Level Decreasing

ABSTRACT

According to researches, the continuation of the trend of lowering the water level as a new round of oscillating features of the water level in the Caspian Sea is not unexpected. Due to the separation of Gorgan Bay from the Caspian Sea, many irreparable environmental and economic risks will affect micro and macro management in regional and supra-regional dimensions. According to studies, Gorgan Bay is not endangered and the decrease in water level is considered part of the natural behavior of Gorgan Bay against the fluctuation of the Caspian Sea water level. The proposed option is dredging the Ashuradeh canal after the water level reaches minus 27.5 meters. However, according to the results of the current study, declining water levels have caused nutritionalism, destructive ecological substitutions, changes in the structure of biological communities, morphological changes, increased sedimentation, bay drought and increased salinity, damage to ecotourism and marine infrastructure and reduced the depth of inputs in Gorgan Bay. Accordingly, the issue of urgency and crisis in Gorgan Bay is obvious. Therefore, finding a solution that can save Gorgan Bay from the emergencies and crises ahead is inevitable. It is suggested that short-term action be taken to align the Caspian Sea basin countries to determine water rights from rivers and dredge traditional canals to prevent the Gulf from being cut off from the sea. In the long-term action, the construction of a new canal is proposed to increase self-purification and prevent the emergence of degraded ecosystems.

Cite this article: Sharbaty, Saeed. 2023. Investigation of the Caspian Sea water level decreasing effects on the Gorgan Bay. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 11 (4), 1-22.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2022.20126.1648
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

شاپا آنلاین: ۲۳٤٥-٤۲۷X
شاپا چاپی: ۲۳٤٥-٤۲۸۸

بررسی اثرات کاهش سطح آب دریای کاسپی بر خلیج گرگان

سعید شربتی*

نویسنده مسئول، مربی گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
رایانامه: s_sharbaty@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰۱/۲۹
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۱/۰۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰۳/۰۳

واژه‌های کلیدی:
خلیج گرگان،
دریای کاسپی،
کانال انزان،
کاهش سطح آب

چکیده

بر پایه پژوهش‌های انجام شده ادامه روند کاهش سطح آب به‌عنوان دور جدیدی از ویژگی‌های نوسانیِ سطحِ آب در دریای کاسپی دور از انتظار نیست. در اثر جدایی خلیج گرگان از دریای کاسپی، بسیاری از مخاطرات جبران‌ناپذیر زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی متوجه مدیریت خرد و کلان در ابعاد منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای خواهد شد. بر پایه مطالعات انجام شده، خلیج گرگان در معرض خطر قرار نداشته و کاهش سطح آب بخشی از رفتار طبیعی خلیج گرگان در برابر نوسان سطح آب دریای کاسپی تلقی می‌گردد. گزینه پیشنهادی، لایروبی کانال آشوراده پس از رسیدن تراز آب به منفی ۲۷/۵ متر می‌باشد. ولی بر پایه نتایج مطالعه کنونی کاهش سطح آب سبب بروز تغذیه‌گرایی، جانشینی‌های‌بوم‌شناختی مخرب، دگرگونی در ساختار جوامع زیستی، تغیرات مورفولوژیکی، افزایش رسوب‌گذاری، افزایش شوری و خشکی‌زدگی خلیج، خسارت وارده بر اکوتوریسم و زیرساخت‌های درپیوند با خلیج و کاهش عمق کانال‌های ورودی در خلیج گرگان گردیده است. بر این اساس بحث اضطرار و بحران در خلیج گرگان آشکار می‌باشد. بنابراین یافتن راه‌حلی که بتواند خلیج گرگان را از اضطرارها و بحران‌های پیش‌رو رهایی بخشد امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. پیشنهاد می‌گردد در اقدام کوتاه‌مدت نسبت به همسو نمودن کشورهای حوزه دریای کاسپی جهت تعیین حق‌آبه از رودخانه‌ها و لایروبی کانال‌های سنتی برای جلوگیری از قطع ارتباط خلیج از دریا اقدام گردد. در اقدام بلندمدت احداث کانال جدید جهت افزایش خودپالای و جلوگیری از به‌وجود آمدن بوم‌سازگان‌های تخریبی پیشنهاد می‌گردد.

استناد: شربتی، سعید (۱۴۰۱). بررسی اثرات کاهش سطح آب دریای کاسپی بر خلیج گرگان. *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۱ (۴)، ۲۲-۱.

DOI: 10.22069/japu.2022.20126.1648

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

دریای کاسپی که در ایران به اشتباه آن را به نام خزر می‌شناسند (۱ و ۲)، در بخش‌بندی دریاها جزو دریاهای بسته به‌شمار رفته و به‌جا مانده از اقیانوس باستانی تتیس می‌باشد (۳). عدم ارتباط این دریا با دریاهای آزاد سبب می‌گردد تا تراز سطح آب در دوره‌های گوناگون دچار افت و خیز بی‌شمار گردیده و در نتیجه بخش‌های بزرگی از سواحل کم‌ژرفایِ پیرامونِ این دریا هم‌چون خلیج‌ها و تالاب‌ها دچار دگرگونی‌های مورفولوژیکی گردد (٤). خلیج گرگان با قرار گرفتن در منطقه فلات قاره از جمله نواحی در معرض خطر افت و خیز سطح آب دریای کاسپی می‌باشد. از سال ۱۹۷۷ تا سال ۱۹۹۵ میلادی سطح آب به میزان ۲/۵ متر افزایش یافته و سپس از سال ۱۹۹۸ (برابر ۱۳۷۷ خورشیدی) تا به امروز تراز آب در دریای کاسپی درحدود ۲ متر کاهش یافته است.

شوربختانه اهدافِ سندِ چشم‌انداز فعالیت‌های دریایی (مبتنی بر آمایشِ سرزمینی) در حوضه دریایی استان گلستان بر پایه توسعه پایدار نبوده و معضلات ناشی از کاهشِ سطح آب دریای کاسپی را در نظر نگرفته است. در نتیجه در سال‌های اخیر به‌همراه کاهش سطح آب مشکلات زیادی سد راه توسعه پایدار در حوضه دریایی استان گردیده است (۵). بیم آن می‌رود که در نتیجه ادامه روندِ کاهش سطح آب تنها راه ارتباطی خلیج با دریای کاسپی در ناحیه چاپاقلی دچار انسداد گردیده و این موضوع منجر به خشکی‌زدگی خلیج گردد (٦). فرآیند خشکی‌زایی می‌تواند سبب تشکیل بوم‌سازگان‌های مخرب بواسطه شوری‌زایی بر بستر خلیج علی‌رغم شرایط خاکی و اقلیمی مناسب جهت تشکیل اکوسیستم‌های هیرکانی گردد.

پس از سفر هیأت دولت در تابستان ۱۳۹۵ به استان گلستان، مصوب شد تا کارگروه ملی نجات خلیج گرگان تشکیل گردد. وظایف این کارگروه در دو بخش اقدامات کوتاه‌مدت و بلندمدت خلاصه گردید. نتایج مستخرج از مطالعات شرکت مشاور در خصوص اقدام کوتاه مدت بیانگر عدم وجود اضطرار در خلیج بوده و آن‌چه در خلیج و متأثر از کاهش سطح آب در حال وقوع می‌باشد در نتیجه یک فرآیند طبیعی است و بنابراین دخالت انسان در آن موجب به‌وجود آمدن آسیب‌های بی‌شمار در آینده خواهد شد (۷). مطالعات شرکت پیشنهاد می‌کند، در صورتی‌که تراز آب دریای کاسپی در آینده به‌میزان نیم متر کاهش یابد (تراز دریا در سال ۹٦-۱۳۹۵ معادل ۲۷ متر بوده است)، لایروبی کانال آشورآده به‌عنوان گزینه پیشنهادی عملیاتی گردد. نظر به وجود دیدگاه‌های مختلف در کارگروه ملی، تصمیم گرفته شد تا مطالعاتی توسط پژوهشکده ملی اقیانوس‌شناسی و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به جهت تدقیق نتایج شرکت مشاور انجام گردد. پژوهشکده ملی اقیانوس‌شناسی و دانشگاه گرگان نیز با تأیید مطالعات پیشین و عدم توجه به آیندهِ دریای کاسپی، لایروبی کانال آشورآده را جهت بهبود تبادل آب در خلیج تا آخرین تراز ممکن برای ارتباط خلیج با دریا (تا تراز منفی ۲۹ متر) پیشنهاد نموده است (۸).

با نگاه به اهمیت اکولوژیکی خلیج، آن‌چه می‌بایست بیش‌تر از هر چیز مورد توجه واقع گردد، اثرات رفتار کاهشی تراز آب دریای کاسپی بر زندگانی خلیج گرگان و سپس اتخاذ تصمیمات مناسب بر پایه آینده‌نگری به جهت جلوگیری از هدررفت سرمایه کشور و تخریب ناآگاهانه بوم‌سازگان خلیج می‌باشد. بنابراین در پژوهش حاضر اثرات کاهش سطح آب بر خلیج از دیدگاه برخی مسایل علمی، بر پایه مطالعات و پژوهش‌های پیشین مورد توجه واقع گردیده است. نتایج حاصل از این مطالعه بحث وجود اضطرار و بحران را در خلیج نمایان می‌سازد. مطالعه حاضر

تاکید دارد که خلیج گرگان در حال گُذار از محیط دریایی به محیط خشکی بوده و هرگونه اقدام مهندسی در آن می‌بایست بر پایه آینده‌پژوهی انجام گیرد. این پژوهش بیان می‌دارد که لایروبی کانال آشورآده در افزایش شوری و تغذیه‌گرایی خلیج مؤثر بوده و خلیج گرگان دستِ‌کم نیازمند یک کانال اکولوژیکی هم‌چون کانال انزان برای گُذار از وضعیت بحرانی کنونی و آینده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نگاهی اجمالی به موقعیت جغرافیایی خلیج گرگان: خلیج گرگان بخشی از پناه‌گاه حیات وحش میانکاله می‌باشد. این پناه‌گاه از سه محیط دریایِ باز، جزیره سدی میانکاله و خلیج گرگان تشکیل شده است (۹). خلیج با طول کم‌تر از ٦۰ کیلومتر و حداکثر عرض ۱۲ کیلومتر در بخش جنوبی خود با استان‌های مازندران و گلستان و در بخش شمالی نیز توسط زبانه ماسه‌ای میانکاله احاطه گردیده است (شکل ۱).

شکل ۱- موقعیت خلیج گرگان در حوضه جنوب شرق دریای کاسپی (گوگل ارث ۲۰۲۲).

خلیج گرگان تنها خلیج ایران در سواحل جنوبی دریای کاسپی و جزو ۲۲ تالابی است که در کانوانسیون رامسر (۱۹۷۱) به ثبت بین‌المللی رسیده و بنابراین انتصاب نام تالاب میانکاله به آن صحیح نمی‌باشد (۱۰). مساحت خلیج در سال ۱۳۹۰ و در تراز منفی ۲٦/۵ متر نسبت به سطح خلیج‌فارس بیش از ٤٦۰ کیلومترمربع و بیشینه ژرفای آن ۳/۹ متر بوده است (۵). در سال ۱٤۰۱ خورشیدی، خلیج تنها از طریق ناحیه چاپاقلی با دریای کاسپی در ارتباط بوده است.

تغییرات سطح تراز دریای کاسپی در دوران هولوسن و تأثیر آن بر خلیج گرگان: به باور برخی از پژوهش‌گران دگرگونی‌های اقلیمی مهم‌ترین عامل در نوسان سطح آب دریای کاسپی در دوران هولوسن بوده (۱۱) و فرآیندهای زمین‌شناختی در این دوران تأثیر کم‌تری بر نوسان سطح آب داشته است (۱۲). در هولوسن افزایش سطح آب ٦ دوره را در دریای کاسپی و با حداکثر اختلاف ۲۵ متری تجربه نموده است (۱۳). بالا آمدن سطح آب سبب تشکیل تالاب‌های دریایی، سدهای ساحلی و کاهش مساحت دلتاها شده و در مقابل کاهش سطح آب موجب گسترش دلتاها، نابودی تالاب‌های دریایی و ایجاد پادگانه‌های ساحلی گردیده است (۱٤).

بستر امروزین تالاب‌های دریایی استان گلستان از آغاز دوره هولوسن تا سال‌ها پس از به پایان رسیدن امپراطوری ساسانی چندین بار دچار جانشینی بوم‌شناختی شده و با هر بار کاهش سطح آب در دریای کاسپی شاهد حضور بوم‌سازگان‌های جنگلی از نوع درختان برگ‌ریز هم‌چون انجیلی، ممرز، بلوط، راش و لرگ و پوشش گیاهی امروزین جنگل‌های

هیرکانی بوده است (۱۵). خلیج گرگان در هولوسن پایانی و در دو دوره پیش‌روی سطح آب دریا به بیش‌ترین حجم آبی خود رسیده (هم‌زمان با ۲۶۰۰ و ۵۰۰ سال پیش (به ترتیب در ترازهای منفی ۲۲ و ۲٤ متر) و در زمان پسروی دربند (۱۵۰۰ سال پیش و در تراز منفی ۳٤ متر) به کلی دچار خشکی‌زدگی گردیده است (۱٦).

رقومی‌سازی منحنیِ نوسانات تراز آب در دوران هولوسن نشان می‌دهد که در بیش از ٦۵ درصد مواقع امکان تشکیل تالاب دریایی خلیج گرگان در حوضه جنوب شرق دریای کاسپی وجود نداشته و بوم‌سازگان موجود در این منطقه یک تالاب درون‌خشکی متأثر از روان‌آب رودخانه‌های منتهی به آن، به همراه پوشش گیاهی و جنگلی ویژه منطقه هیرکانی بوده است (۱۷).

شواهد ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناسی وجود ۸ فاز رشد را از ابتدای هولوسن تا به امروز برای تکامل سیستم سدی ساحلی میانکاله تأیید می‌نماید که با فرض ثابت بودن انتقال رسوب توسط جریان‌های موازای ساحل در دوران هولوسن (۵۸۰۰۰ مترمکعب در سال)، این سیستم در طی ۱۳۰۷۱ سال برابر ۷۹۰/۹٤٤/٦٦۰ مترمکعب رسوب را در خود ذخیره نموده است (۱۸). با این وجود شرایط شکل‌گیری زبانه ماسه‌ای میانکاله از ۵۰۰ سال پیش و هم‌زمان با دوره یخبندان کوچک[1] آغاز و تا به امروز از سمت غرب به شرق ادامه داشته است (۱۹). فرنود این مبحث این است که، بر پایه شواهد تاریخی به صراحت می‌توان گفت که بستر امروزین خلیج گرگان متأثر از عامل تغییرات تراز دریای کاسپی یک اکوسیستم گذاری بین دو محیط دریا و خشکی از آغاز دوران هولوسن تا به امروز بوده است (۵).

تغییرات مورفولوژی خلیج گرگان در دوران امروزین به سبب نوسان سطح آب: خلیج گرگان تماماً در منطقه فلات قاره واقع گردیده و از این نظر دارای شیب بسیار ملایمی می‌باشد به گونه‌ای که کم‌ترین تغییر در تراز آب دریای کاسپی سبب به‌وجود آمدن بیش‌ترین تغییرات مورفولوژیکی در سواحل آن از طریق غرقاب شدن و یا خشک شدن سواحل و جابجایی خط ساحلی آن می‌گردد (۲۰). بررسی تصاویر هوایی در سال‌های ۱۳۳٤ الی ۱۳۸٤ و تصاویر ماهواره‌ای در سال‌های (۱۹۵۵ الی ۲۰۲۱) و بررسی لایه‌های مختلف گوگل ارث (از ۱۹۸٤ الی ۲۰۲۲) در خلیج، بیان می‌دارد که نواحی کم‌ژرفا کرانه‌های ساحلی در طی سال‌های گذشته متأثر از افت و خیز سطح دریای کاسپی دایماً از آب پر و خالی شده است (۲۱). ولی روند رو به کاهش این نوسانات در سال‌های اخیر منجر به خشک شدن بخش شایمندی از نواحی کم‌عمق ساحلی گردیده است (۲۲). با کاهش ۱۵۰ سانتی‌متری سطح تراز دریای کاسپی طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹ میلادی، وسعت خلیج از ۵۷۰ به ۳۹٤ کیلومترمربع رسیده و به میزان ۱۷٦ کیلومترمربع کاهش یافته و عمق بستر در راستای شرق به غرب به شدت کاسته شده است. هم‌چنین مساحت زیستگاه‌های تالابی، پوشش گیاهی جنگلی و خاکریز ماسه‌ای با افت سطح تراز آب دریا دچار کاهش شده و در عوض به وسعت زیستگاه‌های مارش لب شور، شور، پهنه‌های گلی و پیتزارها افزوده شده است (۲۳). همسان چنین فرآیندی پیش‌تر در خلیج حسن‌قلی روی داده و امروز بقایای خلیج حسن‌قلی مبدل به یک شوره‌زار گردیده است (۲٤). زمانی آشورآده امروزی مرکب از سه جزیره کوچک‌تر بوده است ولی این جزایر به‌دلیل شیب ملایم و ارتفاع کم در پاسخ به کاهش سطح آب دریای کاسپی به یکدیگر متصل گردیده به‌گونه‌ای که خلیج در سال ۱۳۵٦ ارتباطی با دریای مادری نداشته و مساحت آن ۲۹۰ کیلومترمربع بوده است (۲٤). پس از سال ۱۹۷۷

1- Little Ice Age

و با بالا آمدن سطح آب دریا، بخش خشکی‌زده غربی خلیج گرگان مجدداً شکل می‌گیرد (١٤). با آغاز دور جدید کاهش سطح آب در خلال ۲۰ سال گذشته، بخش غربی خلیج با وسعتی بالغ بر ۹۰ کیلومتر مربع تبدیل به شوره‌زار گردیده است (۲۵). نتیجه این بخش از مطالعه این است که، افزایش و کاهش سطح آب در دوران معاصر سبب تشکیل و نابودی بوم‌سازگان‌های کوچک در مجاورت سواحل کم‌عمق خلیج گرگان و شبه‌جزیره میانکاله گردیده است.

بررسی آینده تراز دریای کاسپی متأثر از تغییرات هیدروکیلیماتولوژی: تا پیش از سال ۲۰۰۰ میلادی بیش‌تر پیش‌بینی‌های انجام شده درخصوص آینده تراز آب در دریای کاسپی بیانگر افزایش سطح آب و یا عدم تغییرات آن برای ۵۰ سال آینده (تا سال ۲۰۵۰ میلادی) بوده است (٢٦). پس از توسعه مدل‌های اقلیمی و به‌کارگیری آن توسط پژوهش‌گران تحت سناریوهای مختلف هیات بین‌الدُول تغییر اقلیم (IPCC)، نتایج پیش‌بینی‌های تراز آب در دریای کاسپی، بیانگر کاهش سطح آب این دریا در یک صد سال آینده می‌باشد. از سال ۲۰۰۲ میلادی تاکنون ۵۳ مدل تحت ۲۳ سناریو از گزارش‌های مختلف برای پیش‌بینی تراز آب در دریای کاسپی به‌کار گرفته شده است. از میان ۵۳ مدل اقلیمی، نتایج ۵ مدل تحت ١٤ سناریو به‌دلیل خطاهای وارده به شیوه‌های مدل‌سازی مردود اعلام گردیده‌اند، چراکه توان پیش‌بینی کاهش سطح آب را از سال ۲۰۰۰ میلادی تا کنون نداشته‌اند. هم‌چنین نتایج ۲ مدل نیز به دلیل عدم توانایی در مدل‌سازی دوره تاریخی مردود اعلام گردیده است. از ٤٦ مدل باقی مانده تحت ۱۳ سناریو مختلف، کاهشِ تراز آب دریای کاسپی را تا سال ۲۱۰۰ میلادی بیان می‌دارند. به بیان صریح ٩٦ درصد مدل‌سازی‌های اقلیمی بر روی دریای کاسپی و حوزه آبخیز آن بیانگر کاهش سطح آب دریای کاسپی می‌باشد. هم‌چنین مقادیر کاهش سطح آب تحت سناریوهای خوش‌بینانه و بدبینانه در مدل‌های گزارشِ ٦ هیأت بین‌المللی تغییراقلیم به ترتیب ۲۰ متر و ۳۰ متر می‌باشد (۲۷). لازم به ذکر است که کاهش سطح آب در دریای کاسپی در نتیجه تغییرات اقلیمی و در پی آن کاهش ورودی رودخانه‌ها به دریا و افزایش تبخیر از سطح دریا می‌باشد (۲۸). نتیجه این بخش از مطالعه بیانگر ادامه کاهش تراز سطح آب دریای کاسپی متأثر از دگرگونی‌های اقلیمی کره زمین و کاهش منابع آبی ورودی رودخانه‌ها به دریا می‌باشد.

اثرات توأمان کاهش سطح آب و فرایند رسوب‌گذاری بر خلیج گرگان: نه‌تنها نوسان سطح آب در تغییرات عمق خلیج و نواحی ارتباطی آن با دریای کاسپی و کانال‌های ورودی مؤثر می‌باشد، بلکه رسوب‌گذاری نیز نقش مهمی را در کاهش عمق خلیج بازی می‌نماید (٦). خلیج به‌عنوان یک حوضه رسوبی نیمه بسته از ظرفیت بالا برای به‌دام انداختن رسوبات برخوردار بوده و غالب رسوبات ورودی به خلیج به‌صورت لایه‌های رسوبی در بخش‌های مرکزی و غربی آن نهشته می‌گردد (۲۹). دریا و رودخانه‌ها منبع تامین رسوبات بوده که به دلیل رژیم هیدرودینامیک ضعیف خلیج، این رسوبات در درون این حوضه ترسیب و سبب کاهش عمق در درازمدت می‌گردند. برداشت غیراصولی از منابع شن و ماسه رودخانه‌های حوزه آبخیز خلیج (در مجموع ۳/۵ میلیون تن در سال) سبب افزایش رسوب و درنهایت بالا آمدن سطح سواحل و برهم‌زدن شکل مورفولوژیکی سواحل جنوبی خلیج گردیده است. تا پیش از سال ۱۳۹۰ خلیج از طریق کانال خزینی نیز با دریای مادری در ارتباط بوده است، ولی با کاهش تراز سطح آب و افزایش رسوب‌گذاری در بخش شمالی، کانال خزینی به کلی مسدود گردیده و نیازمند بازگشایی از طریق لایروبی می‌باشد (۳۰). میزان رسوب‌گذاری در بخش

درونی خلیج با استفاده از رادیو ایزوتوپ صرب ۲۱۰ و سزیم ۱۳۷ به‌ترتیب برابر ۱/٤ و ۲/٤٥ میلی‌متر در سال می‌باشد که این مقادیر نمی‌تواند در تغییر مورفولوژی خلیج مؤثر باشد (۳۱). نحوه انتقال رسوب غالب از سمت غرب به شرق در سواحل شمالی شبه‌جزیره میانکاله و در اثر جریان‌های موازی با ساحل می‌باشد (۹). سواحل میانکاله از نوع سواحل پراکنشی بوده و منطقه غربی منبع رسوبات و منطقه شرقی آن مقصد رسوبات می‌باشد (۳۲). وانگهی جبهه انتقال رسوب شمالی–جنوبی در امتداد تالاب گمیشان را که سبب انباشت رسوبات گرگان‌رود و اترک در ناحیه چاپاقلی می‌گردد نباید از نظر دور داشت (۳۳). در صورتی‌که تراز آب در چند دهه هم‌چون ابتدای دهه ۵۰ خورشیدی ثابت باقی بماند به سهولت خلیج توسط زبانه ماسه‌ای میانکاله بسته خواهد شد. سرعت پایین جریان آب در دهانه ورودی خلیج سبب نشست بیش‌تر رسوبات معلق در این محدوده در سال‌های کاهش تراز سطح آب می‌گردد. محاسبه نرخ رسوبگذاری با استفاده از تله‌های رسوب‌گیر در حد فاصل بین آشوراده و بندرترکمن نشان داد که میانگین نرخ رسوب‌گذاری در این نواحی در حدود ۱/٤۳ سانتی‌متر بر سال است (۳٤). نتیجه آن‌که دهانه ورودی خلیج در معرض دو جبهه انتقال رسوب و هم‌چنین آورد رسوبی گرگانرود قرار دارد و با توجه به روند کاهش تراز سطح آب، لایروبی در این منطقه از بهره‌بری اکولوژیکی، اقتصادی و مهندسی برخوردار نمی‌باشد.

کاهش سطح آب و اثرات آن بر زیرساخت‌های خلیج گرگان: موقعیت زمین‌سیاسی خلیج گرگان سبب گردیده است تا تصمیم‌سازان کشور نسبت به ساخت سه بندر مهم گز و ترکمن در سال ۱۳۷٤ و خوجه‌نفس در سال ۱۳۸۵ اقدام نمایند (۳۵). با نگاهی اجمالی به تصاویر گوگل ارث از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۲ می‌توان دریافت که کاهش سطح آب و میزان رسوب‌گذاری توانسته است بنادر مذکور را دچار خشکی‌زدگی مفرط نماید. سواحل جنوبی خلیج به‌دلیل مناظر طبیعی و قرارگیری در شاه‌راه غرب به شرق، از درون‌داشت بالایی برای گسترش گردشگری برخوردار می‌باشد (۷). ولی با کاهش سطح آب و فاصله گرفتن زیرساخت‌های گردشگری از خط ساحلی، ترمیم و بازسازی این زیرساخت‌ها هزینه بسیاری را برای کشور در بر خواهد داشت. از دیگر سو کاهش سطح آب سبب انسداد کانال‌های ارتباطی خلیج با دریا شده و این موضوع بروز مشکلات متعدد برای صیادان محلی، اقدامات لوجستیکی اداره امور ماهیان خاویاری و یگان حفاظت از دریا شده است. علی‌رغم این‌که خلیج در دهه ۸۰ از درون‌داشت مناسبی برای پرورش ماهیان در محیط محصور برخوردار بوده است (۳٦)، ولی با شروع تغذیه‌گرایی ناشی از کاهش سطح آب بسیاری از ویژگی‌های زیستی و غیرزیستی خلیج برهم خورده و بنابراین برنامه‌های آبزی‌پروری که برای گسترش اقتصاد منطقه پی‌ریزی شده است نیازمند بازنگری زیرساختی می‌باشد. کاهش سطح آب سبب تردید در اجرای برنامه گردشگری در آشوراده گردیده است. با کاهش سطح آب و بیرون آمدن زمین‌هایِ زراعی، بخش شایمندی از این اراضی توسط زمین‌خواران به تصرف غیرقانونی درآمده و قانون اراضی مستحدث ساحلی با چالش مواجه گردیده است. نتیجه این بخش از مطالعه بیان می‌دارد که، کاهش تراز سطح آب در خلیج گرگان سبب وارد آمدن صدمات جدی به زیرساخت‌های بنادر و دریانوردی، آب‌زی‌پروری و گردشگری می‌گردد، بنابراین بازنگری درخصوص تمامی طرح‌های وابسته به دریا و با توجه به آینده‌نگری امری مبرهن می‌باشد.

کاهش سطح آب و آغاز مراحل جانشینی بوم‌شناختی در خلیج گرگان: ویژگی‌های ادافیک رسوبات خلیج گرگان از درون‌داشت خوبی برای تشکیل جوامع گیاهی خشکی‌زی بر روی بستر خلیج در مواقع خشکی‌زدگی برخوردار می‌باشد. میانگین مواد آلی در رسوبات خلیج برابر ٤/٤٥ درصد می‌باشد (۳۷). کاهش سطح آب از جمله عوامل مهمی است که ماهیت وجودی خلیج را تهدید نموده و موجب تسهیل در روند جانشینی بوم‌شناختی در آن می‌گردد (٦). خلیج‌هایی با ویژگی‌های خلیج گرگان در پایان مرحله جوانی تا ابتدای بلوغ قرار دارند (۳۸). با کاهش سطح آب و افزایش رسوب‌گذاری به‌ویژه در کرانه‌های کم ژرفا، ابتدا سواحل خلیج تبدیل به مرداب و سپس با پر شدن مرداب از رسوبات آلی و معدنی به باتلاق مبدل گردیده و رفته رفته باتلاق‌ها خشک می‌شوند. با پیشرفت مرحله بلوغ در خلیج، سواحل صاف و خشکی‌های جدید با گونه‌های جانوری و گیاهی خشکی‌زی پدید خواهد آمد. این فرآیند تحت عنوان فرآیند جانشینی بوم‌شناختی شناخته می‌گردد (۳۹). همانند چنین فرآیندی پیش‌تر در خلیج حسن‌قلی و تالاب گمیشان روی داده و در حال حاضر می‌توان در ناحیه چاپقلی، بخش غربی و سواحل جنوبی خلیج جانشینی بوم‌شناختی را مشاهده نموده و مساحت شایمندی از این بوم‌سازگان که پیش‌تر از آب دریا پر بوده است تبدیل به مناطقی خشک و شوره‌زار و با پوشش گیاهان شورزی شده است. حضور پیش‌گامانی هم‌چون سالیکورنیا، سازیر و درختچه گز بر روی بستر خشکی‌زده خلیج و در پی آن حضور حشرات، پرندگان و دیگر گونه‌های جدید جانوری خشکی‌زی شاهدی بر وقوع مراحل جانشینی در خلیج می‌باشد. یکی از نشانه‌های جانشینی بوم‌شناختی وجود گیاه روپیا مریتیما (*Ruppia maritima*) با تراکم بالا در خلیج می‌باشد (٤۰). نتیجه این بخش از مطالعه بیان می‌دارد که، کاهش سطح آب سبب خشکی‌زایی و کاهش تعویض آب در خلیج شده و این موضوع سبب افزایش مواد مغذی و وقوع فرآیند خوراک‌وری در خلیج می‌گردد. خلیج جهت جلوگیری از بیش‌غذایی دست به همئوستازی و خودتنظیمی زده و حضور گیاه روپیا مریتیما در خلیج که مصرف‌کننده عمده مواد مغذی می‌باشد، گواهی بر افزایش مواد مغذی و ورود خلیج به مرحله جانشینی بوم‌شناختی و تبدیل غریب‌الوقوع آن به محیط خشکی می‌باشد.

کاهش سطح آب و تأثیر آن بر رژیم هیدرودینامیک خلیج گرگان: به‌طورکلی نحوه تبادل آب در خلیج گرگان به گونه‌ای است که آب در فصل بهار و تابستان از سمت دریا به خلیج وارد شده و سبب افزایش حجم خلیج گردیده و در فصل پاییز و زمستان نیز از خلیج به دریا وارد شده و سبب کاهش حجم خلیج می‌گردد. همانند چنین فرایندی در تمامی تالاب‌های دریای کاسپی هم‌چون تالاب انزلی قابل‌مشاهده می‌باشد (٤۱). نظر به ارتباط اندک خلیج با دریا، امواج شکل گرفته در حوضه درون خلیج مستقل از امواج دریای کاسپی بوده و متأثر از الگوی وزش باد، ارتفاع آن در مواقع طوفانی به ندرت به نیم متر می‌رسد. مادامی‌که خلیج با دریای مادری در ارتباط باشد، نوسان سطح آب در آن تابع تراز سطح آب در دریای کاسپی بوده و نوسانات ایجاد شده در درون آن به الگوی وزش باد حاکم بر آن بستگی دارد. هم‌چنین مادامی‌که خلیج با دریای کاسپی در ارتباط باشد الگوی عمومی جریان در تمامی ترازهای سطح آب به‌صورت پادساعت‌گرد می‌باشد (٤۲). ولی پس از جدایی خلیج از دریای مادری و تشکیل تلاب درون‌خشکی بر روی بستر خلیج این رژیم کاملاً به الگوی وزش بادهای غالب مرتبط خواهد شد (٤۳). با کاهش سطح آب میزان تعویض آب در خلیج به‌شدت

کاهش خواهد یافت. زمان تعویض آب از جمله فرآیندهای فیزیکی مهم تأثیرگذار بر تولیدات زیستی و میزان کیفیت آب بوده و از آن به عنوان شاخصی جهت ارزیابی سلامتی و میزان آسیب‌های وارده به محیط‌های آبی استفاده می‌گردد (٤٤). نتایج مدل‌سازی‌ها در تراز منفی ٢٦/٥ متر نشان داده است که بازگشایی کانال خزینی می‌تواند زمان تعویض آب را تا ١٣ روز کاهش داده و درصورت عدم بازگشایی کانال خزینی زمان تعویض کل در خلیج معادل ٥٤ روز می‌باشد (٤٥). هم‌اکنون با توجه به ارتباط اندک خلیج با دریای مادری در ناحیه چاپاقلی میزان تعویض به بیش از ١٥٠ روز افزایش یافته است (٤٦). نتیجه این بخش از مطالعه بیان می‌دارد که، کاهش سطح آب در خلیج سبب تضعیف رژیم هیدرودینامیک و کاهش میزان تعویض آب شده و این موضوع سبب ایجاد شرایط نامطلوب برای سلامتی این بوم‌سازگان در آینده خواهد شد.

بررسی ارتباط کاهش سطح آب و آغاز فرآیند تغذیه‌گرایی در خلیج گرگان: فرآیند تغذیه‌گرایی سبب شکوفایی زی‌شناوران‌گیاهی سمی و به وجود آمدن شرایط هیپوکسی و دگرگونی در تنوع زیستی و شبکه غذایی خلیج گرگان می‌گردد. بررسی عوامل فیزیکوشیمیایی خلیج (تراز ٢٥/٥ متر) در سال ١٣٨٠ نشان داده است که خلیج در ١٢/٥ درصد بخش‌ها بیش‌مغذی، ٤٢/٥ درصد مغذی، ٢٨ درصد بینابینی و ١٧ درصد کم‌مغذی بوده است (٤٧). خلیج از نظر آلودگی به مواد مغذی و کروفیل آ در رده آب‌های غیرآلوده (مزوتروف) و شرایط غیربحرانی قرار دارد (٣١). بر پایه میانگین فسفر کل (مجموع فسفر آلی و معدنی در حدود ١٧١ میکروگرم بر لیتر بوده است)، خلیج در شرایط هایپرتروف در تراز ٢٦/٢١ متر تقسیم‌بندی شده است (٤٨). بر پایه روش OECD و با توجه به میانگین میزان کلروفیل آ (در سال ١٣٩١) که بیش از ٢٥ میکروگرم در لیتر می‌باشد، می‌توان خلیج را جزو مناطق یوتروف و سواحل استان گلستان با میانگین ١/٩ میکروگرم بر لیتر نیز جزو مناطق الیگوتروف دسته‌بندی نمود (٤٩). اکوسیستم خلیج (در تراز ٢٦/٨٩ متر) دارای شرایط بیش‌مغذی- مغذی با غالبیت شرایط بیش‌مغذی بوده است (٥٠). سطح تروفیکی خلیج در سال ١٣٩٥ (در تراز ٢٦/٩٧ متر) با توجه به میانگین سالانه فسفر کل و نیتروژن معدنی به ترتیب در وضعیت یوتروف و مزوتروف متمایل به یوتروف ارزیابی گردید. هم‌چنین بر اساس تقسیم‌بندی OECD، خلیج در گروه آب‌های یوتروف قرار گرفت (٥١). ارزیابی آلودگی آلی خلیج با استفاده از شاخص جلبکی پالمر در خلال سال‌های ٩٨-١٣٩٧ نشان داده است که خلیج در طول سال در شرایط یوتروفیک قرار دارد و کیفیت آب خلیج در سطح بحرانی قرار دارد (٥٢). بی‌شک افزایش تغذیه‌گرایی در خلیج گرگان محصول کاهش سطح آب در این پیکره آبی در دو دهه گذشته و تعویض نامناسب آب در آن می‌باشد. نتیجه این بخش از مطالعه بیان می‌دارد که، کاهش سطح آب سبب کاهش حجم آب شده و این موضوع سبب کاهش میزان خودپالایی آب در خلیج می‌گردد که به نوبه خود بر میزان تغذیه‌گرایی و ایجاد هایپرتروفی اثر مستقیم خواهد گذاشت.

بررسی کاهش سطح آب بر افزایش شوری و مواد مغذی در خلیج گرگان: با توجه به اقلیم مدیترانه‌ای حاکم بر خلیج، با حرکت از غرب به شرق، میزان شوری و بارش کاهش یافته و میزان تبخیر افزایش می‌یابد (٥٣). شکل هندسی خلیج و موقعیت قرارگیری دهانه ورودی خلیج در منتهی‌الیه بخش شمال شرقی و هم‌چنین الگوی وزش باد غالب سبب می‌گردد تا خلیج در ترازهای پایین سطح آب، از کم‌ترین میزان تعویض برخوردار باشد. این موضوع نه تنها سبب افزایش مواد مغذی بلکه سبب افزایش

شوری در خلیج می‌گردد (٤۳). شیمی آب خلیج متأثر از شیمی آب دریای کاسپی قرار داشته و سهم رودخانه‌ها و رسوبات بستر در شیمی آب خلیج ناچیز می‌باشد و تنها در مواقع سیلابی می‌توان انتظار کاهش شوری را در خلیج داشت (٥٤). بررسی داده‌های میدانی در ۲۰ سال گذشته ارتباط مستقیم افزایش شوری با کاهش تراز سطح آب را اثبات می‌نماید (٤۸، ٥۳ و ٥٥). درصورتی‌که خلیج با میانگین شوری ۲۰ گرم بر لیتر و در تراز ۲۸/٥ متر با دریای مادری قطع ارتباط نماید، میزان شوری برجا مانده بر روی بقایای خشکی‌زده خلیج بالغ بر ۳ میلیون تن خواهد بود. چنین وضعیتی شوره‌زاری را تشکیل خواهد داد که هم‌گام با خشکی‌زایی ناشی از کاهش سطح آب با حرکت از مناطق کم‌ژرفای خلیج به‌سمت مناطق ژرف آن بر میزان نمک سطحی خاک افزوده خواهد شد. نکته قابل‌توجه آن است که میزان شوری در خلیج گرگان حتی پس از لایروبی کانال آشوراده نیز افزایش چشمگیری داشته و کانال مذکور به‌دلیل تامین آب از دریا و عدم تعویض مناسب آب در خلیج، در حکم یک منبع مهارناشدنی شوری برای خلیج گرگان عمل خواهد کرد و تخمین زده می‌شود که میزان شوری در پایان سال ۱٤۰۲ خورشیدی به عدد ۳۲/٥ گرم بر لیتر افزایش یابد.

پیش‌تر رودخانه‌ها منبع تامین مواد مغذی در خلیج معرفی شده است (٤۷). میزان نیترات و فسفات با حرکت از سمتِ غربِ سواحل ایرانی به سمت شرق افزایش یافته و در نهایت میزان مواد مغذی در منتهی‌الیه بخش جنوب شرقی به شرایط یوتروفی رسیده و به خلیج وارد می‌گردند (٥٦). با مقایسه مواد مغذی اندازه‌گیری شده در رودخانه‌های باغو و قره‌سو و هم‌چنین آخرین اندازه‌گیری مواد مغذی ورودی به خلیج در سال ۱۳۹۹ که توسط پژوهشکده ملی اقیانوس‌شناسی انجام شده است، روزانه ۱۲۸۰ کیلوگرم ترکیبات نیتروژن‌دار و ۲٤ کیلوگرم ترکیبات فسفردار وارد خلیج می‌شود که به ترتیب ۱۱/۲ و ۱۲ برابرِ مجموعِ ۱۳ رودخانه ورودی به خلیج در افزایش بار مواد مغذی مؤثر می‌باشند. نتیجه این بخش از مطالعه بیان می‌دارد که، با کاهش سطح آب و کاهش میزان تعویض در خلیج، شوری آب و مواد مغذی نیز رفته‌رفته در خلیج افزایش خواهد یافت.

بررسی تأثیر کاهش سطح آب بر فون و فلور خلیج گرگان: خلیج گرگان و کرانه‌های ساحلی آن دارای دو گروه گیاهان آبزی حاشیه‌ای و شناور با مجموع ۲۰ گونه می‌باشد. در حوزه خشکی خلیج بیش از ۳٤۰ گونه گیاهی وجود دارد. در دو دهه گذشته هم‌گام با پس‌روی دریا، خلیج شاهد حضور گیاهان پیشگام شورپسند بومی منطقه هم‌چون سالیکورنیا، درختچه گز، سازو، نی و لویی در خلال مراحل جانشینی بوم‌شناختی بوده است.

پیش‌تر خلیج دارای ۳۲ گونه ماهی بوده است که این ماهیان به ۱۱ خانواده و ۲٥ جنس تعلق داشته‌اند (٥۷). با گذشت کم‌تر از دو دهه تعداد گونه‌های ماهیان خلیج ۱٥ گونه اعلام شد که این موضوع بیانگر کاهش ضریب تغییرات ٥۰ درصدی گونه‌ها نسبت به دهه ۷۰ خورشیدی می‌باشد (٥۸). مقایسه گونه‌ای ماهیان در خلیج در دو دهه ۷۰ و ۹۰ بیانگر وجود ۲۰ گونه بوده است و نتایج بیانگر کاهش ضریب تغییرات ۳۱ درصدی گونه‌ها در خلال دو دهه گذشته می‌باشد (٥۹).

در سال ۱۳٦۸ بیوماس کف‌زیان خلیج بین ۱/۸ تا ۳۷/۱٤ گرم بر مترمربع اعلام گردید (٦۰). بررسی فصلی بزرگ‌کفزیان خلیج در سال‌های ۸٤-۱۳۸۳ بیانگر وجود ۲۰ گونه و یک خانواده بوده است (٦۱). بررسی بزرگ‌کفزیان خلیج در دوره یک ساله ۸٤-۱۳۸۳، بیانگر وجود ۷ گروه با میانگین بیوماس ۲۹/۷٥ گرم بر مترمربع بوده است (٦۲). خلیج در سال

۱۳۸۷ دارای ۱۱ خانواده از کف‌زیان متعلق به ۳ شاخه بوده است (٤٨). ماکروبنتوزهای خلیج در سال ۱۳۸۸ دارای ۹ تاکسون و ۱۳ خانواده با میانگین تراکم سالانه ۱۰۷٤/۸ بر مترمربع و میانگین بیوماس سالانه ۱۱/۸۵ گرم بر مترمربع بوده است (٦٣). ماکروبنتوزهای خلیج در تابستان ۱۳۸۹ بیانگر وجود ۵ رده، ۸ خانواده و ۸ گونه با تراکم بین ٥١٠٠-٤٦٦/٦٦ عدد بر مترمربع بوده است (۳۷). نمونه‌برداری فصلی ماکروبنتوزهای خلیج در سال ۱۳۹۱ بیانگر وجود ١٤ گونه با تراکم سالانه ٤١٤٥ (عمق ۱-۰ متر)، ٤٤٥٢ (عمق ۲-۱ متر)، ٥٢٤٣ (عمق ۳-۲ متر) و ٤٩٥٠ (عمق ٤-۳ متر) عدد بر مترمربع بوده است (٦٤). در سال ١٣٩٤، ٦ خانواده از کفزیان شناسایی گردید (٥٠). بررسی کفزیان خلیج در سال ۹۵-۱۳۹٤ بیانگر وجود ۱۱ جنس (با میانگین فراوانی و بیوماس سالانه به ترتیب ۲۵۲۰۰ عدد بر مترمربع و ۷٦٥/۲۳ گرم بر مترمربع) و ۱۰ خانواده از ۳ شاخه بوده است (٦٥).

در سال ١٣٦٨ تعداد ۸ جنس زئوپلانکتون با تراکم ۷۱۰۰۰ عدد بر مترمکعب در خلیج شناسایی شد (٦٠). در دوره یک ساله (٧٤-١٣٧٣)، ۳۰ گونه از زئوپلانکتون‌های خلیج متعلق به ۵ شاخه و با تراکم ۲۰۸۹۷ بر لیتر و زیتوده ۵۳/٦۹ میلی‌گرم بر مترمکعب شناسایی گردیدند (٦٦). بررسی خلیج در سال ۱۳۸۷، ۵ شاخه زئوپلانکتون با مجموع زیتوده ۸۸۳/۸۳ میلی‌گرم بر مترمکعب با میانگین تراکم سالانه ۸/٤ میلیون بر مترمکعب شناسایی گردید (٤٨). پس از گذشت دو دهه میانگین وزنی کل بیوماس و تعداد زئوپلانکتون‌های خلیج به‌ترتیب معادل ۸۸٦/۰٤ میلی‌گرم بر لیتر و ۹/٤۰۰/۱۲٤ و ۸۰ عدد در مترمکعب افزایش یافته است (٦٧). در سال ١٣٩٦ زئوپلانکتون‌های متعلق به ١٦ جنس از ۵ گروه در خلیج شناسایی گردید (٦٨).

در سال ١٣٦٨ تعداد ١٦ جنس فیتوپلانکتون با تراکم ۱۲۹۱۵۰۰۰ بر مترمکعب در خلیج شناسایی شد (٦٠). در سال ۱۳۸۷، تعداد ٤٧ جنس فیتوپلانکتون متعلق به ۵ شاخه با مجموع زیتوده ۲۰۸۹ میلی‌گرم بر مترمکعب شناسایی گردید (٤٨). ۳۵ جنس فیتوپلانکتون شناسایی شده در سال ۱۳۸۹، دارای میانگین بیوماس سالانه ۲۷۰۷/٤ میلی‌گرم بر مترمکعب و میانگین فراوانی سالانه ۱۹٤/۹۰۰/۰۰۰ بر مترمکعب بوده است (٦٩). بررسی فیتوپلانکتون‌های خلیج در سال ۱۳۹۱ بیانگر وجود ٤٥ گونه متعلق به ۵ شاخه بوده است (٤٩). در سال‌های ۹۸-۱۳۹۷، ٤۰ جنس فیتوپلانکتون متعلق به ٦ شاخه شناسایی گردید (٥٢).

بررسی کف‌زیان خلیج از دهه ۸۰ تاکنون بیانگر وضعیت نامناسب کیفی و ارتباط آن با کاهش سطح آب می‌باشد. شرایط یوتروف- هایپرتروفی منتج از کاهش سطح آب در خلیج موجب کاهش شدید تراکم و تنوع جمعیت بزرگ‌بی‌مهرگان کفزی مستقر در این اکوسیستم، در طول سالیان اخیر گردیده است (٥٠). پژوهش‌ها بیانگر افزایش جمعیت زئوپلانکتون‌های خلیج ناشی از تغییر در خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب منتج از کاهش سطح آب می‌باشد. هم‌چنین بررسی تنوع زیستی فیتوپلانکتون‌های خلیج بیانگر کم‌تنوع بودن آن است. کاهش سطوح غذایی به سه سطح و کاهش تعداد موجودات غالب در هر سطح غذایی در خلیج دلیلی بر کاهش تنوع و پویایی خلیج در مقایسه با سال‌های افزایش تراز سطح می‌باشد (٥٠).

بررسی تأثیر کاهش سطح آب بر وضعیت آلودگی خلیج گرگان: اندازه‌گیری‌ها نشان داده است که آب، لایه رسوبات سطحی و نیمه ژرف و حتی بافت برخی از ماهیان، گیاهان آبزی و پرندگان بومی خلیج گرگان به فلزات سنگین و هیدروکربن‌های نفتی آلوده نبوده و میزان این آلودگی‌ها کم‌تر از مقادیر پیشنهادی FAO و

WHO بوده و این بوم‌سازگان بر پایه شاخص‌های جهانی سالم می‌باشد (۳۱، ۳۷، ۷۰، ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۷٤، ۷۵، ۷٦، ۷۷ و ۷۸). نتایج پژوهش عدم آلودگی رودخانه قره‌سو و خلیج را به فلزات سنگین نشان داده است (۷۹). میزان باقی‌مانده آفت‌کش دیازینون در رودخانه قره‌سو در فصل بهار و تابستان بیش از حد استاندارد بوده ولی میزان آزینفوس‌متیل در فصل تابستان بیش از مقدار مجاز می‌باشد (۸۰). ارزیابی پراکنش آلودگی میکروپلاستیک در رسوبات، ماهیان و کفزیان خلیج نشان داده است که طبق استانداردهای بین‌المللی در آستانه تحمل زیستگاه تا محدوده خطر قرار دارد (۸۱). ارزیابی پتانسیل آلایندگی با استفاده از مدل SWOT بیانگر قرارگیری خلیج در محدوده راهبردهای تدافعی می‌باشد و مهم‌ترین عوامل فشار نیز بسته بودن کانال‌های اصلی، ورود آلاینده‌های مختلف به آن و فیزیوگرافی ضعیف خلیج تعیین شدند (۸۲).

نتیجه این بخش از مطالعه بیان می‌دارد که آب، رسوبات سطحی و ژرف، بافت ماهیان، بافت گیاهان آبزی و بافت پرندگان بومی خلیج گرگان تا سال ۱۳۹۹ خورشیدی در معرض آلودگی مورد بررسی قرار نداشته و این تالاب به‌عنوان پالایشگر آلاینده‌های ورودی به خوبی توانسته است از عهده وظایف خود بر آید. هم‌چنین تاکنون هیچ ارتباطی بین کاهش سطح آب و میزان آلودگی‌های مذکور گزارش نشده است. ولی تردیدی نیست که با کاهش سطح آب و کاهش حجم آب در خلیج می‌توان انتظار افزایش میزان آلودگی را در خلیج گرگان داشت.

بررسی تأثیر رودخانه‌ها در تراز آب خلیج گرگان: تا پیش از دهه ٤۰ خورشیدی بیش از ۳۰ رودخانه (دایمی و فصلی) به خلیج گرگان وارد شده که با آغازِ کشاورزی صنعتی و انقلاب سفید در ۱۳٤۱ خورشیدی، از تعداد این رودخانه‌ها کاسته شده است. تا سال ۱۳۸۷، سیزده رودخانه ورودی به خلیج تنها ۲ صدم درصد از آب خلیج را تامین می‌نموده‌اند (۸۳). هم‌چنین روزانه بیش از ۲ میلیون مترمکعب آبِ خلیج (در تراز ۲۷ متر) به سبب میانگین آهنگ تبخیر ۵ میلی‌متر بر روز از آن خارج می‌گردد. این میزان آب از دست رفته تقریباً ۵/۵ برابر آبی است که به‌صورت میانگین روزانه (۳٦۰ هزار مترمکعب بر روز) توسط رودخانه‌های حوضه آبخیز خلیج تامین می‌گردد. بر پایه پژوهش‌ها، ورودی رودخانه‌ها نمی‌تواند تأثیری بر افزایش سطح آب در خلیج داشته باشد (۵). استان گلستان تا سال ۱٤۵۰ در بیش از ٤۰ درصد مواقع با خشک‌سالی مواجه بوده و منابع آب سطحی رودخانه‌ها با توجه به نیاز شرب، صنایع و کشاورزی با کمبود جدی مواجه خواهند شد (۸٤). نتایج حاصل از مدل‌سازی‌ها نشان داده است که متأثر از اقلیم حاکم بر خلیج، تنها ۵۵۱ روز پس از جدایی خلیج از دریای مادری، این بوم‌سازگان هم‌چون خلیج حسن‌قلی و تلاب گمیشان به یک خشکی مبدل خواهد شد. نتایج مدل‌سازی‌ها با در نظر گرفتن ورودی رودخانه‌ها و اقلیم حاکم نشان داد که خلیج پس از گذشت سه سال با شرایط موجود به تعادل رسیده و مبدل به یک تالاب درون خشکی به مساحت ۵۱ کیلومترمربع با حجم ۰/۰۰۳ کیلومترمکعب می‌گردد که این حجم ۷۵ برابر کم‌تر از حجم کنونی خلیج گرگان در تراز ۲۷ متر می‌باشد (۵). نتیجه این مبحث آن است که مادامی‌که خلیج گرگان با دریای مادری در ارتباط باشد مطابق قانون ظروف مرتبطه رودخانه‌ها هیچ تأثیری در افزایش سطح آب خلیج نخواهند داشت و تنها پس از جدایی خلیج با دریا امکان تشکیل یک تالاب درون خشکی وجود خواهد داشت.

بررسی آینده احتمالی خلیج گرگان براساس سناریوهای کاهش سطح آب: پیش‌تر آینده خلیج تحت سناریوهای خوش‌بینانه با کاهشِ سطح آب دریای

کاسپی به میزان ۵/۲ سانتی‌متر در سال و بدبینانه با کاهش سطح آب دریا به میزان ۱۰/۵ سانتی‌متر در سال مورد پژوهش واقع گردید (٦). نتایج نشان داد که تحت سناریوهای خوش‌بینانه ارتباط خلیج با دریا در سال ١٤١٠ و تحت سناریوهای بدبینانه ارتباط خلیج با دریا در سال ١٤٠٦ خورشیدی و در تراز ۲۷/۷ متر به‌طور کامل قطع خواهد شد. قطع ارتباط خلیج با دریا سبب عدم ارتباط زیستی گونه‌های آبزی و ماهیان مهاجر آنادرموس و کاتادرموس دریای کاسپی با خلیج گرگان و مخاطرات زیستی فرآروی بسیاری از گونه‌های آبزی و بومی خلیج به سبب از بین رفتن بوم‌سازگان آبی خلیج خواهد شد (۵). کم‌تر از ۳ سال پس از قطع ارتباط خلیج از دریا امکان تشکیل یک تالاب درون خشکی با بیشینه مساحت ۵۱ کیلومتر مربع وجود خواهد داشت. برونداد مدل‌سازی‌ها نشان داده است، درصورتی‌که خلیج گرگان خشک شده و حتی بستر آن پوشیده از علف‌زار گردد، احتمال برخاست گرد و غبار از بستر خلیج و نفوذ آن در جهات غرب، شمال‌شرق و جنوب وجود خواهد داشت (۸).

بررسی کانال‌های ارتباطی خلیج گرگان در مواجهه با کاهش سطح آب: خلیج گرگان نیازمند ارتباط مداوم با دریای کاسپی به‌وسیله حداقل یک کانال اکولوژیکی[1] می‌باشد. یک کانال اکولوژیکی می‌تواند شرایط خلیج را در تمامی ترازهای کاهشی (یا افزایشی) سطح آب دریای کاسپی به لحاظ زیست‌محیطی بهبود بخشد. کانال اکولوژیکی وظیفه ارتباط‌بخشی خلیج را با دریای کاسپی تا آخرین قطره بر عهده خواهد داشت و باید به گونه‌ای انتخاب گردد که بیش‌ترین میزان تعویض آب را به جهت کاهش میزان شوری و کنترل فرآیند خوراک‌وری در خلیج بر عهده داشته باشد. این کانال می‌تواند خلیج را در انتقال از یک اکوسیستم دریایی به یک اکوسیستم خشکی یاری نموده و در عین‌حال با صرف هزینه‌های اقتصادی کم‌تر به جهت احداث، بیش‌ترین راندمان مهندسی و اکولوژیکی را هم در بر داشته باشد. بدین‌منظور نسبت به جانمایی کانال‌های ارتباطی جدید برای خلیج و بررسی کانال‌های قدیمی در خلیج اقدام گردید. شاخص‌های مهم در این بررسی شامل میزان تعویض توسط هر کانال در تمامی ترازهای کاهشی سطح آب و هم‌چنین نیاز برای لایروبی‌های مجدد از نظر افزایش طول کانال و عمیق نمودن کانال می‌باشد. بدین منظور ۵ کانال به عنوان کانال اکولوژیکی انتخاب گردید (٤٦). در این پژوهش علاوه‌بر نام‌های کانال‌های سنتی چاپاقلی، آشورآده و خزینی نسبت به جانمایی سه کانال جدیدتر بر روی شبه‌جزیره میانکاله اقدام گردید. این کانال‌ها تحت نام کانال اسماعیل‌سای[2] واقع در بخش شمال غربی خلیج و روبه‌روی جزیره اسماعیل‌سای، کانال گلوگاه[3] روبه‌روی شهرستان گلوگاه و کانال انزان[4] روبه‌روی روستای کهنه‌کلباد انتخاب گردیدند. ترازهای در نظر گرفته شده شامل منفی ۲۷، ۲۷/۵، ۲۸/۵ و ۲۹/۵ متر می‌باشد. عرض تمامی کانال‌ها برابر ۲۲۰ متر در نظر گرفته شده است. با بررسی نتایج مستخرج از آینده‌پژوهی در ارتباط با انتخابِ یک کانال اکولوژیکی در می‌یابیم که مناسب‌ترین کانال‌ها به ترتیب کانال انزان و کانال گلوگاه می‌باشند. این دو کانال در تمامی ترازهای کاهشی سطح آب دارای بالاترین راندمان اکولوژیکی به لحاظ میزان تعویض آب و هم‌چنین عدم نیاز به لایروبی مجدد می‌باشند. با این وجود نظر به ارتباط کانال انزان به عمیق‌ترین بخش خلیج، این کانال به عنوان کانال پیشنهادی جهت پژوهش‌های بیش‌تر معرفی می‌گردد. لازم به ذکر است که لایروبی

1- *Ecological Channel*

2- *Esmaeilsai Channel*
3- *Galogah Channel*
4- *Anzan Channel*

کانال‌های سنتی با هدف بهبودبخشی به وضعیت آینده خلیج به مثابه تولید سازه معلولی است که هزینه نگهداری و دوباره‌کاری آن به جهت افزایش طول و تعمیق آن با هر بار کاهش سطح آب دریا بر عهده نسل‌های بعدی خواهد بود.

نتایج و بحث

بر پایه شواهد تاریخی به صراحت می‌توان گفت که خلیج گرگان یک بوم‌سازگان‌گذاری بوده و تغییرات سطحِ دریای کاسپی بارها سبب شکل‌گیری و یا اضمحلال آن از آغاز هولوسن تا به امروز بوده است. افزایش و کاهش سطح آب در دوران معاصر نیز سبب تشکیل و نابودی اکوسیستم‌های کوچک در مجاورت سواحل کم‌عمق خلیج و شبه‌جزیره میانکاله گردیده است.

با توجه به برونداد مدل‌های اقلیمی تردیدی نیست که ادامه گرمایش کره زمین سبب کاهش بیش‌تر سطح آب دریای کاسپی در یک سده پیش‌رو منتج از افزایش تبخیر و کاهش دبی رودخانه‌ها گردیده و این موضوع سبب خشکی‌زدگی خلیج در کم‌تر از سه دهه آتی خواهد شد. در حقیقت آن‌چه امروزه در خلیج در حال وقوع است یک پدیده نام آشنا با نامِ جانشینی بوم‌شناختی می‌باشد که در نتیجه آن یک بوم‌سازگان با ویژگی تالاب دریایی به یک بوم‌سازگان دیگر همچون خشکی و یا تالاب درون‌خشکی مبدل خواهد شد. همانند چنین فرآیندی در خلال ۵۰ سال گذشته برای دو تالاب دریایی استان گلستان یعنی تالاب حسن‌قلی و گمیشان روی داده است و بستر خشکی‌زده این دو تالاب درنتیجه کاهش سطح آب دریای کاسپی مبدل به شوره‌زار گردیده است.

ورود خلیج به مرحله جانشینی بوم‌شناختی سبب بر هم زدن تنوع و تراکم فون و فلور آب‌زیان خلیج با توجه به تحمل بوم‌شناختی آنان شده و بی‌شک در این گذار گونه‌های که از تحمل بوم‌شناختی بالاتری برخوردار بوده و پهن‌زی می‌باشند در آینده از تراکم و جمعیت بیش‌تری بهره‌مند شده و برعکس گونه‌های باریکه‌زی از بوم‌سازگان خلیج رخت خواهند بست.

مادرِ خلیج گرگان دریای کاسپی می‌باشد و حیات و ممات خلیج تنها به دریای کاسپی وابسته می‌باشد. هم‌اکنون خلیج آبستن بوم‌سازگان‌های جدید می‌باشد و هر بوم‌سازگان با توجه به تراز سطح آب دریای کاسپی متولد می‌گردد. نظر به آن‌که بستر خلیج در ده هزار سال گذشته مقادیر شایمندی از رسوباتِ جنگل‌های هیرکانی را دریافت و در خود محفوظ داشته است، بنابراین ویژگی‌های ادافیک خاکِ خلیج از درون‌داشت خوبی برای تشکیل بوم‌سازگان‌های هیرکانی در کنار اقلیم مدیترانه‌ای برخوردار می‌باشد. با غربالگری بوم‌سازگان‌ها و اقدامات مبتنی بر آینده‌نگری می‌توان سبب زایش بوم‌سازگان‌های نو و مناسب بر روی بستر خلیج گردیده و با شناسایی این بوم‌سازگان‌ها و برنامه‌ریزی برای تثبیت آن می‌توان سرمایه طبیعی بزرگی را بر روی بستر خلیج هم‌چون تالاب‌های درون‌خشکی، جنگل و بیشه‌زار و احیای مجدد بوم‌سازگان هیرکانی با فون و فلور متنوع بوجود آورد. درصورت اقدام نادرست که در آن اثری از آینده‌نگری نباشد، بوم‌سازگان‌های به‌جامانده بر روی بستر خلیج می‌تواند شوره‌زار و یا تالاب شور درون‌خشکی و از نوع تخریبی باشد.

با کاهش سطح آب و کاهش میزان تبادل خلیج با دریا ارتباط خلیج با دریا یک‌طرفه شده و خلیج بیش‌تر تمایل به دریافت آب از دریا خواهد داشت. این آب با داشتن شوری و مواد مغذی بسیار، به خلیج وارد گردیده و با تبخیر روزانه آب از سطح خلیج همواره میزان شوری و مواد مغذی در خلیج در حال ازدیاد خواهد بود. بنابراین می‌توان به صراحت گفت که خلیج گرگان در کم‌تر از یک دهه آتی به همراه

کاهش سطح آب به‌صورت یک تالاب هایپرسلین (فوقِ شور) و به حالت بیش‌مغذی در خواهد آمد و به پایانه مواد مغذی استان‌های ساحلی کشور بدل خواهد شد.

نتایج مطالعه حاضر بیان می‌دارد که در حال حاضر کاهش تراز سطح آب در خلیج سبب به‌وجود آمدن مشکلات متعدد گردیده و اثرات مخرب آن در آینده بیش‌تر نمایان خواهد شد. کاهش سطح آب سبب تغییر شکل سواحل و خشکی‌زدگی بخش‌هایی از خلیج گردیده و این مهم جانشینی‌های مخرب بوم‌شناختی را در منطقه به‌وجود خواهد آورد. کاهش سطح آب در خلیج تمامی پتانسیل‌های این منطقه را جهت توسعه صنعت گردشگری و بنادر و دریانوردی با مخاطره جدی مواجه ساخته و خواهد نمود. در یک دهه گذشته بخش قابل‌توجهی از خلیج بواسطه خشکی‌زایی توسط افرادسودجو به زمین‌های زراعی تبدیل گشته است.

کاهش سطح آب سیستم خودپالایی در خلیج را به‌واسطه کاهش تعویض آب ضعیف نموده و این امر به همراه محدود شدن ارتباط خلیج با دریای مادری در ناحیه چاپاقلی، سبب به‌وجود آمدن تغذیه‌گرایی در سطوح بیش‌مغذی می‌گردد. تغذیه‌گرایی نه‌تنها موجبات درهم‌ریختگی شبکه غذایی، هیپوکسی شدن محیط و شکوفایی زی‌شناوران‌گیاهی می‌گردد بلکه سبب کاهش قابل‌توجه تراکم و تنوع گونه‌های آبزی بومی خلیج خواهد شد. لازم به ذکر است که مرتبه بزرگی دریای کاسپی در تامین مواد مغذی در خلیج و در پی آن وقوع فرآیند خوراک‌وری موضوعی است که کم‌تر مورد توجه پژوهش‌گران واقع گردیده است.

کاهش کیفیت آب ناشی از کاهش خودپالای آب، احتمال شیوع بیماری‌های میکروبی و ویروسی وابسته به آب را در منطقه تشدید خواهد نمود و این مهم به‌همراه تغییر استانداردهای زیستی آبزیان سبب نابودی طرح‌های آبزی‌پروری در محیط محصور (گرم‌آبی، سردآبی و خاویاری) خواهد شد. با قطع ارتباط خلیج از دریا بازسازی ذخایر آبزیان از طریق رهاسازی لارو و یا بچه ماهیان در خلیج امکان‌پذیر نخواهد بود.

به همراه کاهش سطح آب و در نتیجه کاهش کیفیت آب خلیج، کفزیان، فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌ها در شبکه غذایی خلیج جایگاهی نخواهند داشت. کاهش سطح آب و محدود شدن ارتباط خلیج با دریا سبب تغییر در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خلیج گردیده و در این گذار شوری مهم‌ترین عامل برهم‌زننده استاندارد عوامل غیرزیستی خواهد بود که به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم بر آبزیان خلیج تأثیر نامطلوب خواهد گذاشت. افزایش شوری در خلیج سبب می‌گردد تا اراضی بیرون آمده از زیر آب همه‌ساله شورتر گردد. با توجه به ویژگی‌های ادافیک و اقلیمی منطقه، پس از خشکی‌زایی ناشی از کاهش سطح آب عمده طلایه‌داران خشکی‌زی بر روی بقایای خلیج، گیاهان بومی شورپسند نواحی مجاور خلیج خواهند بود. نظر به وسعت زیاد خشکی‌زایی در بخش غربی خلیج احتمال تشکیل کانون ریزگرد در ایام بادخیز سال به‌دلیل عدم توانایی ورود سریع گیاهان بومی طلایه‌دار خشکی‌زی در منطقه وجود خواهد داشت.

پژوهش‌های انجام شده در خلال دو دهه گذشته، عدم آلودگی ماهیان و پرندگان بومی، رسوبات سطحی و ژرف و آبِ خلیج گرگان را از نظر آلودگی‌های نفتی، فلزات سنگین و میکروپلاستیک‌ها بیان می‌نماید. با این وجود با کاهش سطح آب و کاهش حجم آب در خلیج میزان خودپالایی کاهش یافته و آلودگی‌های مذکور در آینده می‌تواند خطر جدی برای خلیج گرگان تلقی گردد.

مادامی‌که خلیج با دریای مادری در ارتباط باشد، تامین حق‌آبه زیستی از رودخانه‌ها هیچ تأثیری بر افزایش سطح آب خلیج و جلوگیری از خشکی‌زدگی آن نخواهد داشت و در صورتی‌که ارتباط خلیج با دریا در ناحیه چاپاقلی قطع گردد رودخانه‌ها تنها توان تشکیل یک تالابچه با مساحت اندک را خواهند داشت. کاهش سطح آب می‌تواند تغییراتی را در سطح سفره آب‌های زیرزمینی فراهم آورده و در نتیجه این امر اقتصاد کشاورزی در منطقه با مخاطره مواجه خواهد شد.

کاهش تراز آب دریای کاسپی، سرعت جریان و نیز پوشش گیاهی نقش اساسی در افزایش نرخ رسوبگذاری کانال‌های ارتباطی خلیج گرگان با دریای کاسپی دارد و در صورت عدم لایروبی منطقه مذکور، شاه‌رگ ارتباطی خلیج گرگان با دریای مادری در تراز ۲۷/۷ متر قطع خواهد شد. زبانه ماسه‌ای میانکاله فعال بوده و در نتیجه وجود دو جبهه انتقال رسوب غربی- شرقی در امتداد زبانه ماسه‌ای میانکاله و شمالی- جنوبی در امتداد تالاب گمیشان و هم‌چنین وجود گرگانرود به عنوان یک منبع بزرگ آورد رسوبی در مجاورت دهانه ورودی خلیج، شبه‌جزیره میانکاله تمایل به اتصال با خشکی استان گلستان در بخش شرقی دارد. با انسداد دهانه چاپقلی عملاً خلیج گرگان از دریای مادری جدا گردیده و هیچ گونه ارتباط زیستی و غیرزیستی با دریای کاسپی نخواهد داشت.

مناسب‌ترین کانال‌های اکولوژیکی برای خلیج به‌ترتیب اولویت برای پژوهش و اجرا کانال انزان و کانال گلوگاه می‌باشند که در تمامی ترازهای کاهشی سطح آب دارای بالاترین راندمان اکولوژیکی به لحاظ میزان تعویض آب می‌باشند. هم‌چنین میزان لایروبی در خلیج و میزان عملیات خاک‌برداری بر روی شبه‌جزیره میانکاله در این دو کانال به مراتب کم‌تر از هزینه‌های دوباره‌کاری در خصوص کانال‌های قدیمی خلیج می‌باشد. کانال انزان و گلوگاه در مجاورت رسوب رودخانه قرار ندارند و هم‌چنین درصورت ایجاد تمهیدات مناسب مهندسی، می‌توان دو کانال مذکور را از موضوع رسوب‌گذاری مصون نگاه داشت.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه بیان می‌دارد که، احتمال ادامه کاهش تراز سطح آب به‌عنوان دور جدیدی از ویژگی‌های نوسانی دریای کاسپی دور از انتظار نیست. نتایج پیش‌یابی مدل‌های اقلیمی بیانگر کاهش بیش‌تر سطح آب در سده پیش‌رو می‌باشد. نتایج مدل‌سازی‌های کوچک مقیاس از حوضه خلیج گرگان بیانگر قطع ارتباط مؤثر خلیج با دریای مادری در تراز ۲۷/۷ متر می‌باشد. در اثر کاهش سطح آب در خلیج گرگان بسیاری از مخاطرات جبران‌ناپذیر زیست‌محیطی و اقتصادی متوجه مدیریت خرد و کلان در ابعاد منطقه‌ای و فرا منطقه‌ای خواهد شد و این امر توسعه پایدار فعالیت‌های اقتصادی و زیست‌محیطی مختلف وابسته به خلیج را در منطقه دچار مشکلات متعدد خواهد نمود.

بر اساس نتایج مطالعه حاضر مادامی‌که خلیج با دریای مادری در ارتباط باشد، پمپاژ آب از دریا به درون خلیج و تعیین حق‌آبه از رودخانه‌های منتهی به خلیج هیچ تأثیری بر افزایش سطح آب و جلوگیری از خشکی‌زدگی مناطق غربی خلیج گرگان واقع در استان مازندران نخواهد داشت و این امر تنها سبب هدر رفت سرمایه کشور خواهد شد. پیشنهاد می‌گردد تا بخش غربی خلیج توسط گیاهان بومی شورپسند هم‌چون سالیکورنیا به زیرکشت انبوه رفته تا از این گذر هم با خطر ریزگرد مقابله گردیده و هم به حیات بوم‌سازگان‌های نوظهور خلیج و آغاز مراحل جانشینی بوم‌شناختی جهت توسعه بوم‌سازگان‌های هیرکانی کمک شایانی گردد.

خلیج گرگان به مثابه مادری می‌ماند که آبستن چندین بوم‌سازگان نوظهور خواهد بود و در صورت عدم توجه به این مادر، فرزندان متولد شده از آن یا بیمار و رنجور و یا سرکش و طغیان‌گر خواهند بود. بنابراین لازم است تا در بحث مطالعات جامع خلیج گرگان نسبت به بررسی جانشینی‌های بوم‌شناختی در خلیج گرگان اقدام لازم صورت پذیرفته و برنامه اجرایی مناسب به دستگاه‌های اجرایی مرتبط ابلاغ گردد. در اقدام بلندمدت بحث‌های زیادی مطرح گردید که در نهایت منجر به تدوین طرحی جامع برای مطالعات خلیج گرگان و سپس استخراج راه‌کار برای خروج خلیج از بحران‌های پیش‌رو می‌باشد. با این‌حال تأکید می‌گردد با توجه به گذشته تاریخی خلیج گرگان و گذاری بودن این بوم‌سازگان، موضوع مطالعات جامع بدون در نظر گرفتن بحث آینده‌پژوهی تحت سناریوهای افزایشی و کاهشی سطح آب و آینده‌نگاری منجر به استخراج نتایج قابل اجرا برای خلیج نخواهد شد.

در اقدام کوتاه‌مدت لایروبی کانال‌های سنتی به‌منظور ارتباط بخشی خلیج با دریا پیشنهاد می‌گردد. در اقدام بلندمدت پژوهش و سپس احداث کانال‌های اکولوژیکی پیشنهاد می‌گردد. به‌کار افتادن دستگاه دیپلماسی پنج کشور حاشیه دریای کاسپی به‌منظور تعیین حق‌آبه برای حوضه بسته دریای کاسپی گزینه‌ای مطرح برای تعدیل بخشیدن به کاهش سطح آب در سال‌های آتی می‌باشد.

منابع

1. Movahhed, M.A. 1982. Khazaran, Khwarizmi presses Company, First Edition, 311p.
2. Reza, E.A. 2009. Name of North Sea Iran, Center for the Great Islamic Encyclopedia, First Edition, 178p. (In Persian)
3. Ozyavas, A., and Khan, S.D. 2012. The driving forces behind the Caspian Sea mean water level oscillations. Environ. Earth Sci. 65: 1821-1830.
4. Kakroodi, A.A., Kroonenberg, S.B., Goorabi, A., and Yamani, M. 2014. Shoreline Response to Rapid 20th Century Sea-Level Change along the Iranian Caspian Coast, Journal of Coastal Research, 30: 6. 1243-1250.
5. Sharbaty, S. 2016. Review necessity of the Caspian Sea water level decreasing effects on the Gorgan Bay situation and solutions offer for the crisis overcoming in future years. Utilization and Cultivation of Aquatics, 5: 1. 83-105. (In Persian)
6. Sharbaty, S., and Ghanghermeh, A.A. 2016. Forecasting the Effect of Decreasing Long Time Trend of Caspian Sea Water Level on the Life of Gorgan Bay, Journal of Environment Science Technology, 17: 3. 46-59. (In Persian)
7. Poua Tarh Pars. 2017. Identification and Presentation of the Final Solution to Save the Gorgan Bay and Miankaleh Peninsula. Final Report, 448p.
8. Iranian National Institute of Oceanography and Atmospheric Sciences (INIOA). 2021. Comprehensive studies of Gorgan Bay rescue through integrated management and the relevant basin. Research Project, 1359p.
9. Erfan, Sh., and Hamedi, M.E.R. 2015. Barrier islands in the South East of the Caspian Sea (North of Behshahr), Journal of Geoscience, 24: 95. 217-230. (In Persian)
10. Ghaemi, M., and Javaherzadeh, F. 2016. A review of Iranian wetlands registered in the Ramsar Convention and their impact on the development of sustainable tourism and provides a proposal for the restoration and protection of wetlands. International Conference on Management, Culture and Economic Development, Mashhad, Iran, 14p.
11. Arpe, K., Bengtsson, L., Golitsyn, G.S., Semenov, V.A., and Sporyshev, P.V. 2000. Connection between Caspian Sea

level variability and ENSO. Geophys. Res Lett. 27: 2693-2696.
12. Federov, P.V. 1995. Modern geology of the Caspian Sea, Russian Academy of Science Bulletin. 65: 7. 622-625.
13. Rychagov, G.I. 1997. Holocene oscillations of the Caspian Sea, and forecasts based on palaeogeographical reconstructions. Quaternary International, 41-42: 167-172.
14. Emadaldin, S., Jafarbeigloo, M., Zamanzadeh, S.M., and Yamani, M. 2014. Caspian Sea level changes during the late Holocene based on dating and the morphology of sediments in the southern of Gorgan Bay, Quantitative geomorphological researches, 3: 1. 114-127. (In Persian)
15. Leroy, S.A.G., Kakroodi, A.A., Kroonenberg, S., Lahijani, H.K., Alimohammadian, H., and Nigarov, A. 2013. Holocene vegetation history and sea level changes in the SE corner of the Caspian Sea: relevance to SW Asia climate. Quaternary Science Reviews, 70: 28-47.
16. Khoshravan, H. 2007. Beach sediments, morphodynamics, and risk assessment, Caspian Sea coast, Iran. Quaternary International, 167: 35-39.
17. Sharbaty, S. 2018. Investigating the probable future of the Gorgan Bay after separation from the Caspian Sea from the perspective of ecological succession. Utilization and Cultivation of Aquatics, 6: 4. 41-53. (In Persian)
18. Amini, A., Moussavi Harami, R., Lahijani, H., and Mahboubi, A. 2012. Holocene Sedimentation Rate in Gorgan Bay and Adjacent Coasts inSoutheast of Caspian Sea, Journal of Basic and Applied Scientific Research, 2: 1. 289-297.
19. Kakroodi, A.A., Kroonenberg, S.B., Naderi Beni, A., and Noehgar, A. 2014. Short- and Long-Term Development of the Miankaleh Spit, Southeast Caspian Sea, Iran. Journal of Coastal Research, 30: 6. 1236-1242.
20. Amozadeh, D., and Kanani, M.R. 2008. The Effect of Caspian Sea Water Fluctuations on Miankaleh Habitat Ecological Conditions Using Remote Sensing and Geographic Information System, World Applied Sciences Journal, 3: 1. 34-38.
21. Shayan, S., Yamani, M., and Khalili, Y. 2013. Disclosure of the coastal line north of the country using the techniques of RS and GIS (Case Study Gorgan Bay), 1th International Congress on Environmental Crises and its Solutions, Iran, Kish Island, 8p. (In Persian)
22. Hamzeh, S., and Torabi, O. 2020. Investigating the changes in the water body of Gorgan Bay and its relationship with precipitation and water level of the Caspian Sea by using remote sensing data. Ecohydrology, 8: 2. 475-484. (In Persian)
23. Khoshravan, H. 2020. Spatial and temporal changes of Gorgan Bay coastal habitats under the influence of Caspian Sea fluctuations. Journal of Sepehr, 29: 11. 127-138. (In Persian)
24. Kakroodi, A.A., Kroonenberg, S., Hoogendoorn, R., MohammdKhani, H., Yamani, M., Ghassemi, M., and Lahijani, H. 2012. Rapid Holocene sea-level changes along the Iranian Caspian coast. Quaternary International, 263: 93-103.
25. Mansouri, R. 2020. The Effect Sea-Level Fluctuations on the Shoreline Changes in the Southern Coasts of the Caspian Sea (1975-2017). Two scientific journals of aquatic sciences and technologies, 1: 1. 44-65. (In Persian)
26. Ramezani Mouzirj, F., Yaghoobi, M., and Ghanghermeh, A.A. 2011. Caspian Sea Level Predication Based on Fuzzy Regressor System. Journal of Water and Wastewater, 3: 90-98. (In Persian)
27. Koriche, S.A., Singarayer, J.S., and Cloke, H.L. 2021. The fate of the Caspian Sea under projected climate change and water extraction during the 21st century. Environ. Res. Lett. 16: 094024. 11p.
28. Nandini, S.D., Prange, M., Arpe, K., Merkel, U., and Schulz, M. 2020. Past and future impact of the winter North Atlantic Oscillation in the Caspian Sea catchment area. Int. J. Climatol. 40: 2717-2731.

29. Gharibreza, M.R., Moatamed, A., and Rahimipour, P. 2006. Sediment transport and deposition mechanisms in the Gorgan Bay, 7th International Conference on Coasts, Ports and *Marine* Structures (ICOPMAS), Tehran, Iran, 2006, 7p. (In Persian)
30. Sharbaty, S., and Shabani, A. 2015. The Effects of Khozeini Canal Reopeningon the General Current Pattern in the Gorgan Bay, Journal of Water and Soil Conservation, 22: 3. 241-248. (In Persian)
31. Karbassi, A.R., and Amirnezhad, R. 2004. Geochemistry of heavy metals and sedimentation rate in a bay adjacent to the Caspian Sea, International Journal of Environmental Science and Technology, 1: 3. 191-198. (In Persian)
32. Roodbari Shahmiri, S., Adjami, M., and Khoshravan, H. 2017. Prediction of Gorgan Bay Inlet Performance and Morphological Stability. Joc. 8: 31. 53-65. (In Persian)
33. Nazemi, A. 2005. Final Report of Investigation of Golestan province coastline changest. 95p.
34. Azizpoor, J., Hamzepour, A., and Rahnema, R. 2021. Calculation of sedimentation rate at the mouth of the Gorgan Bay. Amphibious Science and Technology, 1: 2. 14-22. (In Persian)
35. Ketabdari, M.J., Solimani, K., Mirzajani, P., and Morovati, R. 2014. The rolen and importance of optimal site for coastal projects (Case study Bandargaz), 1st National Congress on Construction Engineering and Projects Assessment, Gorgan, 11p. (In Persian)
36. Javani, A. 2012. Modeling the Spatial Distribution of Miscellaneous Pollutions in the Gulf of Gorgan. Master Thesis in Civil Engineering and Environment, Tarbiat Modares University, 116p. (In Persian)
37. Darvish Bastami, K., Taheri, M., Bagheri, H., Yazdani Fashtami, M., Soltani, F., Haghparast, S., Hamzehpoor, A., and Lotfi Ashtiyani, M. 2013. The Relationship between some heavy metal contents in the sediment and macrobenthic community in Gorgan Bay. Scientific - Research Journal of Animal Environment, 4: 4. 91-102. (In Persian)
38. Easterbrook, D.J. 1999. Surface processes and landforms: Prentice-Hall, 546p.
39. Walker, L.R., and Moral, R.D. 2003. Primary Succession and Ecosystem Rehabilitation, Cambridge University Press, 429p.
40. Gharanjic, B.M. 2018. The first report of Ruppia maritima in the coastal waters of the Caspian Sea (Golestan province) and the expansion of its water development. International Conference on Agricultural Sciences and Medicinal Plants, Mashhad, Iran, 14-15 2018, 10p. (In Persian)
41. Shirood Mirzaie, F. 2012. Coastal classification of Gomishan Wetland according to the macroinvertebrates fauna and GIS, Master Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 130p. (In Persian)
42. Sharbaty, S. 2012. Two Dimensional Simulations of Seasonal Flow Patterns in the Gorgan Bay, Journal of Basic and Applied Scientific Research, 2: 5. 4382-4391.
43. Sharbaty, S., Hedayati, A., Ghorbani, R., and Kashiri, H. 2018. Two-dimensional simulation of salinity in Gorgan Bay during a one-year period (90-91). Research Project, GUASR, 89p.
44. Monsen, N.E., Cloern, J.E., Lucas, L.V., and Stephen, G.M. 2002. A Comment on the Use of Flushing Time, Residence Time, and Age as Transport Time Scales. Journal of Limnology and Oceanography, 47: 5. 1545-1553.
45. Sharbaty, S., and Nasimi, S. 2018. Modeling of Possible Dredging Effects of Khozeini Channel on the Water Renewal Time in Gorgan Bay, Southeast of the Caspian Sea. J. Env. Sci. Tech, 20: 1. 16-28.
46. Sharbaty, S. 2020. Investigation of Locating a New Communication Channel in the Gorgan Bay Cased on Water Exchange Time. Journal of Hydrophysic, 5: 1. 97-109. (In Persian)
47. Ravanab Consulting Engineers (RCE). 2001. Comprehensive plan of integrated management of Miankaleh wildlife sanctuary. Iran Environment Organization, 175p.

48.Mohammadkhani, H., Rabbaniha, M., Aghili, A., Poursoufi, T., Hami Tabari, T., and Mansouri, B. 2013. Ecological study on Fisheries important Rivers and Bays in the south part of the Caspian Sea 2nd phase: Gorgan Bay, Iranian Fisheries Research Organization, 97p.
49.Gharaei, A., Ghafari, M., Karami, R., and Kheirabadi, V. 2016. Identification, diversity and density of phytoplankton community in coastal zone of Golestan Province and Gorgan bay. New technologies in aquaculture development, 10: 2. 43-52. (In Persian)
50.Norouzi, N., Ghorbani, R., Hosseini, S.A., Hedayati, S.A.A., and Naddafi, R. 2019. The Process of Species Replacement in the Southeastern Part of the Caspian Sea and its Relation to the Ecosystem's Trophic Conditions. Journal of Animal Environment, 10: 4. 489-498. (In Persian)
51.Aghili, K., Aghaei Moghaddam, A., and Aghili, S.M. 2018. Study on trophic level of Gorgan bay. Journal of Aquatic Caspian Sea. 3: 9. 55-62. (In Persian)
52.Maleki, P., Patimar, R., Jafarian, H., Mahini, A.R., Ghorbani, R., Gholi zade, M., and Harsi, M. 2020. Ecological Assessment of Organic Pollution in the Gorgan Bay, Using Palmer Algal Index. Iran. J. Appl. Ecol. 9: 1. 45-59. (In Persian)
53.Jamshidi, S. 2016. Study on Phisycal and Chemical Characteristics of Seawater of Gorgan Bay in the Eastern Part of Southern Coast of the Caspian Sea. Proceedings of Academics World 4th International Conference, Bangkok, Thailand, 13th-14th, Sep 2016, ISBN: 978-93-86083-34-0, 5p.
54.Bashari, L., Mahmudy, G., Mohammad, H., Moussavi-Harami, R., and Alizadeh-Lahijani, H. 2014. Hydrogeochemical Study of the Gorgan Bay and Factors Controlling the Water Chemistry. Oceanography, 5: 2. 1-4. (In Persian)
55.Bairami, A., Abtahi, B., Farajzadeh, M., Mohammadi, M., and Rahnama, M. 2003. Measurement of salinity and values of major water ions in the southeast of the Caspian Sea. Iranian Journal of Marine Science. 2: 2-3. 27-21. (In Persian)
56.Nejatkhah Manavi, P., Pasandi, A.A., Saghali, M., Beheshtinia, N., and Mirshekar, D. 2009. Study of nitrate and phosphate in eastern south Caspian Sea in spring and summer. Journal of Marine Science & Technology Research, 4: 3. 10-19. (In Persian)
57.Keyabi, B., Ghaemi, R.A., and Abdoli, A. 2000. Wetlands and rivers ecosystems in Golestanprovince. Golestan Environmental Protection Agency, 182p. (In Persian)
58.Shahlapour, Sh., Afraee-Bandpey, M.A., Rabbaniha, M., Pourrang, N., and Nasrolahzadeh, H. 2016. Distribution and diversity of larval and juvenile stages of fish in aquatic habitats of the southeastern Caspian Sea and assessment of Micronucleus and other nuclear abnormalities in young fish. M.Sc. Thesis. National Fisheries Science Research Institute. 177p. (In Persian)
59.Afraei Bandpei, M.A., Fazli, H., and Shahlapour, Sh. 2018. Identification and species diversity of fishes in Gorgan Bay. Iranian Scientific Fishery Research, 27: 2. 61-69. (In Persian)
60.Laloei, F. 1993. Hydrobiological Survey of Gorgan-Bay. Iranian Scientific Fisheries Journal, 2: 3. 53-68. https://dx.doi.org/10.22092/isfj.1993.116201.
61.Dorostkar Ahmadi, H. 2007. Study and identification of macrobenthos in Gorgan Bay. Master Thesis in Marine Biology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, 120p.
62.Mousavi Kashka, M., Seyfabadi, J., Owfi, F., Hassas Dalirkhah, A., and Tavoli, M. 2010. Distribution and Seasonal Variation of Macrobenthic Community in Gorgan Bay (Southeast Caspian Sea). Iranian Journal of Biology, 23: 4. 605-612. (In Persian)
63.Saghali, M., Baqraf, R., Hosseini, S.A., and Patimar, R. 2013. Benthic community structure in the Gorgan Bay (Southeast of the Caspian Sea, Iran): Correlation to water physiochemical factors and heavy metal concentration of sediment. International Journal Biology of Aquatic, 1: 5. 245-253.

64. Ghorbanzadeh Zafarani, S., Fatemi, S.M.R., and Moradi, E. 2015. Zoning of soft sediments of Gorgan Bay (Caspian Sea) using macrobenthos as an indicator of ecological health. PhD Thesis in Marine Ecology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran.
65. Farhangi, M., Hosseini, S.A., Jafaryan, H., Ghorbani, R., Harsij, M., and Sudagar, M. 2018. The study of effects of Sturgeon pen culture on distribution, abundance and biomass macroinvertebrate in Gorgan Gulf. Journal of Animal Environment, 9: 4. 347-354. (In Persian)
66. Rohi, A. 1998. The Biomass and Species Composition of Zooplankton Populations in Gorgon Bay. Iranian Scintific Fisheries Journal, 6: 4. 35-46.
67. Mohammadkhani, H., and Enayat Gholampour, T. 2017. Zooplankton of the southern Caspian Sea. New Technologies in Aquaculture Development, Islamic Azad University, Azadshahr Branch, 11: 3. 39-46. (In Persian)
68. Raeiji, H., Gholizade, M., Patimar, R., and Pursofi, T. 2019. Investigating the density and frequency of zooplankton in the Southeastern Basin of the Caspian Sea (Gorgan Bay). Iranian Scientific Fisheries Journal, 28: 2. 59-70. (In Persian)
69. Mohammadkhani, H., Mazaheri Kohanestani, Z., and Ghorbani, R. 2017. Phytoplankton composition and diversity in Gorgan Bay, Golestan province. J. Aqu. Eco. 7: 1. 98-115. (In Persian)
70. Bandani, G. 2008. Review and compare the level of heavy metals in sediment, water and fish. Golestan province on the southern coast of the Caspian Sea. Gorgan: Research Center Gorgan. 450p.
71. Karbassi, A.R., and Saeedi, M. 2008. Historical changes of heavy metals content and sequential extraction in a sediment core from the Gorgan Bay, Southeastern Caspian Sea. Indian Journal of Marine Sciences, 37: 3. 267-272.
72. Lahijani, H., Haeri Ardakani, O., Sharifi, A., and Naderi Beni, A. 2010. Sedimentological and Geochemical Characteristics of the Gorgan Bay Sediments. Oceanography, 1: 1. 11p.
73. Shahryari, A., Golfirozy, K., and Noshin, S. 2010. Muscular concentration of cadmium and lead in carp, mullet and kutum of the Gorgan Bay, Caspian Sea. Iranian Scientific Journal of Fisheries. 19: 2. 95-100 (In Persian)
74. Bagheri, H., Bastami, K.D., Sharmad, T., and Bagheri, Z., 2012. Assess the distribution of heavy metal pollution in Gorgan Bay. Oceanography, 3: 11. 65-72.
75. Hassanpour, M., Pourkhabbaz, A., and Ghorbani, R. 2012. The Measurement of Heavy Metals in Water, Sediment and Wild Bird (Common Coot) in Southeast Caspian Sea. J. Mazand Univ. Med. Sci. 22: 1. 184-194. (In Persian)
76. Beniamerian, S. 2013. Investigation of concentration and origin of petroleum hydrocarbons in Gorgan Bay sediments. Master Thesis, University of Tehran, 117p.
77. Ghorbanzadeh Zaferani, S.Gh., Machinchian Moradi, A., Mousavi Nadushan, R.L., Sari, A.R., and Fatemi, S.M.R. 2016. Distribution pattern of heavy metals in the surficial sediment of Gorgan Bay (South Caspian Sea, Iran). Iranian Journal of Fisheries Sciences, 15: 3. 1144-1166.
78. Alipour, H., and Banagar, Gh.R. 2018. Health risk assessment of selected heavy metals in some edible fishes from Gorgan Bay, Iran. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 17: 1. 21-34.
79. Kurdi, M., Eslamkish, T., Seyedali, M., and Ferdows, M.S. 2015. Water quality evaluation and trend analysis in the Qareh Sou Basin, Iran. Environmental Earth Sciences, 73: 12. 8167-8175.
80. Shayeghi, M., Khobdel, M., and Abtahi, B. 2008. Residues of Azinfos methyl and diazinon in Qarasu and Gorgan rivers of Golestan province. Journal of the School of Health and the Institute of Health Research, 6: 1. 75-82. (In Persian)
81. Bagheri, T., Gholizadeh, M., Abarghouei, S., Zakeri, M., Hedayati, A., Rabaniha, M., Aghaeimoghadam, A. and Hafezieh, M. 2020. Microplastics distribution, abundance and composition in sediment, fishes and benthic organisms of the Gorgan Bay, Caspian Sea. Chemosphere, 257, p. 127201.

82.Norouzi, N. 2020. Evaluation of pollution potential in Gorgan Bay using SWOT analytical model and providing acceptable solutions. Environmental research and technology, 8: 5. 89-98. (In Persian)

83.Civil Engineering Engineers Company (CEEC), 2007. Water Resources Identification Studies in Miankaleh Peninsula. Mazandaran Regional Water Company. Final Report, 110p. (In Persian)

84.Ghangherme, A.A., Roshan, G.R., Khaje-Shakohi, A.R., Shakohi, E., Mirkatoli, J., Nazarnejad, N.A. and Tavakoli, Gh.M. 2016. Review and evaluation of the occurrence of climate change or variation upon the resources water and uses in order to apply risk management instead of emergency management in real terms and predictions, Research Project, Golestan Regional Water Company, 65p. (In Persian)