Journal of Aquatic Ecology
ISSN Print: 2322-2751 ISSN Online: 2980-9355
Homepage: https://jae.hormozgan.ac.ir

# Investigation of physicochemical parameters adjacent to fish farming sea cages in the Persian Gulf (Kish Island)

Zahra Heydari[1]✉, Mohammad Zakeri[1], Mahsa Haghi[1], Vahid Yavari[1], and Shiva Aghajari[2]

1. Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Sciences and Technology, Khorramshahr, Iran.
2. Research Institute of Ecology of the Persian Gulf and the Sea of Oman, National Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization.

**Article Info**

**Article type:**
Research Article

**Article history:**
Received: 14 May 2026
Accepted: 19 June 2026
Published: 11 November 2026

✉**Corresponding Author:**
Zahra.heydari2015@yahoo.com

***Keywords***:
Abiotic parameters,
cage,
Asian sea bass,
Persin Gulf,
Kish Island.

**ABSTRACT**

This study investigated the effects of Asian seabass (*Lates calcarifer*) farming activities on the physicochemical characteristics of seawater around a fish farm near Kish Island in the Persian Gulf. Water samples were collected monthly from May 2023 to March 2024 at four sampling distances from the farm (0, 10, 100, and 1,000 m), with the farthest station serving as the control. Water temperature ranged from 21.83 ± 0.05 to 30.17 ± 0.08 °C across sampling stations. The highest salinity was recorded at the 100-m station in June (38.9 ± 0.11 g/L), whereas the lowest was observed at the control station in November (36.93 ± 0.06 g/L). pH remained relatively stable throughout the study, ranging from 7.98 ± 0.01 to 8.23 ± 0.007. Dissolved oxygen (DO) concentrations varied seasonally, with the highest value recorded at the farm site in November (6.37 ± 0.03 mg/L) and the lowest at the control station in June (5.02 ± 0.02 mg/L). Mean concentrations of total dissolved solids (TDS), turbidity, nitrite, nitrate, ammonium, total nitrogen, phosphate, and total phosphorus were 38,192.25 ± 79.68 mg/L, 4.36 ± 0.08 NTU, 0.011, 0.21 ± 0.008, 0.10 ± 0.003, 0.50 ± 0.008, 0.05 ± 0.001, and 0.12 ± 0.003 µg/L, respectively. Overall, the physicochemical characteristics of the surrounding waters indicated relatively stable water quality, with no clear evidence of substantial nutrient enrichment or eutrophication during the study period. Nevertheless, spatial and seasonal variations in some parameters, particularly around the farm during warmer months, suggest localized influences potentially associated with aquaculture activities. These effects appeared limited at the broader spatial scale, potentially reflecting the influence of water circulation, local currents, mixing processes, and natural nutrient assimilation and degradation. The findings highlight the importance of continued monitoring to assess localized environmental changes and ensure the long-term sustainability of marine aquaculture in the Persian Gulf.

CC BY NC

Publisher: University of Hormozgan

[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

# EXTENDED ABSTRACT

## Introduction

Aquaculture plays an increasingly important role in global food security by providing essential proteins and micronutrients to a growing population. Given the limitations of freshwater resources and the considerable potential of marine environments, cage aquaculture has become an important approach to expanding fish production. However, intensive cage farming can release substantial amounts of organic matter and nutrients into surrounding waters through uneaten feed and fish excretion. These inputs may increase nitrogen and phosphorus concentrations, alter water transparency and turbidity, and contribute to dissolved oxygen depletion. Such changes in physicochemical water properties represent some of the primary environmental concerns associated with marine cage aquaculture and may extend beyond farming sites, depending on local hydrodynamic conditions. Therefore, monitoring water quality around aquaculture facilities is essential for assessing environmental impacts and developing sustainable management strategies. Despite the increasing development of marine cage farming in the Persian Gulf, information on its localized environmental effects remains limited. Accordingly, this study investigated the potential effects of Asian seabass (*Lates calcarifer*) cage farming on the physicochemical properties of surrounding waters near Kish Island in the Persian Gulf.

## Materials and Methods

The study was conducted from June 2023 to March 2024 at an Asian seabass (*Lates calcarifer*) cage farm located in the Aftab B port area of Kish Island, Hormozgan Province, Iran. Water samples were collected from surface and subsurface layers at four sampling stations: the center of the cages (S1), and locations 10 m (S2), 100 m (S3), and 1,000 m (S4; control) from the farm. Sampling covered four cardinal directions (east, west, north, and south) around the farming area, comprising 13 sampling locations. Sampling was conducted during three production phases: before fish stocking (June 2023), midway through the rearing period (November 2023), and at the end of the rearing period (March 2024). Water samples were collected using a Ruttner water sampler.

Physicochemical parameters, including temperature (°C), salinity (g/L), transparency (m), total dissolved solids (TDS), electrical conductivity (EC, µS/cm), turbidity (NTU), dissolved oxygen (DO, mg/L), pH, total nitrogen (TN), ammonium ($NH_4^+$), total phosphorus (TP), phosphate ($PO_4^{3-}$), nitrate ($NO_3^-$), and nitrite ($NO_2^-$), were analyzed at the Chemical Analysis Laboratory of the Bandar Abbas Ecology Research Institute, following standard procedures established by the American Public Health Association (APHA). Data normality was assessed using the Kolmogorov–Smirnov test. Differences among sampling periods and stations were evaluated using one-way analysis of variance (ANOVA), followed by Tukey's post hoc test for mean comparisons. Statistical analyses were performed using SPSS version 26, with significance set at $p < 0.05$.

## Results

[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

Water temperature ranged from 21.83 ± 0.08 to 30.17 ± 0.08 °C across sampling stations and periods. The highest salinity was recorded at the 100-m station in June (38.90 ± 0.11 g/L), whereas the lowest occurred at the control station in November (36.93 ± 0.06 g/L). Water pH remained relatively stable throughout the study, ranging from 7.98 ± 0.01 to 8.23 ± 0.007. Dissolved oxygen concentrations also varied among sampling periods and stations, with the highest value recorded at the center of the farm in November (6.37 ± 0.03 mg/L) and the lowest at the control station in June (5.02 ± 0.02 mg/L). Mean concentrations of TDS, turbidity, nitrite, nitrate, ammonium, total nitrogen, phosphate, and total phosphorus were 38,192.25 ± 79.68 mg/L, 4.36 ± 0.08 NTU, 0.011 ± [SD/SE], 0.21 ± 0.008, 0.10 ± 0.003, 0.50 ± 0.008, 0.05 ± 0.001, and 0.12 ± 0.003 µg/L, respectively. Overall, the results revealed temporal and spatial variability in several physicochemical parameters, with the magnitude of variation differing among parameters and sampling locations.

## Conclusion

The findings indicate that water quality around the Asian seabass farm was influenced by both temporal and spatial variability, with temporal differences, particularly between the warmer pre-stocking period in June and the subsequent sampling periods, being more pronounced for several physicochemical parameters than spatial differences. Significant variations between the control and farm-associated stations for selected parameters, particularly water transparency, turbidity, total organic matter, and certain nitrogen compounds, suggest localized environmental influences associated with cage farming. In contrast, parameters such as salinity, electrical conductivity, phosphate, and total nitrogen exhibited relatively limited spatial variation.

Overall, the measured physicochemical conditions suggest that the surrounding ecosystem remained relatively stable during the study period, with no clear evidence of severe nutrient enrichment or substantial eutrophication. Nevertheless, localized changes in selected water quality indicators, particularly during warmer conditions, indicate that cage farming may influence the immediate surrounding environment. The relatively limited spatial extent of these changes may be associated with natural hydrodynamic processes, including water mixing and local currents, which facilitate the dispersion and dilution of farm-derived wastes. These findings highlight the importance of considering both seasonal variability and spatial gradients when assessing the environmental effects of marine cage aquaculture and provide useful baseline information for sustainable aquaculture development and environmental monitoring in the Persian Gulf.

[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

بوم‌شناسی آبزیان
شاپا چاپی: ۲۷۵۱-۲۳۲۲ شاپا الکترونیکی: ۹۳۵۵-۲۹۸۰
https://jae.hormozgan.ac.ir

# بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی مجاور قفس های دریایی پرورش ماهی در خلیج فارس (جزیره کیش)

**زهرا حیدری[۱]✉، محمد ذاکری[۱]، مهسا حقی[۱]، وحید یاوری[۱]، شیوا آقاجری[۲]**

۱. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

۲. پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی.

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:**
مقاله پژوهشی

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۵/۰۲/۲۴
**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۵/۰۳/۲۹
**تاریخ انتشار:** ۱۴۰۵/۰۸/۲۰

**نویسنده مسئول:**
Zahra.heydari2015@yahoo.com

**کلیدواژه‌ها:**
پارامترهای فیزیکوشیمیایی،
قفس،
سی باس آسیایی،
خلیج فارس،
منطقه کیش.

**چکیده**

این تحقیق با هدف بررسی اثر فعالیت قفس‌های دریایی بر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب در جزیره کیش انجام گردید. نمونه برداری در فواصل ۰ (مرکز مزرعه)، ۱۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ متری (شاهد) طی خرداد لغایت اسفند ۱۴۰۲ صورت گرفت. نتایج نشان داد دمای آب در بازه ۲۱/۸۳±۰/۰۵ºc – ۳۰/۱۷±۰/۰۸ بود. بیشترین و کمترین شوری به ترتیب در خرداد ایستگاه ۱۰۰ متر (۳۸/۹±۰/۱۱ گرم بر لیتر) و آبان ایستگاه شاهد (۳۶/۹۳±۰/۰۶ گرم بر لیتر) ثبت شد. اسیدیته در دامنه ۷/۹۸±۰/۰۱ تا ۸/۲۳±۰/۰۰۷ میکروموس بر سانتیمتر مربع قرار داشت. بیشترین اکسیژن محلول در آبان مرکز مزرعه (۶/۳۷±۰/۰۳ میلی‌گرم بر لیتر) و کمترین در خرداد ایستگاه شاهد (۵/۰۲±۰/۰۲ میلی‌گرم بر لیتر) ثبت شد. میانگین TDS، کدورت، نیتریت، نیترات، آمونیوم، نیتروژن کل، فسفات و فسفر کل به ترتیب ۳۸۱۹۲/۲۵±۷۹/۶۸ (گرم بر لیتر، ۴/۳۶±۰/۰۸ (NTU)، ۰/۰۱۱، ۰/۲۱±۰/۰۰۸، ۰/۱۰±۰/۰۰۳، ۰/۵۰±۰/۰۰۸، ۰/۰۵±۰/۰۰۱، ۰/۱۲±۰/۰۰۳ میکروگرم بر لیتر به دست آمد. نتایج نشان داد بار مغذی زیست بوم مورد مطالعه نسبتاً پایدار و نشانه‌ای از غنی‌شدگی شدید مشاهده نمی‌شود. ولی، تغییرات موضعی در اطراف مزرعه در فصول گرم نشان می‌دهد که فعالیت‌های آبزی‌پروری می‌تواند به‌صورت محدود بر برخی شاخص‌های آب اثرگذار باشند، اگرچه این اثرات در منطقه با فرآیندهای طبیعی مانند اختلاط آب، جریان‌های محلی و ظرفیت خودپالایی محیط تعدیل می‌شوند.

ناشر: دانشگاه هرمزگان.

[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

## مقدمه

صنعت آبزی پروری با تأمین غذا برای جمعیت در حال افزایش، نقش مهمی در فراهم نمودن پروتئین و ریزمغذی‌های مورد نیاز بشر و تقویت امنیت غذایی ایفا می‌کنند (FAO, 2023). در بخش تولید آبزیان به جهت محدودیت بالای منابع آب‌های شیرین موجود و همچنین به دلیل قابلیت استفاده از پهنه های آبی باز باعث شده تا سیستم پرورش ماهی در قفس رونق یابد و به یکی از شیوه‌های نوین استفاده بهینه‌ی از منابع آبی و پرورش ماهی تبدیل شود (Iliyasu *et al*., 2016). با این حال افزایش شدت فعالیت های آبزی پروری در قفس منجر به تخلیه مداوم پسماندهای آلی و مواد مغذی به محیط پیرامونی شده است (Wang *et al*., 2021).

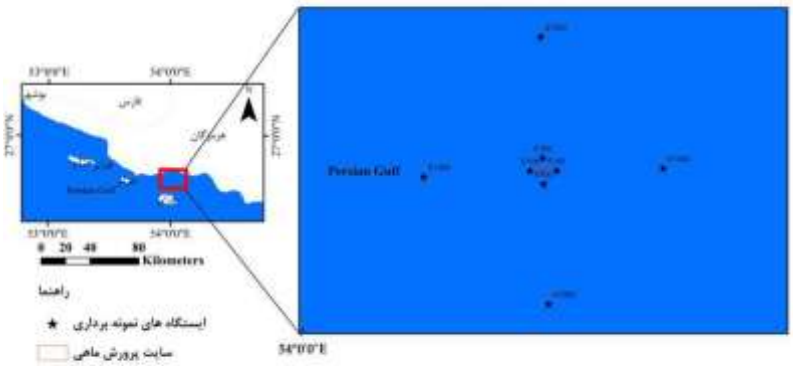
روش‌های آبزی پروری دارای مزایا و معایب متعددی هستند که علاوه بر اهمیت اقتصادی، توجه به پیامدهای محیط‌زیستی آن‌ها نیز باید مورد توجه قرار گیرد. از اثرات منفی آبزی‌پروری دریایی می‌توان به کاهش کیفیت آب زیست بوم آبی و تخریب احتمالی ذخایر طبیعی آبزیان اشاره نمود (Dapueto *et al*., 2015). سیستم پرورش در قفس نیز از این قاعده مستثنی نیست و علی‌رغم مزایای زیاد، به دلیل باز بودن این نوع سیستم، در صورت عدم پیروی از اصول پرورش پایدار به ویژه در مورد غذادهی ماهیان می‌تواند منجر به ورود حجم بالایی از آلاینده‌ها مانند نیتروژن و فسفر به محیط‌های دریایی شود (Ballester-Molto *et al*., 2017; McIver *et al*., 2018). ضایعات ناشی از غذای خورده نشده ماهی و فضولات ماهی در داخل و اطراف قفس‌ها جمع می‌شوند و منجر به غنی شدن آب از مواد مغذی می‌شوند (Mitra *et al*., 2024). این امر می‌تواند باعث افزایش سطح نیتروژن و فسفر شود که باعث می شود سطح اکسیژن محلول را کاهش دهد (Okechi *et al*., 2025). تغییرات در خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب به عنوان اولین تاثیر آبزی پروری می‌تواند تا فواصل معینی نسبت به محل قرارگیری قفس‌ها وجود داشته باشد (Yucel *et al*., 2007; Guo *et al*., 2009). میزان انتشار مواد دفعی از مکان‌های پرورشی با توجه به شرایط محیط و حوضه آبی محل قرارگیری قفس‌ها متفاوت است، به‌طوری‌که در دریاچه‌های کم عمق ممکن است محدود به محل قفس‌ها باشد (Guo *et al*., 2009) و یا در محیط‌های دریایی تا فاصله معینی نسبت به قفس‌ها امتداد یابد. پرورش ماهی در قفس به دلیل تجمع مواد آلی حاصل از غذای خورده نشده و مدفوع ماهی، تأثیرات قابل توجهی بر رسوب‌گذاری در زیر، قفس‌های ماهی دارد. این مواد در بستر دریاچه تجزیه می‌شوند و مواد مغذی مانند نیتروژن و فسفر را به ستون آب آزاد می‌کنند (Kolding *et al*., 2014). ارزیابی ترکیبات آلی در ستون آب به صورت اندازه‌گیری‌های مستقیم و یا با استفاده از مدل‌ها انجام می‌شود (Riera *et al*., 2022). از این رو با سنجش پارامترهای کلیدی کیفیت آب که تحت تأثیر این رویه قرار می‌گیرند، می‌تواند جهت توسعه شیوه‌های پایدار آبزی‌پروری و تدوین استراتژی‌های مدیریتی مؤثر مورد استفاده قرار گیرد (Okechi *et al*., 2025). در ایران مطالعاتی در ارتباط با اثرات پرورش ماهی در قفس انجام شده است که از آن جمله می توان به مطالعه akbarzadeh و همکاران (۲۰۲۰) اثرات پرورش ماهی سی باس (*Lates calcarifer*) بر کیفیت آب منطقه ریگو در جزیره قشم مورد بررسی قرار دادند که طبق نتایج آنها اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌های مطالعاتی از نظر غلظت نیترات، آمونیاک کل، فسفات و نیتریت در آب‌های مجاور محل استقرار قفس‌ها نسبت به آب‌های دورتر از محل استقرار قفس‌ها بود و در انتها گزارش شده است که مواد مغذی، کدورت آب و میزان تغذیه گرایی در محل استقرار قفس‌ها نسبت به آب‌های دورتر از محل استقرار قفس‌ها افزایش و کیفیت آب کاهش قابل توجهی را نشان داد. نتایج مطالعه karimiyan و همکارانش (۲۰۲۱) بر پارامترهای غیرزیستی آب در مجاورت قفس‌های پرورش قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در ساحل جنوبی دریای خزر، منطقه عباس آباد را نشان داد که میانگین نیتریت، نیترات، آمونیوم، نیتروژن کل، فسفات و فسفر کل به ترتیب ۳/۶۷، ۱۳۳/۴۵، ۹۲/۶، ۹۲۹/۷۲، ۲۱/۶۳ و ۳۷/۷۳ میکروگرم بر لیتر بود. همچنین بین میزان اکسیژن محلول، یون آمونیوم و فسفات در ایستگاه‌های مختلف نمونه برداری اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. همچنین نتایج مطالعه Yazdani و همکارانش (۲۰۲۰) بر میزان نیتروژن، فسفر و کربن آزاد شده به زیست بوم ناشی از پرورش قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در قفس‌های دریایی واقع در استان مازندران نشان داد که به ازای هر تن ماهی قزل آلای تولید شده در قفس‌های پرورش ماهی به طور میانگین ۷۳/۹۷۹ کیلوگرم نیتروژن و ۱۳/۸۹۳ کیلوگرم فسفر به محیط آزاد شده

[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

است. با توجه به روند رو به رشد صنعت پرورش ماهی در قفس، بررسی های بیشتری در راستای ارزیابی اثرات زیست محیطی ناشی از آن در دریای خلیج فارس مورد نیاز است. با توجه به شروع این فعالیت در دریایی خلیج فارس مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات فعالیت پرورش در قفس ماهی سی باس آسیایی (*Lates calcarifer*) بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی منطقه کیش صورت گرفت.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه در مزرعه ۳۰۰۰ تنی پرورش سی‌باس آسیایی (*Lates calcarifer*) واقع در سواحل خلیج فارس در استان هرمزگان، جزیره کیش در منطقه بندر آفتاب با موقعیت جغرافیایی ۲۶/۴۵ طول شرقی ۵۴ عرض شمالی مورد پایش قرار گرفت. برای انجام این تحقیق از ۴ ایستگاه، ایستگاه اول در مرکز قفس های پرورش ماهی سی باس، ایستگاه دوم در فاصله ۱۰ متری از قفس، ایستگاه سوم در فاصله ۱۰۰ متری و ایستگاه چهارم در فاصله ۱۰۰۰ متری (شاهد) از قفس از سمت شرق، غرب، شمال و جنوب (در مجموع ۱۳ مکان) در نظر گرفته شد (شکل ۱).




**شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری در منطقه مورد مطالعه (کیش)**

این پژوهش از خرداد ماه سال ۱۴۰۲ لغایت اسفند ماه سال ۱۴۰۲ در بخش آب‌های سطحی و زیر سطحی قفس‌های پرورشی ماهی سی‌باس آسیایی (*Lates calcarifer*) و در ساعت ۷ صبح در منطقه بندر آفتاب حوضه‌ی کیش، دریای خلیج فارس انجام شد. ۲۴ قفس پرورشی از نوع شناور با قطر ۳۰ متر، ارتفاع تور ۲۰ متر (چشمه تور ۱۰ میلی‌متر) که در فاصله ۳/۵ کیلومتری از ساحل و در عمق ۲۰ متری از سطح دریا مستقر شد. فعالیت پرورش، از ماهیانی با میانگین وزن ۴۰ گرم شروع شد. نمونه برداری از آب طی ۳ مرحله شامل : قبل از ذخیره سازی ماهی در قفس ( خرداد ماه ۱۴۰۲)، اواسط دوره پرورش (آبان ماه) و پس از دوره پرورش (اسفند ماه) در ایستگاه‌های مورد نظر با استفاده از دستگاه روتنر صورت گرفت. برای این منظور، ابتدا عمق لایه نورگیر (عمق شفافیت × ۱/۷۸) محاسبه شد سپس بوسیله روتنر از سه لایه سطحی، میانی و پایینی لایه نورگیر نمونه برداری صورت گرفت و سپس جهت آنالیز عوامل فیزیکوشیمیایی میزان ۱ لیتر نمونه آب برداشت شد. بعضی از عوامل فیزیکوشیمیایی از قبیل: pH، دما، شوری و هدایت الکتریکی در محل نمونه برداری (Wetzel and Likens, 1991) به وسیله دستگاه مولتی پارامتر پرتابل مدل مولتی ۳۴۰ آی و شفافیت با استفاده از صفحه سشی به قطر ۲۵ سانتیمتر بلا فاصله درمحل نمونه برداری (شفافیت با استفاده از صفحه سشی و میانگین دو عدد قابل رویت هنگام پایین و بالا آمدن صفحه سیاه و سفید بر حسب متر اندازه‌گیری شد) و بقیه

[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

عوامل فیزیکوشیمیایی در آزمایشگاه آنالیز شیمیایی پژوهشکده اکولوژی بندرعباس با استفاده از روش کار استاندارد برای آزمایش آب ارائه شده توسط انجمن بهداشت عمومی آمریکا اندازه‌گیری شد. عوامل فیزیکوشیمیایی آب شامل دما (درجه سانتیگراد)، شوری (گرم بر لیتر)، شفافیت (متر)، مواد جامد محلول کل (گرم در لیتر)، هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)، کدورت (UNT)، اکسیژن محلول (میلی‌گرم در لیتر)، اسیدیته (pH)، نیتروژن کل (میکروگرم در لیتر)، آمونیوم (میکروگرم در لیتر)، فسفر کل (میکروگرم در لیتر)، فسفات (میکروگرم در لیتر)، نیترات (میکروگرم در لیتر) و نیتریت (میکروگرم در لیتر) اندازه‌گیری گردید.

کدورت نمونه‌ها با دستگاه کدورت سنج TB-100 تعیین شد. و مقدار کدورت با استفاده از روش کار استاندارد برای آزمایش آب ارائه شده توسط انجمن بهداشت عمومی آمریکا اندازه‌گیری شد (APHA, 2005). جهت اندازه‌گیری نیترات و نیتریت از روش "DR/ 2500 Spectrophotometer HACH Cadmium Reduction Method" و "DR/ 2500 Spectrophotometer HACH Diazotization Method" استفاده گردید (APHA, 2005).

اکسیژن محلول (DO) با روش وینکلر اندازه‌گیری شد (Standard method, ۲۰۰۵). برای اندازه‌گیری آمونیوم و آمونیاک از روش "4500- NH3 NITROGEN (AMMONIDA) C.Nesslerization Method"، میزان NH4+ اندازه‌گیری شده و سپس با استفاده از جدول‌های استاندارد و میزان NH4+، دما و pH میزان تقریبی آمونیاک غیر یونیزه بدست آمد ( Standard method, 2005).

سنجش نیتروژن کل با روش "4500-Norg- Nitrogen Organic. C.Semi- Micro Kjeldal Method و سنجش فسفر کل به روش 4500-P. Phosphorus. E. Ascrobic acid Method انجام شد (APHA, 2005). برای تعیین کل مواد جامد محلول (TDS)، میزان ۱۰۰ سی‌سی آب با استفاده از صافی واتمن صاف و سپس مورد آزمایش قرار گرفت. اندازه‌گیری TDS با روش 2450 SOLIDS D. Total° Dissolved Solid Dried at 103-105 C صورت گرفت (APHA, 2005).

قبل از تجزیه و تحلیل، داده‌ها از نظر نرمال بودن یا نبودن با استفاده از آزمون کولموگراف–اسمیرنوف آزمون شدند. سپس داده‌ها در برنامه آماری Excell وارد و محاسبات مربوطه انجام و ترسیم نمودارها صورت گرفت. جهت تجزیه و تحلیل اثر زمان و ایستگاه بطور جداگانه روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی از آزمون واریانس یکطرفه و جهت مقایسه میانگین از آزمون توکی با استفاده از نرم افزار SPSS 26 در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده شد.

## نتایج

میانگین فاکتورهای فیزیکوشیمیایی بدست آمده در این تحقیق در جدول ۱ ثبت شد. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد میانگین دمای آب در هر چهار ایستگاه در ماه خرداد به طور معنی‌داری بیشتر از آبان و اسفند بود ($p$<۰/۰۵). بیشترین دما در مرکز مزرعه (۰/۰۸±۳۰/۱۷ درجه سانتی‌گراد) و کمترین مقدار میانگین دما در ایستگاه شاهد (۱۰۰۰ متری) در آبان (۰/۰۵±۲۱/۸۳درجه درجه سانتی‌گراد) ثبت شد. همچنین در هر سه ماه نمونه‌برداری، دمای ایستگاه شاهد (۱۰۰۰ متری) به طور معنی‌داری کمتر از سایر ایستگاه‌ها بدست آمد. به‌طور کلی، میانگین دما در ماه خرداد بالاتر و در فاصله ۱۰۰۰ متری پایین‌تر از سایر ایستگاه‌ها بود و اختلاف معنی‌دار عمدتاً میان ایستگاه ۱۰۰۰ متری و سایر ایستگاه‌ها مشاهده شد ($p$<۰/۰۵). این الگو بیانگر اثر هم‌زمان شرایط اقلیمی و موقعیت مکانی بر تغییرات دمای آب است. میانگین شوری در تمام ماه‌های نمونه‌برداری در ایستگاه شاهد (۱۰۰۰ متری) به طور معنی‌داری کمتر از سایر ایستگاه‌ها بود ($p$<۰/۰۵). در حالی که اختلاف معنی‌داری بین مرکز مزرعه، فاصله ۱۰ متری و فاصله ۱۰۰ متری مشاهده نشد ($p$>۰/۰۵). بیشترین مقدار شوری در خرداد (۰/۱۱±۳۸/۹ گرم بر لیتر) و کمترین مقدار در آبان (۰/۰۶±۳۶/۹۳ گرم بر لیتر) ثبت شد که نشانگر تغییرات فصلی شدید نبود. مقادیر اسیدیته در طول مطالعه در دامنه نسبتاً محدودی نوسان داشت، با این حال روند کلی نشان داد که در ماه‌های سردتر کاهش نسبی اسیدیته رخ داده است. مقادیر اسیدیته در خرداد به طور معنی‌داری بیشتر از آبان و اسفند بود ($p$<۰/۰۵) ولی بین ماه های آبان و اسفند اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p$>۰/۰۵). همچنین در اکثر موارد، اسیدیته در ایستگاه‌های نزدیک به مزرعه اندکی بیشتر از ایستگاه شاهد بود. بیشترین مقدار اسیدیته در

[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

مرکز مزرعه و ایستگاه شاهد در خرداد (۸/۲۳±۰/۰۰۷ و۸/۲۰±۰/۰۱) ثبت شد. بنابراین می توان اظهار داشت که اسیدیته دارای الگوی فصلی کاهشی از ماه گرم به ماه‌های سردتر است، در حالی‌که تفاوت مکانی آن محدودتر بوده است. میانگین اکسیژن محلول در هر چهار ایستگاه در خرداد به طور معنی‌داری کمتر از آبان و اسفند بود ($p<۰/۰۵$) این امر نشان‌دهنده‌ی افزایش اکسیژن محلول در ماه‌های سردتر است همچنین در هر سه ماه، ایستگاه شاهد مقادیر کمتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها نشان داد. بیشترین مقدار اکسیژن محلول در مرکز مزرعه در ماه آبان (۶/۳۷±۰/۰۳ میلی‌گرم در لیتر) و کمترین مقدار در ایستگاه شاهد در ماه خرداد (۵/۰۲±۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر) ثبت شد.

مقدار میانگین شفافیت آب در ایستگاه شاهد در هر سه ماه به طور معنی‌داری بیشتر از سایر ایستگاه‌ها بود ($p<۰/۰۵$)، حالی که بین مرکز مزرعه، فاصله ۱۰ متری و فاصله ۱۰۰ متری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). بیشترین شفافیت در ایستگاه شاهد خرداد (۴/۲۳±۰/۰۳ متر) و کمترین مقدار در مرکز مزرعه آبان (۳/۴۷±۰/۰۳ متر) ثبت شد. به‌طور فصلی نیز شفافیت در خرداد ماه بیشتر و در آبان ماه کمتر بوده است.

هدایت الکتریکی در تمام ایستگاه‌ها مقادیر بالایی نشان داد که با شوری زیاد آب‌های خلیج فارس مطابقت دارد. با وجود تغییرات مشاهده شده، اختلاف معنی‌داری مشخصی بین ایستگاه‌ها مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). در مجموع، هدایت الکتریکی تغییرات نسبتاً اندکی نشان داد و نوسان فصلی آن بیشتر از نوسان مکانی به‌طوری که مقادیر خرداد اندکی بالاتر از آبان و اسفند بودند، اما اختلاف‌ها در مقایسه با سایر فاکتورها چشمگیر نبودند.

نتایج نشان داد که مرکز مزرعه در خرداد نسبت به ماه‌های دیگر و نسبت به برخی دیگر از ایستگاه‌ها مقدار کدورت کمتری داشته است، در حالی‌که ایستگاه های ۱۰ و ۱۰۰ متری در برخی ماه‌ها کدورت بالاتری نشان داده‌اند. به‌طور کلی، الگوی کدورت نسبت به سایر فاکتورها پیچیده‌تر و وابسته به هر ماه بوده است. به طوری که در ماه اسفند کدورت در مرکز مزرعه و ایستگاه‌های نزدیک به مزرعه بیشتر از ایستگاه شاهد بود. بیشترین مقدار کدورت در فاصله ۱۰ متری در ماه خرداد (۴/۹۳±۰/۱۳ NTU) و کمترین مقدار در مرکز مزرعه در ماه خرداد (۳/۸۷±۰/۱۲ NTU) مشاهده شد.

مقادیر کل مواد جامد محلول در تمام ایستگاه‌ها بالا بود که نشان‌دهنده غلظت زیاد املاح محلول در آب‌های خلیج فارس است. در برخی ایستگاه‌ها (۱۰۰ متری و ۱۰۰۰ متری) نسبت به مرکز مزرعه اختلاف معنی‌دار فصلی مشاهده شد، به طوری که مقادیر خرداد به طور معنی‌داری بیشتر از آبان و اسفند بود($p<۰/۰۵$).

در مقادیر فاکتور فسفات، اختلاف معنی‌دار بارزی دیده نمی‌شود و فسفات در کل سامانه نسبتاً یکنواخت بوده است و اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌های مختلف و همچنین بین ماه‌های نمونه‌برداری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). بیشترین مقدار فسفات در ایستگاه ۱۰۰۰ متری خرداد (۰/۰۶±۰/۰۰۲ میکروگرم در لیتر) و کمترین مقدار در مرکز مزرعه اسفند (۰/۰۳۹±۰/۰۰۳ میکروگرم در لیتر) ثبت شد. نتایج نشان داد غلظت فسفر کل در اغلب ایستگاه‌ها در خرداد بیشتر از آبان و اسفند بود. در ایستگاه ۱۰ متری اختلاف معنی‌دار فصلی مشاهده شد، به طوری که مقدار فسفر کل در خرداد به طور معنی‌داری بیشتر از آبان و اسفند بود($p<۰/۰۵$). با این حال، اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌ها مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). غلظت آمونیوم در محدوده ۰/۰۸۷ تا ۰/۱۱۵ میکروگرم در لیتر قرار داشت و اختلاف معنی‌داری بین ماه‌ها و ایستگاه‌ها مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). آمونیوم در برخی مواقع در ایستگاه‌های نزدیک به مزرعه بالاتر بود، بیشترین مقدار در فاصله ۱۰ متری در خرداد (۰/۱۱۵±۰/۰۰۵ میکروگرم در لیتر) و کمترین مقدار در فاصله ۱۰۰ متری در اسفند (۰/۰۸۷±۰/۰۰۵ میکروگرم در لیتر) ثبت شد. غلظت نیترات در خرداد عموماً بیشتر از آبان و اسفند بود، اگرچه اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌ها و ماه‌ها مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). بیشترین مقدار در فاصله ۱۰ متری خرداد (۰/۰۱۵ ±۰/۲۳۴ میکروگرم در لیتر) و کمترین مقدار در مرکز مزرعه اسفند (۰/۱۷۶±.۰/۰۱۹ میکروگرم در لیتر) ثبت شد. غلظت نیتریت در تمامی ایستگاه‌ها و ماه‌ها بسیار پایین بود و اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). بیشترین مقدار در خرداد (۰/۰۱۳±۰/۰۰۲ میکروگرم در لیتر) و کمترین مقدار در آبان (۰/۰۰۹±۰/۰۰۱ میکروگرم در لیتر) ثبت شد. غلظت نیتروژن کل در محدوده ۰/۴۴۸ تا ۰/۵۲۸ میلی‌گرم در لیتر قرار داشت و اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌ها مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). بیشترین مقدار در ایستگاه

[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

۱۰۰۰ متری در ماه آبان (۰/۰۱۴±۰/۵۲۸ میکروگرم در لیتر) و کمترین مقدار در مرکز مزرعه در ماه اسفند (۰/۲۲۵±۰/۴۵۳ میکروگرم در لیتر) اندازه‌گیری شد.

**جدول ۱. پارامترهای فیزیکوشیمیایی مجاور قفس های دریایی پرورش ماهی در خلیج فارس (جزیره کیش)**

| فاکتور | فاصله (متر) | خرداد | آبان | اسفند |
|---|---|---|---|---|
| دما (درجه سانتی گراد) | مرکز | $^{Aa}$۳۰/۱۷±۰/۰۸ | $^{Ba}$۲۳/۸۶±۰/۰۷ | $^{Ba}$۲۴/۴۶±۰/۰۷ |
| | ۱۰ | $^{Aa}$۳۰±۰/۰۷ | $^{Ba}$۲۳/۷۵±۰/۰۵ | $^{Ba}$۲۴/۵±۰/۰۳ |
| | ۱۰۰ | $^{Aa}$۲۹/۸۸±۰/۰۸ | $^{Ba}$۲۳/۵۶±۰/۰۵ | $^{Ba}$۲۴/۲۷±۰/۰۵ |
| | ۱۰۰۰ | $^{Ab}$۲۷/۹۷±۰/۰۸ | $^{Bb}$۲۱/۸۳±۰/۰۵ | $^{Bb}$۲۲/۵۷±۰/۰۶ |
| شوری (گرم در لیتر) | مرکز | $^{a}$۳۸/۹±۰/۱۱ | $^{a}$۳۷/۹±۰/۰۶ | $^{a}$۳۸/۰۷±۰/۱۷ |
| | ۱۰ | $^{a}$۳۸/۸۱±۰/۰۸ | $^{a}$۳۷/۹۴±۰/۰۸ | $^{a}$۳۷/۹۵±۰/۰۵ |
| | ۱۰۰ | $^{a}$۳۸/۹۲±۰/۱۳ | $^{a}$۳۷/۸۸±۰/۰۶ | $^{a}$۳۷/۹۶±۰/۰۶ |
| | ۱۰۰۰ | $^{b}$۳۷/۸۹±۰/۰۹ | $^{b}$۳۶/۹۳±۰/۰۶ | $^{b}$۳۷/۰۲±۰/۰۷ |
| اسیدیته | مرکز | $^{A}$۸/۲۳±۰/۰۰۷ | $^{B}$۸/۰۱±۰/۰۳ | $^{B\,a}$۸/۰۲±۰/۰۰۹ |
| | ۱۰ | $^{A}$۸/۲±۰/۰۱ | $^{B}$۸±۰/۰۱ | $^{B\,b}$۷/۹۸±۰/۰۱ |
| | ۱۰۰ | $^{A}$۸/۱۸±۰/۰۱ | $^{B}$۷/۹۹±۰/۰۲ | $^{B\,b}$۷/۹۹±۰/۰۱ |
| | ۱۰۰۰ | $^{A}$۸/۲±۰/۰۱ | $^{B}$۷/۹۹±۰/۰۱ | $^{B\,a}$۸±۰/۰۱ |
| اکسیژن محلول (میلی گرم در لیتر) | مرکز | $^{B\,a}$۶/۰۷±۰/۰۳ | $^{Aa}$۶/۳۷±۰/۰۳ | $^{A\,a}$۶/۴±۰/۱ |
| | ۱۰ | $^{B}$ $^{a}$۵/۹۸±۰/۰۴ | $^{A\,a}$۶/۲۶±۰/۰۲ | $^{A\,a}$۶/۳۷±۰/۰۲ |
| | ۱۰۰ | $^{B\,a}$۵/۹۵±۰/۰۲ | $^{A\,a}$۶/۲۲±۰/۰۳ | $^{A\,a}$۶/۳۰±۰/۰۳ |
| | ۱۰۰۰ | $^{B\,b}$۵/۰۲±۰/۰۲ | $^{A\,b}$۵/۳۵±۰/۰۳ | $^{A\,b}$۵/۴۲±۰/۰۲ |
| شفافیت آب (متر) | مرکز | $^{A\,b}$۳/۷۳±۰/۰۳ | $^{B\,b}$۳/۴۷±۰/۰۳ | $^{B\,b}$۳/۶±۰/۰۶ |
| | ۱۰ | $^{A\,b}$۳/۸۲±۰/۰۴ | $^{B\,b}$۳/۵۲±۰/۰۳ | $^{B\,b}$۳/۵۶±۰/۰۳ |
| | ۱۰۰ | $^{A\,b}$۳/۸۵±۰/۰۲ | $^{B\,b}$۳/۶۱±۰/۰۲ | $^{B\,b}$۳/۶۳±۰/۰۳ |
| | ۱۰۰۰ | $^{A\,a}$۴/۲۳±۰/۰۳ | $^{B\,a}$۴/۰۲±۰/۰۳ | $^{B\,a}$۴/۰۷±۰/۰۳ |
| هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی متر) | مرکز | ۵۲۹۷۷±۵۹/۶ | ۵۱۶۹۳±۳۹۲/۷۳ | ۵۲۰۰۲±۳۹۲/۲۳ |
| | ۱۰ | ۵۲۹۷۲±۱۶۴/۴ | ۵۱۶۹۲±۱۴۸/۴۵ | ۵۲۰۴۴±۱۰۶/۳ |
| | ۱۰۰ | ۵۲۹۲۲±۱۲۳/۱۵ | ۵۱۵۸۵±۱۲۷/۸۳ | ۵۱۸۹۲±۱۶۵/۷ |
| | ۱۰۰۰ | ۵۲۸۶۸±۹۹/۴۵ | ۵۱۶۱۳±۲۰۴/۲ | ۵۱۹۴۷±۱۳۵/۰۴ |
| کدورت (NTU) | مرکز | $^{B\,b}$۳/۸۷±۰/۱۲ | $^{A\,b}$۴/۲۷±۰/۲۸ | $^{A\,a}$۴/۲۷±۰/۲۸ |
| | ۱۰ | $^{A\,a}$۴/۹۳±۰/۱۳ | $^{B\,ab}$۴/۴۲±۰/۱۲ | $^{B\,b}$۳/۹۳±۰/۱۴ |
| | ۱۰۰ | $^{A\,a}$۴/۵۸±۰/۰۷ | $^{B\,ab}$۴/۴۷±۰/۱۹ | $^{B\,b}$۳/۹۱±۰/۱۵ |
| | ۱۰۰۰ | $^{b}$۴/۴۶±۰/۱۳ | $^{a}$۴/۵۵±۰/۱۶ | $^{ab}$۴/۱۶±۰/۱۶ |
| کل مواد جامد محلول در آب (گرم در لیتر) | مرکز | ۳۸۷۷۳±۸۹/۴۲ | ۳۷۶۸۶±۴۵۱/۹۷ | ۳۷۸۱۲±۴۰۹/۰۰۹ |
| | ۱۰ | ۳۹۰۵۶±۱۶۰/۹۵ | ۳۷۷۶۷±۷۷/۲۶ | ۳۷۹۴۴±۱۴۲/۹۴ |
| | ۱۰۰ | $^{A}$۳۹۰۵۷±۱۰۰/۹۳ | $^{B}$۳۷۵۷۸±۱۹۳/۸۳ | $^{B}$۳۷۶۹۶±۱۷۴/۹۴ |
| | ۱۰۰۰ | $^{A}$۳۹۲۱۱±۱۱۴/۲۹ | $^{B}$۳۷۶۸۱±۱۶۲/۱۵ | $^{B}$۳۷۸۱۳±۱۴۲/۳۸ |
| فسفات (میکروگرم در لیتر) | مرکز | ۰/۰۵۳±۰/۰۰۵ | ۰/۰۴۹±۰/۰۰۹ | ۰/۰۳۹±۰/۰۰۳ |
| | ۱۰ | ۰/۰۵۸±۰/۰۰۲ | ۰/۰۴۶±۰/۰۰۳ | ۰/۰۵۴±۰/۰۰۳ |
| | ۱۰۰ | ۰/۰۵۹±۰/۰۰۳ | ۰/۰۵۱±۰/۰۰۲ | ۰/۰۵۱±۰/۰۰۳ |
| | ۱۰۰۰ | ۰/۰۶۰±۰/۰۰۲ | ۰/۰۵۱±۰/۰۰۳ | ۰/۰۵۱±۰/۰۰۳ |
| فسفر کل (میکروگرم در لیتر) | مرکز | ۰/۱۲۴±۰/۰۲۱ | ۰/۱۴۸±۰/۰۰۳ | ۰/۱۲۱±۰/۰۰۶ |
| | ۱۰ | $^{A}$۰/۱۴۲±۰/۰۰۶ | $^{B}$۰/۱۲۷±۰/۰۰۸ | $^{B}$۰/۱۱۴±۰/۰۰۳ |
| | ۱۰۰ | ۰/۱۳۰±۰/۰۰۷ | ۰/۱۱۹±۰/۰۰۵ | ۰/۱۲۱±۰/۰۰۵ |
| | ۱۰۰۰ | ۰/۱۳۲±۰/۰۰۴ | ۰/۱۲۶±۰/۰۰۶ | ۰/۱۲۰±۰/۰۰۵ |

[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| آمونیوم (میکروگرم در لیتر) | مرکز | ۰/۱۰۶±۰/۰۰۶ | ۰/۰۹۸±۰/۰۰۸ | ۰/۱۰۳±۰/۰۰۷ |
| | ۱۰ | ۰/۱۱۵±۰/۰۰۵ | ۰/۰۹۶±۰/۰۰۵ | ۰/۱۰۱±۰/۰۰۷ |
| | ۱۰۰ | ۰/۱۱۱±۰/۰۰۴ | ۰/۱۰۱±۰/۰۰۵ | ۰/۰۸۷±۰/۰۰۵ |
| | ۱۰۰۰ | ۰/۱۱۰±۰/۰۰۷ | ۰/۱۰۹±۰/۰۰۷ | ۰/۰۹۸±۰/۰۰۴ |
| نیترات (میکروگرم در لیتر) | مرکز | ۰/۲۳۱±۰/۰۲۱ | ۰/۱۷۸±۰/۰۱۴ | ۰/۱۷۶±۰/۰۱۹ |
| | ۱۰ | ۰/۲۳۴±۰/۰۱۵ | ۰/۱۸۴±۰/۰۱۹ | ۰/۲۱۹±۰/۰۱۴ |
| | ۱۰۰ | ۰/۲۲۹±۰/۰۱۷ | ۰/۲۲۶±۰/۰۱۲ | ۰/۱۹۸±۰/۰۱۴ |
| | ۱۰۰۰ | ۰/۲۲۷±۰/۰۱۹ | ۰/۱۹۱±۰/۰۱۶ | ۰/۱۹۸±۰/۰۱۷ |
| نیتریت (میکروگرم در لیتر) | مرکز | ۰/۰۱۳±۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۹±۰/۰۰۱ | ۰/۰۱۱ |
| | ۱۰ | ۰/۰۱۳±۰/۰۰۱ | ۰/۰۱۰±۰/۰۰۱ | ۰/۰۱۱ |
| | ۱۰۰ | ۰/۰۱۳±۰/۰۰۱ | ۰/۰۱۱±۰/۰۰۱ | ۰/۰۱۰±۰/۰۰۱ |
| | ۱۰۰۰ | ۰/۰۱۲±۰/۰۰۱ | ۰/۰۱۰±۰/۰۰۱ | ۰/۰۱۱±۰/۰۰۱ |
| نیتروژن کل (میکروگرم در لیتر) | مرکز | ۰/۵۱۲±۰/۰۳۷ | ۰/۴۷۵±۰/۰۱۶ | ۰/۴۵۳±۰/۰۲۵ |
| | ۱۰ | ۰/۵۱۲±۰/۰۰۱۱۴ | ۰/۴۴۸±۰/۰۱۸ | ۰/۵۰۸±۰/۰۱۸ |
| | ۱۰۰ | ۰/۵۰۵±۰/۰۱۳ | ۰/۴۴۸±۰/۰۱۲ | ۰/۵۱۸±۰/۰۱۰ |
| | ۱۰۰۰ | ۰/۵۱۳±۰/۰۱۹ | ۰/۵۲۸±۰/۰۱۴ | ۰/۵۰۸±۰/۰۱۷ |

**حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون و حروف بزرگ غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح ۵٪ است.**

## بحث

افزایش دمای آب در خرداد با شرایط اقلیمی خلیج فارس و افزایش شدت تابش خورشیدی در فصل گرم مطابقت دارد. کاهش دما در فواصل دورتر (۱۰۰۰ متری) می‌تواند ناشی از کاهش تأثیر مستقیم فعالیت‌های مزرعه‌ای و افزایش اختلاط با آب‌های طبیعی‌تر باشد. دما یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده فرآیندهای زیستی در زیست بوم‌های دریایی است و افزایش آن می‌تواند موجب افزایش سرعت سوخت و ساز، مصرف اکسیژن و فعالیت میکروبی شود. نتایج این مطالعه با گزارش‌های منتشر شده برای آب‌های ساحلی خلیج فارس مطابقت دارد که بیشترین دما را در ماه‌های گرم سال گزارش کرده‌اند (Reynolds, 2002; Sheppard *et al*., 2010). این روند با دیگر مطالعات هم‌خوانی دارد و نشان می‌دهد افزایش تابش خورشیدی و کاهش بارش در فصل‌های گرم باعث افزایش دمای آب‌های سطحی می‌شود (IPCC., 2021; Wetzel, 2022). مطالعات جهانی نشان داده‌اند که افزایش دما معمولاً با کاهش ظرفیت نگهداری اکسیژن محلول و افزایش فعالیت میکروبی همراه است (Li *et al*., 2020; Khanjani *et al*., 2024). دمای بالا و شوری زیاد از ویژگی‌های طبیعی آب‌های خلیج فارس محسوب می‌شوند. مطالعات انجام شده توسط Sheppard و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که خلیج فارس یکی از گرم‌ترین و شورترین پهنه‌های دریایی جهان است و تغییرات فصلی دما عمدتاً تحت تأثیر شرایط اقلیمی منطقه قرار دارد. مطالعه Sarà (۲۰۰۷) نشان داد که فعالیت مزارع پرورش ماهی معمولاً تأثیر مستقیمی بر شوری آب ندارد و تغییرات مشاهده شده بیشتر ناشی از فرآیندهای طبیعی تبخیر، نوسانات هیدرولوژیکی و اختلاط آب است. عدم وجود اختلاف معنی‌دار قابل توجه در شوری بین ماه‌ها و ایستگاه‌ها (بجز ایستگاه شاهد) می تواند موید مطالعه محقق مذکور و نشان‌دهنده پایداری نسبی شرایط هیدرولوژیک منطقه است. لازم به ذکر است که بالا بودن شوری در محدوده مزرعه احتمالاً ناشی از تبخیر شدید آب در منطقه و شرایط نیمه‌بسته آب‌های اطراف قفس‌ها است. برخی مطالعات نشان داده‌اند که استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی باعث افزایش هدایت الکتریکی و شوری در آب‌های سطحی و زیرسطحی می‌شود (FAO, 2021; Liu *et al*., 2023). کاهش تدریجی این پارامترها با افزایش فاصله نشان‌دهنده اثر رقیق‌سازی و خودپالایی طبیعی اکوسیستم‌های آبی است.

اسیدیته یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت آب محسوب می‌شود و تغییرات آن بر تعادل شیمیایی عناصر غذایی و سمیت ترکیبات نیتروژنی تأثیر می‌گذارد. مطالعات Khanjani و همکاران (۲۰۲۴) و Li و همکاران (۲۰۲۰) نشان داده‌اند که اسیدیته در محدوده ۷/۸ تا ۸/۳ شرایط مناسبی برای فعالیت‌های زیستی در زیست بوم های دریایی فراهم می‌کند. مقادیر اسیدیته ثبت شده در این مطالعه در محدوده طبیعی آب‌های دریایی و در تمام نقاط در محدوده قلیایی خفیف قرار داشت. اما در فواصل نزدیک‌تر به

[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

مزرعه کمی نوسان بیشتر دیده شد. این الگو می‌تواند به ورود ترکیبات قلیایی ناشی از مواد آلی مرتبط باشد. بر اساس مطالعات اخیر (WHO, 2022)، تغییرات اسیدیته در زیست بوم‌های آبزی پروری اغلب به ورودی مواد مغذی، تجزیه مواد آلی، شدت فعالیت زیستی، نرخ تجزیه مواد آلی و تبادل گازها با جو وابسته است. افزایش اسیدیته در ماه خرداد احتمالاً ناشی از افزایش فعالیت فتوسنتزی و مصرف دی‌اکسیدکربن در شرایط دمایی بالاتر است.

اکسیژن محلول یکی از حساس‌ترین شاخص‌های کیفیت آب به شمار می‌رود و نقش کلیدی در فرآیندهای اکسیداسیون، تنفس موجودات آبزی و تجزیه مواد آلی دارد. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که افزایش دما و بار آلی محیط معمولاً باعث کاهش غلظت اکسیژن محلول می‌شود (Li *et al*., 2020; Khanjani *et al*., 2024). کاهش اکسیژن محلول در خرداد و همچنین در برخی نقاط به‌ویژه در فواصل دورتر را می‌توان به افزایش دمای آب نسبت داد، زیرا با افزایش دما ظرفیت نگهداری اکسیژن در آب کاهش می‌یابد. در ماه‌های سردتر، افزایش غلظت اکسیژن محلول مشاهده شد. این الگو با کاهش دمای آب و افزایش حلالیت اکسیژن در دماهای پایین‌تر سازگار است. از سوی دیگر، تجزیه مواد آلی تجمع‌یافته در اطراف قفس‌ها نیز می‌تواند موجب مصرف اکسیژن شود. یافته های این مطالعه با مطالعات (Li *et al*., 2020; Khanjani *et al*., 2024; US EPA, 2023). همخوانی دارد.

شفافیت آب شاخصی از میزان نفوذ نور و غلظت ذرات معلق محسوب می‌شود. کاهش شفافیت و افزایش کدورت در ایستگاه‌های نزدیک به مزرعه احتمالاً ناشی از افزایش ذرات معلق، بقایای خوراک و مواد آلی حاصل از فعالیت‌های پرورش ماهی بوده است. مطالعات انجام شده در مزارع پرورش ماهی دریایی نشان داده‌اند که تجمع ذرات آلی و معدنی در ستون آب موجب کاهش شفافیت و افزایش بار معلق می‌شود. Abbasian و همکاران (۲۰۲۳) در مزرعه قفس واقع در شمال جزیره کیش نیز افزایش کدورت و کاهش شفافیت را در اطراف قفس‌ها گزارش کردند که با تحقیق حاضر مطابقت دارد. شفافیت بیشتر در ایستگاه شاهد نسبت به ایستگاه‌های نزدیک مزرعه احتمالاً ناشی از کاهش ذرات معلق و مواد آلی در این فاصله بوده است. افزایش کدورت در برخی ماه‌ها (خصوصاً خرداد) نشان‌دهنده افزایش ذرات معلق و رواناب سطحی است. مطالعات جهانی در مزارع پرورش ماهی نشان داده‌اند که فعالیت‌های آبزی‌پروری می‌توانند موجب کاهش شفافیت و افزایش کدورت آب شوند (Sara., 2007; Bilotta & Brazier., 2020).

هدایت الکتریکی بازتابی از مجموع یون‌های محلول در آب است و معمولاً با شوری همبستگی بالایی دارد. بر اساس مطالعات جهانی، EC یکی از شاخص‌های پایدار کیفیت آب بوده و تغییرات آن عمدتاً تحت تأثیر تغییرات فصلی دما و شوری محیط قرار دارد. نتایج تحقیق حاضر با مطالعه (Sheppard *et al*., 2010; Li *et al*., 2020). همخوانی دارد. این محققین نیز تاثیر نوسانات فصلی را بیشتر از مکانی گزارش نمودند.

افزایش کدورت در اطراف قفس‌ها احتمالاً ناشی از فعالیتهای پرورشی ماهیان، ورود خوراک، تولید فضولات و تجمع ذرات معلق است. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که افزایش کدورت می‌تواند نفوذ نور را کاهش داده و بر تولید اولیه و ساختار جوامع زیستی تأثیر بگذارد. تحلیل مطالعات آبزی‌پروری نشان داده است که کدورت و شفافیت از جمله پارامترهایی هستند که بیشترین پاسخ را به فعالیت مزارع پرورش ماهی نشان می‌دهند (Sara, 2007; Abbasian *et al*., 2023). افزایش کدورت در ایستگاه های نزدیک به قفس های پرورش آبزیان را گزارش نمودند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

بالا بودن کل مواد جامد محلول (TDS) در آب‌های منطقه عمدتاً به دلیل شوری طبیعی خلیج فارس و تبخیر شدید آب است. مقادیر بالای TDS در تمامی ایستگاه‌ها با شوری طبیعی خلیج فارس مطابقت دارد و معمولاً در محیط‌های دریایی رابطه مستقیمی با شوری و هدایت الکتریکی دارد. تغییرات محدود TDS ایستگاه های مورد بررسی در این مطالعه بیانگر پایداری نسبی کیفیت عمومی آب منطقه است. کاهش نسبی TDS در آبان و اسفند می‌تواند ناشی از کاهش دما، کاهش نرخ تبخیر و افزایش اختلاط آب در ماه‌های سردتر باشد چنین نتایجی نیز توسط Sheppard و همکاران (۲۰۱۰) گزارش شد.

مطالعات انجام شده در مناطق ساحلی خلیج فارس نیز نوسانات نسبتاً اندک فسفات را گزارش کرده‌اند که عمدتاً تحت تأثیر فرآیندهای هیدرودینامیکی و اختلاط آب قرار دارد (Ghaemi *et al*., 2024; Al-Ansari, 2022). ثبات غلظت فسفات در طول دوره مطالعه نشان می‌دهد که فعالیت مزرعه پرورش ماهی تأثیر محسوسی بر غلظت این عنصر در ستون آب نداشته است. عدم

[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

مشاهده اختلاف معنی‌دار بین ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که بار فسفری منطقه در محدوده طبیعی قرار داشته است که با نتایج مطالعات (Li *et al*., 2020) مطابقت دارد. اهمیت فسفات از این جهت اهمیت بسزایی دارد که افزایش بیش از حد فسفات می‌تواند موجب یوتریفیکاسیون، افزایش کدورت و تغییر ساختار زیست بوم شود (Li *et al*., 2020).

فسفر یکی از عناصر محدودکننده تولید اولیه در بسیاری از زیست بوم‌های آبی محسوب می‌شود، اما در محیط‌های دریایی با تبادل مناسب آب، تغییرات آن معمولاً محدود است (Ghaemi *et al*., 2024). افزایش فسفر کل در خرداد احتمالاً ناشی از افزایش فعالیت زیستی، تجزیه مواد آلی و بازگردش عناصر غذایی از رسوبات به ستون آب در شرایط دمایی بالاتر است. در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری، افزایش دما می‌تواند سرعت معدنی شدن مواد آلی و آزادسازی فسفر را افزایش دهد. فسفر کل بیانگر مجموع اشکال آلی و معدنی فسفر در آب است و به عنوان یکی از شاخص‌های اصلی ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای اکوسیستم‌ها شناخته می‌شود. Al-Ansari و همکاران (۲۰۲۲) بیان کردند که گردش آب و فرآیندهای اختلاط منطقه‌ای نقش مهمی در جلوگیری از تجمع بیش از حد مواد مغذی از جمله فسفر در آب‌های خلیج فارس ایفا می‌کنند. بنابراین تغییرات محدود فسفر کل در این مطالعه احتمالاً نشان‌دهنده تبادل مناسب آب و عدم تجمع شدید مواد مغذی در منطقه است.

آمونیوم یکی از مهم‌ترین فرآورده‌های حاصل از تجزیه مواد آلی و دفع مواد زائد آبزیان است. ثبات نسبی غلظت آمونیوم در این مطالعه احتمالاً نشان‌دهنده تبادل مناسب آب در منطقه و جلوگیری از تجمع ترکیبات احیا شده نیتروژن است. چنین شرایطی در بسیاری از مناطق دریایی باز خلیج فارس گزارش شده است. مطالعات جهانی نشان داده‌اند که آمونیوم حساس‌ترین شاخص شیمیایی برای تشخیص اثرات آبزی‌پروری بر ستون آب محسوب می‌شود و افزایش آن می‌تواند کیفیت آب را تحت تأثیر قرار دهد (Sara, 2007; Mook *et al*., 2012).

نیترات پایدارترین شکل اکسیدشده نیتروژن در محیط‌های آبی محسوب می‌شود و تغییرات آن معمولاً تحت تأثیر فرآیندهای نیتریفیکاسیون، چرخه طبیعی مواد مغذی و شرایط هیدرودینامیکی قرار دارد (Ghaemi *et al*., 2024). دامنه محدود تغییرات نیترات در این مطالعه نشان‌دهنده پایداری نسبی شرایط محیطی و عدم وقوع غنی‌شدگی شدید مواد مغذی در منطقه مورد بررسی است. همچنین عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که فعالیت مزرعه تأثیر قابل توجهی بر تجمع نیترات در ستون آب نداشته و احتمالاً ظرفیت خودپالایی زیست بوم منطقه و تبادل مناسب آب و جریان‌های آب موجب پراکنش و رقیق‌شدن ترکیبات نیتروژنی شده‌اند.

نیتریت یک ترکیب حدواسط در چرخه نیتروژن محسوب می‌شود و معمولاً در محیط‌های دریایی غلظت پایینی دارد. پایین بودن غلظت نیتریت در تمامی ایستگاه‌ها نشان‌دهنده عملکرد مناسب فرآیندهای نیتریفیکاسیون و عدم اختلال در چرخه نیتروژن است. تجمع نیتریت معمولاً نشانه استرس محیطی یا اختلال در فرآیندهای اکسیداسیون نیتروژن است (Cascitto, 2016; Ciji and Akhtar., 2020). نیتروژن کل بیانگر مجموع شکل‌های آلی و معدنی نیتروژن موجود در آب است. عدم وجود اختلاف معنی‌دار میان ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که فعالیت مزرعه تأثیر قابل توجهی بر غلظت کلی ترکیبات نیتروژنی نداشته است. احتمالاً تبادل مناسب آب و جریان‌های محلی مانع از تجمع این ترکیبات در اطراف مزرعه شده‌اند. غلظت مواد مغذی در طول مطالعه تغییرات محدودی نشان داد. نتایج مشابهی توسط Jahani و همکاران (۲۰۱۲) در خور غزاله (خور موسی) گزارش شد که در آن تغییرات ترکیبات نیتروژنی و فسفری تحت تأثیر جریان‌های آبی و اختلاط آب قرار داشت و تجمع شدید این ترکیبات مشاهده نشد.

## نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این مطالعه، می‌توان نتیجه گرفت که کیفیت آب در منطقه مورد بررسی تحت تأثیر هم‌زمان عوامل فصلی و موقعیت مکانی قرار دارد، به‌طوری‌که تغییرات فصلی (به‌ویژه تفاوت بین ماه خرداد و ماه‌های سردتر آبان و اسفند) نقش برجسته‌تری نسبت به تغییرات مکانی در اکثر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی داشته است. افزایش دما در فصل گرم با کاهش اکسیژن محلول، افزایش نسبی برخی مواد مغذی و تغییر در برخی شاخص‌های فیزیکوشیمیایی همراه بوده و این الگو با ویژگی‌های اقلیمی خلیج فارس همخوانی دارد. در بیشتر پارامترها، اختلاف معنی‌دار بین ایستگاه شاهد (۱۰۰۰ متری) و ایستگاه‌های نزدیک به مزرعه مشاهده شد

[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

که نشان‌دهنده اثرات موضعی فعالیت‌های آبزی‌پروری بر کیفیت آب است. این اثرات بیشتر در پارامترهایی مانند شفافیت، کدورت، مواد آلی کل و برخی ترکیبات نیتروژنی قابل مشاهده بود، در حالی‌که پارامترهای پایدارتری مانند شوری، هدایت الکتریکی، فسفات و نیتروژن کل تغییرات محدود و عمدتاً غیرمعنی‌دار نشان دادند. به‌طور کلی، نتایج بیانگر آن است که زیست بوم مورد مطالعه از نظر بار مغذی در وضعیت نسبتاً پایدار قرار دارد و نشانه‌ای از غنی‌شدگی شدید مواد مغذی مشاهده نمی‌شود. با این حال، تغییرات موضعی در اطراف مزرعه به‌ویژه در برخی فصول گرم نشان می‌دهد که فعالیت‌های پرورش ماهی می‌توانند به‌صورت محدود بر برخی شاخص‌های کیفی آب اثرگذار باشند، اگرچه این اثرات در مقیاس کلی منطقه توسط فرآیندهای طبیعی مانند اختلاط آب، جریان‌های محلی و ظرفیت خودپالایی محیط تعدیل می‌شوند. در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که کیفیت آب منطقه بیشتر تحت کنترل شرایط طبیعی خلیج فارس قرار دارد و اثرات فعالیت مزرعه‌ای در حد موضعی و محدود بوده و به‌طور کلی منجر به تغییرات شدید یا پایدار در کل سامانه نشده است.

## سپاسگزاری

نویسندگان از مجموعه مدیریتی پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان و شرکت طرح و توسعه نیکسا در فراهم نمودن امکانات لازم برای انجام مطالعه حاضر قدردانی می نمایند.

## References

Abbasian, M., Haghshenas, S.A., Shah-hosseini, M., Farhangmehr, A., Rezai, H., Arab, A.R. and Risk, M.J., 2023. Biodeposit dispersion around a deep cage finfish farm in the Northern Persian Gulf. Regional Studies in Marine Science, 63, p.102950. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.102950

Akbarzadeh Chomachaei, G karimzadeh,R., Saraji, F., Aghagary khazaei, SH., Behzadi, S., Darvishi,M., zahedi,M.R., Rohani-Ghadikolaei, K., Fourooghifard, H., Abdolalian, H., Mohebbi Nozar,S.L., Seddiq Mortazavi, M. 2020. Investigating environmental conditions around fish farming cages on Qeshm Island in Hormozgan Province. *Iranian Fisheries Sciences Research Organization*. 167PP. (in Persian)

Al-Ansari, I., Al-Yamani, F., Rao, D. V. S., & Muraleedharan, K. R. 2022. Upwelling and nutrient dynamics in the Arabian Gulf and Sea of Oman. Scientific Reports, 12, 17869. https:// doi.org /10.1371/journal.pone.0276260

APHA (American Public Health Association). 2005. Standard Methods for The Examination of water and wastewater, 21th ed. American Public Health Association, Washington, DC. 1550 P.

Ballester-Moltó, M., Sanchez-Jerez, P., Cerezo Valverde, J., Aguado-Giménez, F. 2017. Particulate waste outflow from fish-farming cages. How much is uneaten feed?. Marine Pollution Bulletin, 119(1): 23-30. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.041

Bilotta, G. S., & Brazier, R. E. 2020. Sediment impacts on water quality. *Journal of Hydrology*. . 588.(125146). https:// doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124836

Ciji, A., & Akhtar, M. S. 2020. Nitrite toxicity in aquaculture systems: A review. Reviews in Aquaculture, 12(4), 1723–1741. https://doi.org/10.1111/raq.12422

Dapueto, G,. Massa, F,. Costa, S,. Cimoli, L,. Olivari, E, Chiantore, M. 2015. A spatial multi-criteria evaluation for site selection of offshore marine fish farm in the Ligurian Sea, Italy. Ocean Coast Manag.;116:64-77. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.06.030

FAO (Food and Agriculture Organization).2021. *Water quality for agriculture*.

Food and Agriculture Organization. 2023. FAO aquaculture newsletter. Available at www.fao.org/ag/ca/

[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

Ghaemi, M., Hamzei, S., Saleh, A., & Gholamipour, S. 2024. Nutrient regimes in a semi-enclosed marginal sea: The Persian Gulf. Journal of Operational Oceanography, 17(2), 124–136. https://doi.org/10.1080/1755876X.2024.2333596

Guo, L., Li, Z., Xie, P., Ni, L. 2009. Assessment effects of cage culture on nitrogen and phosphorus dynamics in relation to fallowing in a shallow lake in China. Aquaculture International. 17(3),229-214. https://doi.org/10.1007/s10499-008-0240-3

Iliyasu, A., Mohamed, Z. A., Ismail, M. M., Amin, A. M., Mazuki, H., 2016. Technical efficiency of cage fish farming in Peninsular Malaysia: a stochastic frontier production approach. Aquaculture Research, 47, 101-113. https://doi.org/10.1111/are.12534

IPCC. 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis.

Jahani, N., Nabavi, S. M. B., Madiseh, D. S., Mortezaie, S. R. S., & Fazeli, N. 2012. The effect of marine fish cage culture on benthic communities using BOPA index in Ghazale Creek (Persian Gulf). Iranian Scientific Fisheries Journal, 11(1), 78–88. (In Persian)

Karimiyan E.; Zakeri M.; Farabi S.M.V.; Haqi M.; Kochanian P.2021. Study on abiotic factors of water in the vicinity of marine cage culture in southern coast of the Caspian Sea, Abbas Abad area.29(6) 11-28. https:// doi.org/10.22092/ISFJ.2021.123534. (in Persian)

Khanjani, M. H., Karami, A., Shokri, M. R., & Ebrahimi, E. 2024. Seasonal dynamics of physicochemical parameters in marine cage culture ecosystems. Aquaculture Reports, 35, 101982. https://doi.org /10.1016/j.aqrep.2024.101982

Kolding, M. Medard, O. Mkumbo, Paul A.M. van Zwieten. 2014.Status, trends and management of the Lake Victoria Fisheries fisheries evolution and management R.L. Welcomme, J. Valbo Jorgensen, A.S. Halls (Eds.), Case studies from four continents, FAO, Rome, pp. 49-62.

Li, Y., Wang, X., Zhang, H., & Chen, J. 2020. Relationships between dissolved oxygen, temperature and nutrient dynamics in coastal marine ecosystems. Marine Environmental Research, 159, 104956. https:// doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.104956

Liu, J. et al. 2023. Agricultural runoff and water salinity trends. *Environmental Research.* https:// doi.org /10.1016/j.envres.2023.115678

McIver, R., Milewski, I., Loucks, R., Smith, R. 2018. Estimating nitrogen loading and far-field dispersal potential from background sources and coastal finfish aquaculture: A simple framework and case study in Atlantic Canada. Estuarine, *Coastal and Shelf Science*, 205: 46-57. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.01.005

Mitra, M.A. Khan, R. Nielsen, G. Kumar, M.T. 2024. Rahman Review of environmental challenges in the Bangladesh aquaculture industry Environ. Sci. Pollut. Res., 31 (6) pp. 8330-8340. https://doi.org/10.1007/s11356-023-31630-1.

Mook, W. T., Chakrabarti, M. H., Aroua, M. K., Khan, G. M. A., Ali, B. S., Islam, M. S., & Abu Hassan, M. A. 2012. Removal of total ammonia nitrogen (TAN), nitrate and total organic carbon (TOC) from aquaculture wastewater using electrochemical technology: A review. Desalination, 285, 1–13. https:// doi.org /10.1016/j.desal.2011.09.029

Okechi, J., Peoples, N., Nyamweya, CH., Orina, P., Cooperman, M., Kaufman, L. 2025. Effects of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cage aquaculture on water quality in the world's largest tropical lake. Journal of Great Lakes Research. 51(3) :102576. https:// doi.org/10.1016/j.jglr.2025.102579

Reynolds, R. M. 2002. Physical oceanography of the Gulf, Strait of Hormuz, and Gulf of Oman. In H. J. Barth & B. Böer (Eds.), The Gulf Ecosystem: Health and Sustainability (pp. 27–54). Backhuys Publishers. https:// doi.org /10.1016/0025-326X(93)90007-7

Riera, R., Pérez, Ó, Cromey, C., Rodríguez, M., Ramos, E., Álvarez, O., Domínguez, J., Monterroso, Safo-Adu G .2022. Water quality index model application in evaluation of groundwater quality in

[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

a waste treatment facility. *International Journal of Sustainable Engineering*. https:// doi.org/10.1080/19397038.2022.2146775.

Sarà, G. 2007. Aquaculture effects on marine ecosystems: A review. Aquaculture Research, 38(7), 761–770. https:// doi.org /10.1111/j.1365-2109.2007.01773.x

Sheppard, C., Al-Husiani, M., Al-Jamali, F., Al-Yamani, F., Baldwin, R., Bishop, J., Benzoni, F., Dutrieux, E., Dulvy, N. K., Durvasula, S. R. V., Jones, D. A., Loughland, R., Medio, D., Nithyanandan, M., Pilling, G. M., Polikarpov, I., Price, A. R. G., Purkis, S. J., Riegl, B. M., ... Wilson, S. C. 2010. The Gulf: A young sea in decline. Marine Pollution Bulletin, 60(1), 13–38. https:// doi.org /10.1016/j.marpolbul.2009.10.017

U.S. Environmental Protection Agency. 2023. *Nutrient pollution and aquatic ecosystems report*.

Wang, C., Li, Zh., Wang, T., Xi, Xianbao., Zhang, X., Li, D. 2021. Intelligent fish farm—the future of aquaculture. V (29):2681-2711. https://doi.org/10.1007/s10499-021-00773-8

Wetzel, R. G. 2022. Fundamentals of Aquatic Ecosystems (Updated Edition). Academic Press.

Wetzel, R. G. and Likens, H., 1991. Limnological analysis. Springer-Verlag, 391 P.

World Health Organization (WHO), 2022. *Guidelines for drinking-water quality*. Geneva: WHO.

Yazdani, S., Rafie, H., Ramezani, M.R. 2020. Evaluation of the amount of nitrogen, phosphorus, and carbon released to the ecosystem from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farming in sea cages located in Mazandaran Province. *Natural environment, natural resources of Iran*. 73(1) 185-197. (in Persian)

Yücel -Gier, G., Küçüksezgin, F. and Koçak, F., 2007. Effects of fish farming on nutrients and benthic community structure in the Eastern Aegean (Turkey). Aquaculture Research, 38 (3), 256 -267. https:// doi.org/.10.1111/j.1365-2109.2007.01661.x

[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]