مجله علمی شیلات ایران ۳۲(۲) ۱۱۹-۱۳٤ (DOI): 10.22092/ISFJ.2023.129519

مقاله علمی – پژوهشی:

ارزیابی کمی و کیفی آلاینده‌های ورودی و خروجی مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مزارع منتخب استان مازندران

حسن نصراله‌زاده ساروی[۱]، محمود حافظیه*[۲]، ارژنگ جوادی[۳]، رضا صفری[۱]، مریم قیاسی[۱]، آسیه مخلوق[۱]، مهدیه بالوئی[۱]، علی نکوئی فرد[٤]، محمد میثم صلاحی اردکانی[٥]، ایوب داودی لیمونی[۱]

* jhafezieh@yahoo.com

۱-پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

۲- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

٤- مرکز تحقیقات آرتمیای کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

٥- مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردآبی شهید مطهری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران

تاریخ دریافت: فروردین ۱٤۰۲ تاریخ پذیرش: خرداد ۱٤۰۲

چکیده

این مطالعه به کیفیت آب ورودی و خروجی پنج کارگاه منتخب پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در استان مازندران (هراز، چالوس، تنکابن و ساری) براساس پارامترهای محیطی طی چهار فصل طی سال‌های ۱٤۰۱-۱٤۰۰پرداخت. ٤۰ نمونه آب بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. طبق نتایج، دامنه تغییرات شامل دمای آب (۲٤/۰-۳/۰ درجه سانتی‌گراد)، دمای هوا (۲۵/۰-۲/۰ درجه سانتی‌گراد)، DO (۱٦/۲٤-٦/۱۲ میلی‌گرم بر لیتر)، BOD_5 (۲٤/۷٦-۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر)، COD (٤۰/۷۰-۲/۹۳ میلی‌گرم بر لیتر)، EC (۲۸٤-۷۸۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر)، کدورت (۲۲۰/۰-۱/۱۲ نفلومتری)، TSS (۲-۲۸۸ میلی‌گرم بر لیتر)، pH (٤٤/٦۲-۷/۸)، فسفر کل (۲/۱۲-۰/۲۰ میلی‌گرم بر لیتر)، فسفات (۰/۲۰٦-۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر)، آمونیم (۰/۵۳۸-۰/۰۱۲ میلی‌گرم بر لیتر)، آمونیاک (۰/۰۱۸-۰/۰۰۱ میلی‌گرم برلیتر)، نیتریت (۰/۴۲٦-۰/۰۰۱ میلی‌گرم بر لیتر)، نیترات (۶/۱۰-۰/۵۲ میلی‌گرم بر لیتر)، تعداد کلیفرم مدفوعی (۶CFU/100ml-۱۰۰۰) و شاخص کیفیت آب (WQIIR) (۰/۰-۶۲/۹۱) بود. کیفیت آب این رودخانه براساس میانگین پارامترهای آلودگی آلی (BOD5 و COD) در کلاسIII (آلودگی کم) قرار گرفت و فعالیت‌های انسانی، یکی از عوامل اصلی در افزایش مواد آلی رودخانه نبود. غلظت آمونیم و نیتریت در حد مجاز کیفیت رودخانه بوده اما غلظت فسفات در تمام ایستگاه‌های ورودی و خروجی و فصول مختلف بیش از حداکثر مجاز رودخانه‌های عاری از آلودگی بود. براساس نتایج مقادیر شاخص کیفیت آب را در محدوده ۹۱-۶۲ را نشان داد. ۷/۵ درصد از کل داده‌ها و نیز میانگین کل این شاخص بیانگر کیفیت نسبتاً خوب آب ورودی و خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی بود. بالاترین کیفیت آب (کیفیت بسیارخوب)، در ۱۲/۵ درصد از داده‌ها ثبت شد که عمدتاً در ورودی‌های کارگاه‌های پرورش ماهی مشاهده شد. اگرچه شاخص کیفیت خروجی کارگاه ها کمتر از ورودی آن بوده است، اما در طبقه کیفیت خوب قرار گرفتند. به طور کلی، میانگین WQIIR (۷۷/۶±۴/۶) در کل ایستگاه‌های ورودی و خروجی بیانگر آن است که آب این کارگاه‌های پرورش ماهی، برای پرورش ماهی و حیات وحش و برای پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان نیز مناسب است.

لغات کلیدی: پارامترهای محیطی، کیفیت آب، کارگاه‌های پرورش قزل‌آلا، استان مازندران

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

مقدمه

رشد روز افزون جمعیت در جوامع انسانی و توسعه فزاینده فعالیت‌های انسانی در عرصه‌های اقتصادی و اجتماعی در ابعاد صنعتی، خدماتی وکشاورزی موجب گردیده است تا روزبه‌روز بر دامنه بهره‌برداری‌های انسان از منابع محیط زیست اعم از منابع تجدید شونده و غیر قابل تجدید زمین افزوده گردد. افزایش میزان بهره‌برداری لاجرم افزایش تولید ضایعات و پسماندها و در نتیجه، افزایش مشکلات ناشی از این پسماندها را به‌دنبال داشته است. از جمله ضایعات حاصل از فعالیت‌های انسانی در عرصه‌های مختلف را فاضلاب تشکیل می‌دهد که حاصل مصرف انسان از آب و به‌وجود آوردن تغییرات اساسی در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیک آن است. ایران با تولید بیش از ۱۸۱ هزار تن ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در سال ۱۳۹۸، رتبه نخست جهانی را در اختیار دارد. از آن‌جایی‌که این ماهی با استفاده از بهترین منابع آب شیرین کشور از جمله چشمه‌ها، چاه‌ها و رودخانه‌ها و در سیستم‌های مختلف از جمله سیستم آبراهه‌ای (استخرهای بتنی مستطیلی با جریان مداوم آب) پرورش می‌یابد، افزایش میزان تولید (۲۱۱ هزارتن برنامه سازمان شیلات ایران در سال ۱۴۰۰)، نگرانی‌های زیست‌محیطی از حیث آلودگی منابع آب پایین‌دست ناشی از پساب هر مزرعه را درپی خواهد داشت (Hafezieh and Farabi, 2018). با بررسی میزان رهاسازی مواد مغذی حاصل از تولید ماهی قزل آلا، می‌توان نسبت به مدیریت پساب خروجی، کاهش یا جلوگیری از آلودگی جریانات آبی پایین دست اقدام نمود. سابقه بررسی منابع آبی مورد استفاده کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در سه دهه قبل در مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌های کشور انجام شده است. به همین منظور این تحقیق در استان مازندران در ۵ مزرعه با سیستم آبراهه‌ای که از آب رودخانه، چشمه/چاه برای تامین آب مزرعه استفاده می کنند، انتخاب شده است و شاخص‌های کمی-کیفی آب مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر نمونه‌برداری از ۱۰ ایستگاه (ورودی و خروجی) واقع در ۵ کارگاه پرورش قزل آلا (هراز-۱ (آب رودخانه)، هراز-۲ (آب رودخانه)، ساری (آب سد)، دوهزار (آب رودخانه+ آب چاه) و چالوس (آب چشمه+آب برگشتی)) در استان مازندران طی چهار فصل در سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۰ صورت پذیرفت. در جدول ۱ ایستگاه‌های نمونه‌برداری و مختصات جغرافیائی ارائه شده است. اندازه‌گیری پارامترهای مختلف (دمای آب، هوا، مواد جامد معلق، هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول، درصد اشباعیت، pH، سختی کل، قلیائیت کل، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی، اکسیژن خواهی شیمیایی، فسفر کل، فسفر معدنی، فسفر آلی، نیتروژن معدنی، نیتروژن آلی و کلیفرم مدفوعی) بر اساس روش‌های استاندارد صورت گرفت (Sapozhnikov *et al.*, 1988; APHA, 2017).

جدول ۱: مختصات جغرافیائی پنج ایستگاه منتخب در استان مازندران

Table 1: Geographic coordinates of five selected stations in Mazandaran Province

Row	Sites	Long.	Lat.
1	Haraz 1	52 07 52	35 51 42
2	Haraz 2	52 10 52	35 52 40
3	Sari	58 13 53	63 15 36
4	Tonekabon	50 49 07	36 39 59
5	Chalous	51 34 06	36 18 23

شاخص کیفیت آب[1]

در میان روش های مختلف شاخص WQI در جهان عرضه شده است (Mohebi *et al.*, 2013). در این سیستم با توجه به مقادیر پارامترهای مربوطه (نیترات، آمونیوم، فسفات، درصد اشباع اکسیژن، pH، EC، سختی کل، BOD5، COD و تعدادکلی فرم مدفوعی)، شاخص عددی جدیدی (i) از نمودارها یا فرمول‌های استاندارد استخراج می‌گردد وسپس با جاگذاری اعداد مذکور در فرمول‌های مربوطه و با توجه به ضریب ثابت وزنی (wi) هر یک از پارامترها، یک عدد به عنوان شاخص کیفیت آب ارائه می‌گردد. عدد به‌دست آمده که در محدوده ۱۰۰-۰ قرار

[1] Water quality index (WQI)

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

می‌گیرد که منبع آبی را در یکی از ۷ کلاس کیفی طبقه‌بندی می‌کند: کمتر از ۱۵ (خیلی بد)، ۲۹/۹ -۱۵ (بد)، ۳۰-۴۴/۹ (نسبتاً بد)، ۴۵-۵۵ (متوسط)، ۵۵/۱-۷۰ (نسبتاً خوب)، ۷۰/۱-۸۵ (خوب) و بیشتر از ۸۵ (بسیار خوب):

$$WQI=[i\ BOD5^{0.117} \times i\ Nitrate^{0.108} \times i\%\ saturated\ O2^{0.097} \times iEC^{0.096} \times iCOD^{0.093} \times iPhosphate^{0.087} \times ipH^{0.051} \times iColi.^{0.14} \times iTurbit.^{0.062} \times iNH4^{0.090}]$$

اعداد مذکور در فرمول بیانگر شاخص وزنی هر یک از پارامترهاست. در جدول‌های ۲ و ۳ محدوده استاندارد آب برای ماهیان سردابی ارائه شده است.

جدول ۲: محدوده استاندارد آب برای ماهیان سردابی (Mirzajani, 2010)

Table 2: Standard range of cold water fish (Mirzajani, 2010)

Parameters	Unit	Threshold
Water Temperature	C	4-20
pH	unit	6.5-8.5
Dissolved Oxygen (DO)	mg/l	>5
Electro-conductivity (EC)	S/cmμ	2000
Total Dissolved Solid (TDS)	mg/l	2400
Total Suspended Solid (TSS)	mg/l	<80
Total Hardness (TH)	mg CaCO3/l	10-400
Ammonia (NH_3)	mg/l	<0.01
Nitrate (NO_3^-)	mg/l	50
Nitrite (NO_2^-)	mg/l	Hard water: 0.549 Soft water: 0.102
Phosphate (PO_4^{3-})	mg/l	<0.20
Total Phosphorous (TP)	mg/l	0.03-6.12
Biological Oxygen Demand (BOD_5)	mg/l	0-5
Chemical Oxygen Demand (COD_{Cr})	mg/l	<20

روش تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

در این مطالعه داده‌ها را بر اساس فرایند رتبه بندی انتقال داده و سپس با آزمون Shapiro-Wilk و رسم نمودار Q-Q نرمال بودن آن تأیید گردید (Nasiri, 2009). برای تجزیه و تحلیل آماری از آزمون‌های پارامتریک (Stepwise regression, Cluster analysis، Pearson correlation) و آزمون تی تک نمونه‌ای (One-sample t test) جهت مقایسه با استاندارد بر داده‌های نرمال شده استفاده گردید. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در برنامه‌های آماری SPSS نسخه ۱۱/۵ انجام گردید. در ضمن، انحراف معیار (SD) برای داده‌ها برای چهار فصل محاسبه گردیده است.

نتایج

آزمون خوشه‌ای[1] فاکتورهای موثر بر کیفیت آب در بین فصول و کارگاه‌های مختلف نشان می دهد. هر چند شباهت زیاد (۹۸-۹۲ درصد) بین فصول وجود داشت، اما فصول با دو خوشه اصلی، و سه خوشه فرعی با ۹۳ درصد مشابهت به سه خوشه زمستان و بهار (گروه اول)، تابستان (گروه دوم) و پاییز (گروه سوم) تفکیک گردیدند. بین کارگاه‌های مختلف با دو خوشه اصلی با ۷۵ درصد مشابهت و در خوشه اول به دو شاخه فرعی تفکیک گردیدند (شکل ۱).

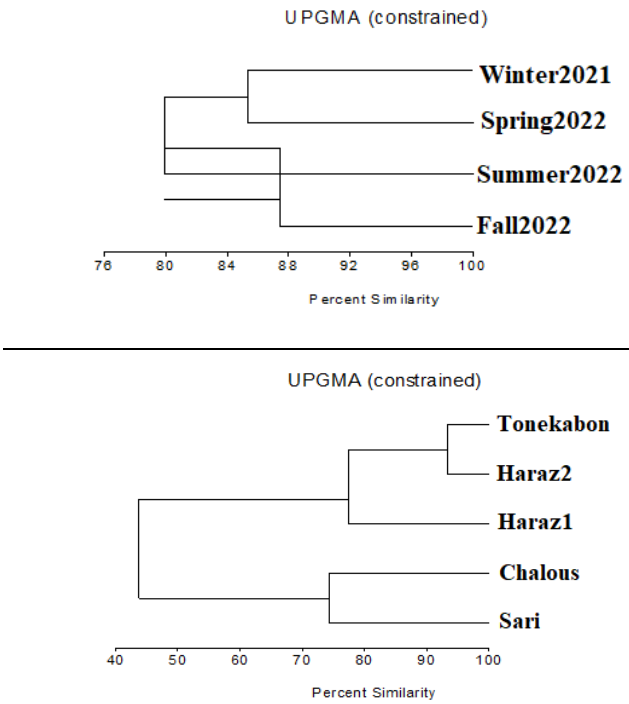
[1] Cluster Analysis

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

جدول ۳: استاندارد/ محدوده پارامترهای کیفیت آب شیرین در پرورش ماهی (FAO, 1992)

Table 3: Standard/range of fresh water quality parameters in fish farming

Parameter	Unit	Australia	Kenya	Malaysia	New land	Norway	Philippine	UK	USA	Suitable for production
pH	unit	5.0-9.0	5.0-9.0	9.0–6.5	9.0–5.0	9.0–6.5	8.5–6.5	>5.5	–	9.0–6.5
DO	mg/l	>5.0	–	7.0–3.0	>5.0	>5.0	>6.0	–	–	6.0–>5.0
NH4/N	mg/l	<1.0	–	–	<1.0	<1.0	–	–	–	–
NH3	µg/l	<36	–	–	<36	–	–	–	–	–
NO2	mg/l	<0.1	–	0.40	<0.1	0.06	–	–	–	–
TP	mg/l	0.2–0.1	–	2.0–0.1	0.1-0.2	<0.025	0.20–0.05	–	0.2–0.1	–
PO4	mg/l	<0.1	–	–	<0.1	–	–	–	–	–
TDS	mg/l	–	30	1000–500	–		–	–	–	-
TSS	mg/l	<40	1200	150–25	<40	<100	<300	–	–	-



شکل ۱: آزمون کلاستر زمانی و مکانی پنج کارگاه‌های پرورش ماهی قزل آلا منتخب استان مازندران (۱۴۰۱-۱۴۰۰) براساس متغیرهای شاخص کیفیت

Figure 2: Temporal and spatial cluster test of five selected rainbow trout breeding farm in Mazandaran Province (2021-2022) based on water quality index variables

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

آمار توصیفی میانگین (**SD±**) پارامترهای محیطی در کارگاه های پرورش ماهی قزل‌آلا منتخب استان مازندران درسال۱۴۰۱-۱۴۰۰ در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴: آمار توصیفی (میانگین±SD) پارامترهای محیطی در کارگاه‌های پرورش ماهی قزل آلا منتخب استان مازندران (۱۴۰۱-۱۴۰۰)

Table 3: Descriptive statistics (Mean±SD) environmental parameters of five selected rainbow trout breeding farm in Mazandaran Province (2021-2022)

Stations	Haraz1		Haraz2		Sari		Tonekabon		Chalous	
Parameters	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
DO (mg/l)	10.44±1.81	9.81±1.87	9.41±1.44	9.39±2.15	9.45±0.70	8.76±1.34	9.53±2.57	9.16±1.60	9.03±1.69	9.05±1.40
DO (%)	92±15	92±20	82±16	85±19	92±15	86±21	84±31	80±20	75±20	75±18
BOD5 (mg/l)	1.18±0.79	1.18±0.39	1.49±0.73	1.43±0.68	0.77±0.58	1.41±0.93	1.12±0.53	1.13±0.30	0.66±0.27	1.29±0.79
COD_{Cr} (mg/l)	6.16±2.94	8.56±4.63	6.96±1.78	14.21±3.11	18.74±14.25	46.76±29.60	8.57±4.03	9.40±6.17	8.59±6.88	10.20±6.30
DIN(mg/l)	3.51±2.00	3.67±1.76	3.91±2.18	4.06±1.63	1.90±0.99	2.39±0.80	2.49±0.56	2.90±0.81	1.76±0.66	2.43±0.82
DON(mg/l)	0.013±0.026	0.003±0.007	ND	ND	ND	ND	0.55±1.09	0.02±0.05	0.38±0.28	012±0.05
TN (mg/l)	1.54±0.31	1.57±0.23	3.91±2.18	4.06±1.63	1.89±1.32	2.40±1.96	2.18±1.41	1.84±1.00	2.14±1.65	2.55±1.73
DIP (mg/l)	0.048±0.022	0.053±0.023	0.073±0.033	0.098±0.019	0.034±0.023	0.064±0.060	0.103±0.071	0.084±0.034	0.032±0.010	0.080±0.045
DOP (mg/l)	0.213±0.191	0.228±0.216	0.262±0.225	0.245±0.212	0.242±0.254	0.284±0.191	0.076±0.065	0.093±0.061	0.146±0.120	0.143±0.105
TP (mg/l)	0.261±0.202	0.282±0.217	0.335±0.253	0.343±0.227	0.276±0.237	0.384±0.164	0.179±0.093	0.176±0.061	0.178±0.125	0.223±0.143
TSS (mg/l)	26±15	34±33	25±14	46±45	17±8	18±10	129±99	52±47	22±19	19±10
pH	7.88±0.45	8.10±0.41	8.00±0.037	8.18±0.15	8.15±0.40	8.26±0.08	8.40±0.15	8.27±0.23	8.54±0.11	8.27±0.11
TA (mgCaCO3/l)	69±25	70±25	79±33	75±33	54±33	53±30	60±4	60±7	85±9	68±13
TH (mgCaCO3/l)	264±46	251±32	266±38	264±44	357±15	375±17	219±63	206±36	208±34	235±53
Fecal coliform (CFU/100ml	65.5±41.8	35.5±26.8	8.25±1.50	345±181	9.0±0.0	9.0±0.0	9.0±0.0	471.6±307.0	9.0±0.0	495.5±256.0
WQIIR	80.75±6.95	76.75±11.95	76.50±7.72	73.75±9.00	81.50±2.38	75.00±6.27	76.25±0.03	73.50±5.45	83.00±3.92	76.76±2.75

ND: Not Detection

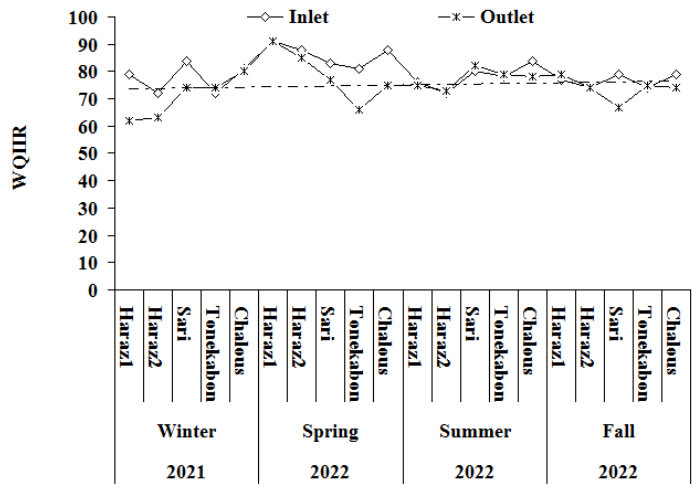
شاخص کیفیت آب

در شکل ۲ تغییرات شاخص کیفیت آب (WQIIR) در پنج کارگاه‌های پرورش ماهی قزل آلا منتخب استان مازندران (۱۴۰۱-۱۴۰۰) نشان داده شده است. نتایج حداکثر و حداقل مقدار این شاخص را برابر ۹۱ و ۶۲ نشان داد. براساس خط روند، شاخص کیفیت آب از اولین ماه نمونه‌برداری (زمستان ۱۴۰۰) تا انتهای نمونه‌برداری (پاییز ۱۴۰۱) روند تقریباً ثابتی داشته است. نتایج آزمون واریانس یکطرفه نیز اختلاف معنی‌داری از تغییرات میانگین شاخص کیفیت آب در بین فصول مختلف نشان داد ($p<۰/۰۵$) به‌طوری‌که درآزمون دانکن فصل تابستان در یک گروه (کیفیت خوب) و سایر فصول در گروه دیگر (نسبتاً خوب) تفکیک شدند. بررسی فصلی شاخص کیفیت آب، نشان داد که کیفیت خوب برآورد گردید. بررسی شاخص کیفیت آب به تفکیک ورودی و خروجی کارگاه‌ها نشان داد که آب ورودی و خروجی با کیفیت خوب مشاهده شد.

نتایج رگراسیون گام به گام[1] نشان داد که از بین ۹ پارامتر مورد استفاده در محاسبه شاخص کیفیت آب نشان داد که نیترات، اکسیژن محلول، فسفات و اکسیژن خواهی شیمیایی و کدورت کل فصول به طور معنی‌دار بر تغییرات شاخص کیفیت آب موثر بوده است به‌طوری‌که اکسیژن محلول، ضریب تاثیر (ضریبβ) بیشتری در مقایسه با سایر پارامترها نشان داد ($p<۰/۰۵$). افزایش اکسیژن محلول سبب افزایش کیفیت آب گردید اما افزایش نیترات، فسفات، کدورت و اکسیژن خواهی شیمیایی با کاهش کیفیت آب همراه بودند. در ورودی و خروجی کارگاه ها نقش اکسیژن محلول کاملا بارز جهت افزایش کیفیت آب است (جدول ۵).

[1] Stepwise regression

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]



شکل ۲: تغییرات ماهانه شاخص کیفیت آب (WQIIR) (بهمراه خط روند) در ایستگاه‌های ورودی و خروجی فصول مختلف کارگاه‌های پرورش ماهی قزل آلا منتخب استان مازندران (۱۴۰۱-۱۴۰۰)

Figure 2: Monthly changes of the water quality index (WQIIR) (along with the trend line) in the inlet and outlet stations of different seasons at five selected rainbow trout breeding farm in Mazandaran Province (2021-2022)

جدول ۵: نتایج رگراسیون چندگانه گام به گام برای اثرات پارامترهای محیطی بر شاخص کیفیت آب (WQI) . ضرایب رگراسیون غیر استاندارد برای متغیر های مستقل در مدل نهایی درنظر گرفته شد، تمام متغیرهای وابسته در سطح ۰/۰۵ معنی دار بوده است

Table 4: Step by step multiple regression results for the effects of environmental parameters on water quality index. Non-standard regression coefficients were considered for independent variables in the final model, all dependent variables were significant at the 0.05 level

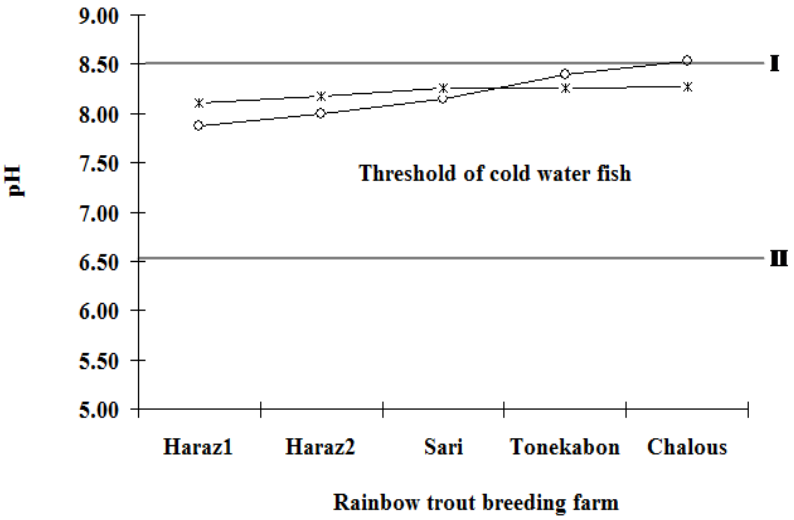
R^2	R	coefficient ß	Intercept	Parameters
		All seasons		
0.31	0.56	-0.40		NO3-
0.57	0.75	0.42		DO
0.65	0.81	-0.21	0.002	DIP
0.70	0.84	-0.29		COD
0.75	0.87	-0.28		Turbidity
		Inlet		
0.50	0.71	-0.59		NO3-
0.70	0.83	0.45		DO
0.83	0.91	0.37	0.142	DIP
0.88	0.94	0.22		Fecal Coliform
		Outlet		
0.28	0.52	-0.50		Fecal Coliform
0.50	0.71	-0.34	0.122	COD
0.62	0.79	0.43		DO
0.75	0.86	-0.39		NO3-

بحث

تعیین کیفیت آب پنج کارگاه پرورش ماهی قزل‌آلا منتخب استان مازندران تاکید بر پارامترهای محیطی در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. براساس جدول ۱ درجه حرارت آب ماهیان سرد آبی در محدوده ۲۰-۴ درجه سانتی‌گراد است. در مطالعه حاضر، با توجه به دامنه تغییرات، دمای آب ۲۴-

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

۳ درجه سانتی‌گراد ثبت گردید که حداکثر دما مربوط به کارگاه پرورش قزل آلای ساری بوده که چون منبع آبی این کارگاه از سد بوده، در تابستان با پایین آمدن سطح تراز آب، دمای آب به بیش از ۲۰ درجه سانتی‌گراد رسیده است. اما در چهار کارگاه دیگر دمای آب در محدوده حد مجاز ثبت گردید. pH آب برای ماهیان سردآبی در محدوده ۸/۵- ۶/۵ است (جدول ۱). با توجه به تغییرات pH آب، نتایج حاضر نشان دادکه طی چهار فصل، نمونه‌برداری در محدوده حد مجاز بوده است (شکل ۳). تغییرات pH آب در این تحقیق در مقایسه با محدوده جدول ۶ در کلاس I (کیفیت خوب) قرار دارد. همچنین میانگین سختی کل آبهای ورودی و خروجی و حداکثر و حداقل کارگاه‌های پرورش ماهی به‌ترتیب ۱۵±۲۶۲، ۱۵±۲۶۷ و ۴۰۰-۱۶۰ میلی‌گرم کربنات کلسیم بر لیتر بوده، در محدوده حد مجاز جدول ۱ ثبت شده است.



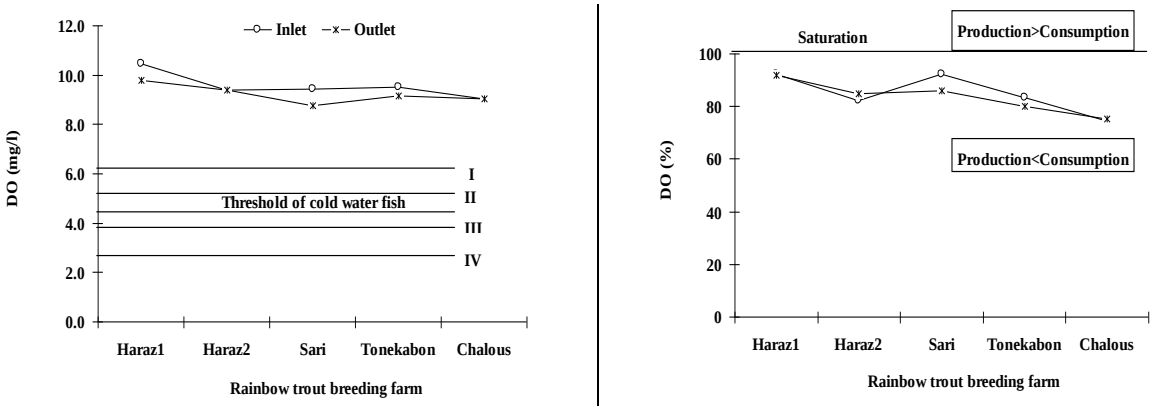
شکل ۳: تغییرات میانگین pH در ایستگاه‌های ورودی و خروجی به همراه حد مجاز استاندارد کارگاه‌های پرورش ماهی قزل آلا منتخب استان مازندران (۱۴۰۱-۱۴۰۰)

Figure 3: Mean pH changes in the inlet and outlet stations along with the standard limit at five selected rainbow trout breeding farm in Mazandaran Province (2021-2022)

میزان اکسیژن محلول و درصد اشباعیت در یک اکوسیستم آبی در ارتباط با فرایند بیولوژیک (فتوسنتز، تنفس و معدنی شدن)، شیمیایی (نیتریفیکاسیون) و فیزیکی (هوادهی اتمسفری) است (Prasad *et al.*, 2014). براساس تغییرات فصلی دمای آب، میزان اکسیژن محلول نیز تغییر نمود به‌طوری‌که انتظار می‌رفت در فصل گرما میزان اکسیژن محلول حداقل و در فصل سرما حداکثر مقدار ثبت گردید. در این تحقیق کمترین غلظت اکسیژن محلول در فصل زمستان که حداقل دبی آبی را کارگاه‌های پرورش ماهی داشته اند، تجربه کرده است و حداکثر غلظت در فصل بهار ثبت گردید. زیرا طغیان و تلاطم رودخانه و هوادهی استخرهای کارگاه‌های پرورش ماهی نیز حداکثر و حداقل غلظت فصلی اکسیژن محلول را نیز تغییر می‌دهد. ضریب همبستگی پیرسون دمای آب (رابطه غیر مستقیم حلالیت اکسیژن با دمای آب) و هوا (طغیان و تلاطم رودخانه و هوادهی) و اکسیژن محلول، مثبت (p<۰/۰۵، r=۰/۴۷ r=۰/۳۸، بوده است و با مطلب مذکور نیز مطابقت دارد. اما دبی رودخانه با اکسیژن محلول و اشباعیت اکسیژن همبستگی معنی‌دار کمی را نشان داد (p<۰/۰۷, r=۰/۲۹) که احتمالا به دلیل تغییرات دبی آبی هر کارگاه مرتبط دانست.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

مقایسه نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر و حداکثر حد مجاز جدول ۱ نشان داد که غلظت اکسیژن محلول به طور معنی‌داری ۲-۱/۵ برابر حداقل مجاز است ($p<0/05$، One-sample t test) (شکل ۵) به‌طوری‌که در طبقه بندی جدول ۶، این کارگاه ها براساس میزان اکسیژن محلول در کلاس I (کیفیت خوب= بدون آلودگی) قرار گرفته است. اما فقط ۱۲/۵ درصد از داده‌های اشباعیت اکسیژن محلول بیش از ۱۰۰ درصد بوده که بیانگر آن است که فرایند تنفس، معدنی شدن و نیتریفیکاسیون بیش از فتوسنتز و هوادهی اتمسفری انجام گردیده است (شکل ۴).

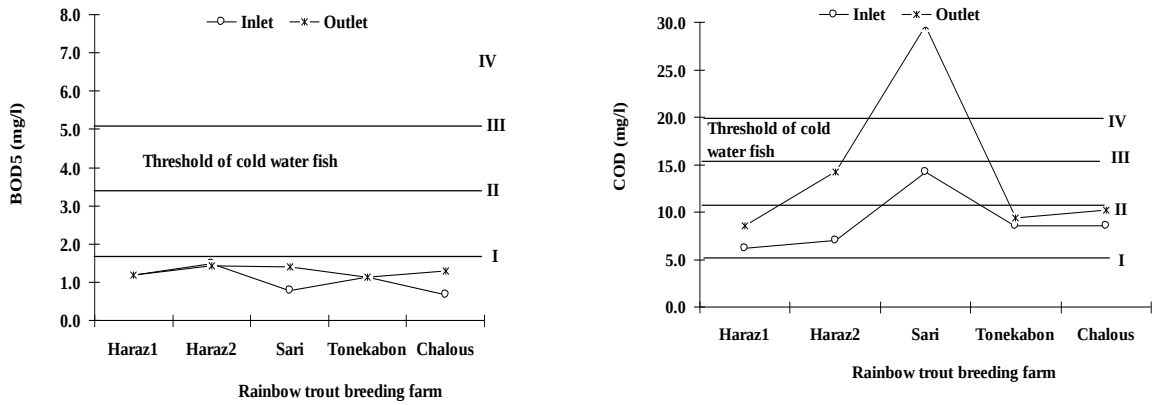


شکل ۴: تغییرات میانگین اکسیژن محلول و درصد اشباعیت اکسیژن در ایستگاه‌های ورودی و خروجی به همراه حد مجاز استاندارد کارگاه‌های پرورش ماهی قزل آلا منتخب استان مازندران (۱۴۰۱-۱۴۰۰)

Figure 4: Mean DO and DO% changes in the inlet and outlet stations along with the standard limit at five selected rainbow trout breeding farm in Mazandaran Province (2021-2022)

اندازه‌گیری سطح آلودگی آلی براساس پارامترهای مختلفی از قبیل اکسیژن خواهی بیولوژیک و شیمیایی از منشاء غیر مشخص (Non-point source) از قبیل مزارع، صنایع و پساب خانگی برای تعیین کیفیت آب لازم و ضروری است (Maitera *et al.*, 2010). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میانگین غلظت BOD5 در تمام کارگاه‌ها به طور معنی‌داری کمتر از حداکثر مجاز بوده است (جداول۲ و ۵) و میانگین سالانه تقریباً ۲/۶ برابر کمتر از حد مجاز ثبت گردید ($p<0/05$، One-sample t test). شایان ذکر است، تمام داده‌های ورودی و خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی کمتر از حد مجاز بوده است (شکل ۶). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میانگین غلظت COD در تمام کارگاه‌ها به طورمعنی داری کمتر از حداکثر مجاز بوده (جداول۱ و ۵) و میانگین سالانه تقریباً ۱/۳ برابر کمتر از حد مجاز ثبت گردیده است ($p<0/05$، One-sample t test). همچنین حداکثر میانگین غلظت COD در ورودی (۴۲ میلی‌گرم بر لیتر) و خروجی (۹۴ میلی‌گرم بر لیتر) کارگاه پرورش ماهی ساری ثبت گردید (شکل ۵).

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

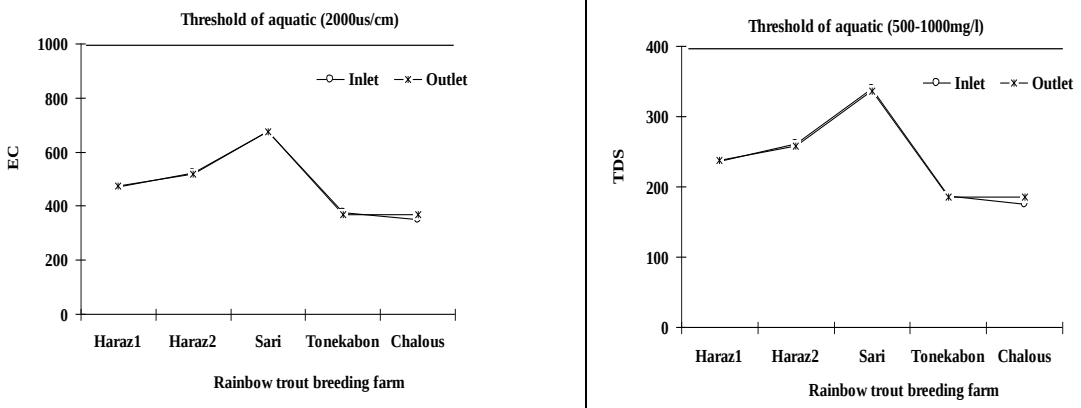


شکل ۵: تغییرات میانگین اکسیژن خواهی بیولوژیک و شیمیایی در ایستگاه‌های ورودی و خروجی به همراه حد مجاز استاندارد کارگاه‌های پرورش ماهی قزل آلا منتخب استان مازندران (۱۴۰۱-۱۴۰۰)

Figure 5: Mean BOD5 and COD changes in the inlet and outlet stations along with the standard limit at five selected rainbow trout breeding farm in Mazandaran Province (2021-2022)

شایان ذکر است، ۱۵ درصد از داده‌ها بیش از حد مجاز بوده و بیشترین مقدار میانگین غلظت COD در فصل پاییز ثبت گردیده است. مقایسه میانگین غلظت COD با طبقه‌بندی آبهای سطحی در جدول ۶ نشان می‌دهد که ورودی و خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی براساس این پارامتر در کلاس III (کیفیت مناسب=آلودگی کم) قرار گرفته است. بالا بودن فعالیت‌های انسانی (فاضلاب‌های خانگی و کارخانجات) در مجاورت رودخانه Benue (نیجریه)، سبب افزایش مواد آلی و افزایش ضریب همبستگی منفی بین COD و DO (r=-۰/۹۸) شده است (Maitera *et al.*, 2010). در تحقیق حاضر براساس آزمون همبستگی پیرسون (Pearson correlation) نیز با بالا بودن ضریب همبستگی منفی بین COD وDO (r=-۰/۸۳، p<۰/۰۵) نشان می‌دهد که فعالیت‌های انسانی (پساب حاصل از کارگاه پرورش ماهی) یکی از عوامل اصلی در افزایش مواد آلی رودخانه بوده است. با مقایسه میانگین غلظت BOD5 با طبقه‌بندی آبهای سطحی در جدول ۶ می‌توان دریافت که کیفیت آب این رودخانه‌ها، در کلاس II (کیفیت خوب) قرار گرفته است. در تحقیق حاضر، براساس آزمون همبستگی پیرسون نیز با بالا بودن ضریب همبستگی مثبت بین BOD5 وDO (r=۰/۵۲، p<۰/۰۵) نشان می‌دهد که فعالیت‌های انسانی (پساب حاصل از کارگاه پرورش ماهی)، از عوامل اصلی در افزایش مواد آلی رودخانه ها نبوده است. تغییرات هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول این تحقیق به‌ترتیب در دامنه ۷۸۳-۲۸۴ میکروزیمنس و ۳۹۲-۱۴۲ میلی‌گرم بر لیتر بوده و در مقایسه با محدوده استاندارد جدول ۱ منطبق و حتی از حداکثر آن بسیار کمتر بوده است (شکل ۶).

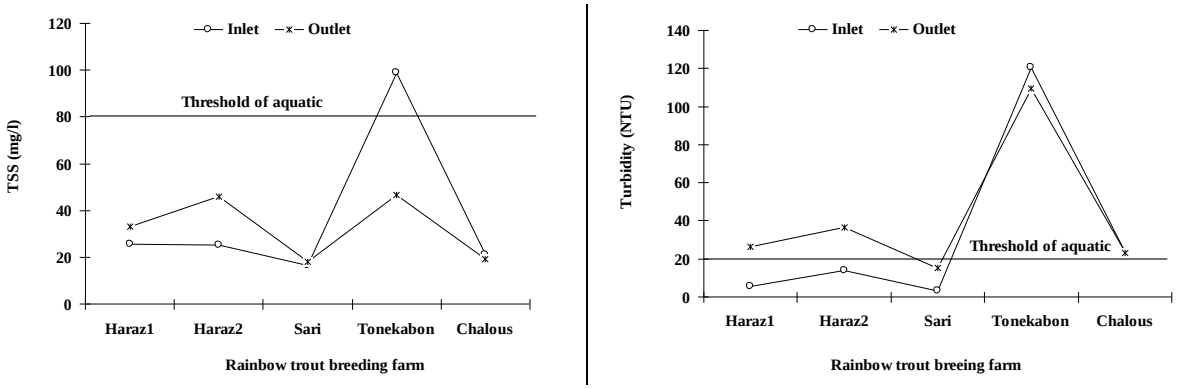
[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]



شکل ۶: تغییرات میانگین هدایت الکتریکی در ایستگاه‌های ورودی و خروجی به همراه حد مجاز استاندارد کارگاه‌های پرورش ماهی قزل آلا منتخب استان مازندران (۱۴۰۱-۱۴۰۰)

Figure 6: Mean EC changes in the inlet and outlet stations along with the standard limit at five selected rainbow trout breeding farm in Mazandaran Province (2021-2022)

محدوده مواد جامد معلق (TSS) به‌ترتیب برابر ۲۸۸-۲ گرم بر لیتر ثبت گردیده، اما فقط ۱۰ درصد از داده‌ها بیش از محدوده استاندارد جدول ۱ برای ماهیان سردابی بوده است. همچنین کدورت آب به‌ترتیب برابر ۳۳/۹-۳/۸ NTU ثبت گردیده که ۳۰ درصد از داده‌ها در مقایسه با استاندارد (Bash *et al.*, 2001) به‌خصوص در کارگاه پرورش ماهی در تنکابن به دلیل سیلابی بودن رودخانه دوهزار بیشتر بوده است (شکل ۷). آلودگی رودخانه‌ها با مواد مغذی فسفر و نیتروژن یکی از مشکلات کشورهای مختلف بوده که سبب کاهش کیفیت آب مورد نیاز موجودات زنده شده است. عوامل مختلفی از قبیل کودهای کشاورزی، فاضلاب‌های صنعتی و پساب‌های خانگی سبب افزایش فسفر و نیتروژن در روخانه ها می‌شود (EPA, 2013).



شکل ۷: تغییرات میانگین کل مواد جامد معلق و کدورت آب (NTU) در ایستگاه‌های ورودی و خروجی به همراه حد مجاز استاندارد کارگاه‌های پرورش ماهی قزل آلا منتخب استان مازندران (سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰)

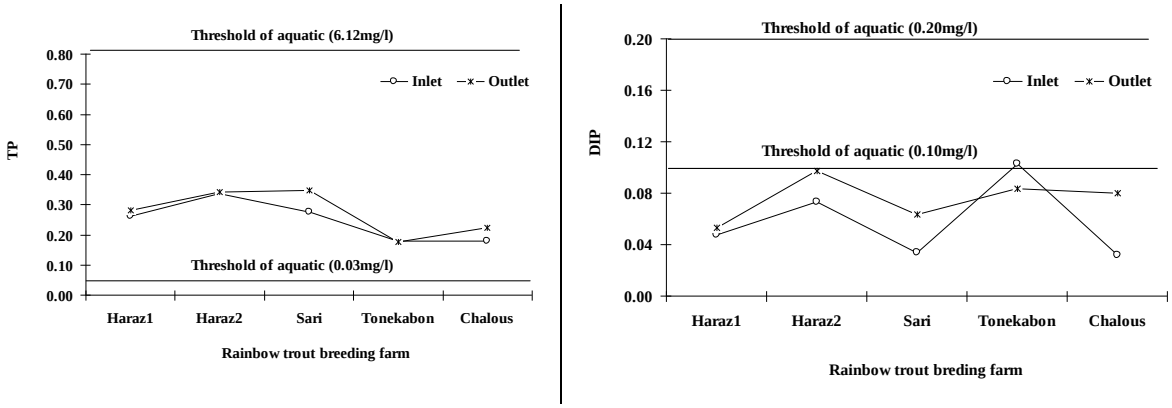
Figure 7: Mean TSS and NTU changes in the inlet and outlet stations along with the standard limit at five selected rainbow trout breeding farm in Mazandaran Province (2021-2022)

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

براساس نتایج تحقیقات محیط زیست آمریکا، تقریباً ۳۴ و ۵۵ درصد از آب رودخانه‌های این کشور به‌ترتیب دارای آلودگی ناشی از افزایش فسفر و نیتروژن بوده که در این میان آلودگی ناشی از فسفر، کیفیت آب را بیشتر تحت تاثیر قرار داده است (EPA, 2013, 2014).

تغییرات فسفر کل در ورودی و خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی در محدوده ۲/۱۲-۰/۲۱ میلی‌گرم بر لیتر بوده که در مقایسه با استاندارد، جداول ۱ و ۲ نشان داده که از حد پایین (۰/۰۳۰ میلی‌گرم برلیتر) بیشتر و در حد بالای استاندارد (۶/۱۲ میلی‌گرم برلیتر) کمتر بوده است.

USEPA (۲۰۰۰) گزارش کرد که در رودخانه تمیز و عاری از آلودگی Anon میزان فسفر معدنی به کمتر ۰/۰۲۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌رسد و میزان حد مجاز رودخانه‌های آمریکا برابر ۰/۰۷۰ میلی‌گرم بر لیتر در نظر گرفته شد. نتایج میانگین غلظت فسفر معدنی که از میزان حد مجاز مذکور کمتر بوده است (شکل ۸). همچنین میانگین سالانه غلظت فسفرمعدنی (۰/۰۴۲±۰/۰۶۷) به طور معنی‌داری تقریباً ۳/۴ برابر از حد مجاز رودخانه‌های تمیز و عاری از آلودگی بیشتر بوده است ($p<0/05$، One-sample t test).

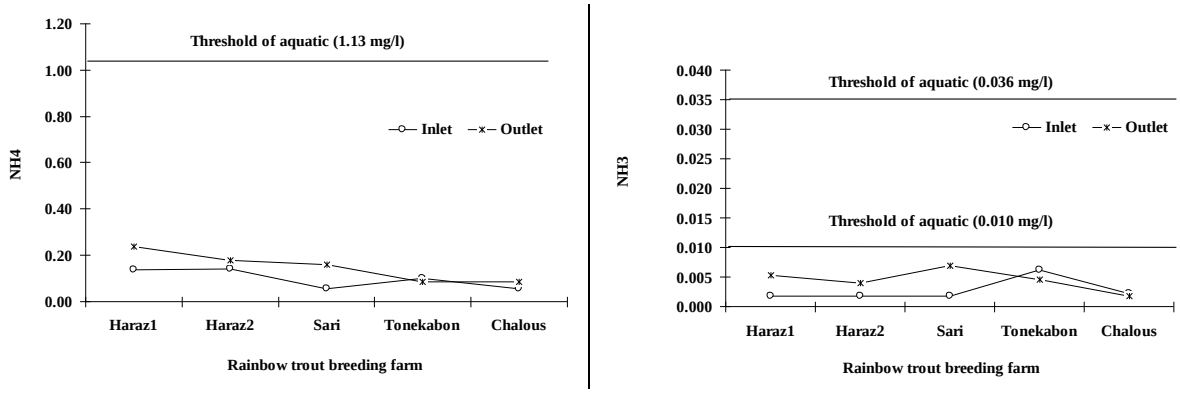


شکل ۸: تغییرات میانگین فسفرکل و فسفرمعدنی در ایستگاه‌های ورودی و خروجی به همراه حد مجاز استاندارد کارگاه‌های پرورش ماهی قزل آلا منتخب استان مازندران (سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰)

Figure 8: Mean TP and DIP changes in the inlet and outlet stations along with the standard limit at five selected rainbow trout breeding farm in Mazandaran Province (2021-2022)

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که غلظت آمونیم و گازآمونیاک در تمام فصول به طور معنی‌داری کمتراز حد مجاز بوده است (جداول ۱ و ۵) ($p<0/05$، One-sample t test) (شکل ۹). غلظت آمونیم تقریباً ۳/۷۹ برابر کمتر از حد مجاز جدول ۵ بوده و کل داده‌ها کمتر از حد استاندارد به‌دست آمده، اما ۷/۵ درصد از غلظت گاز آمونیاک بیش از حد استاندارد جدول ۱ بوده است. براساس آزمون رگراسیون ارتباط تولید گار آمونیاک به دمای آب و pH وابسته است (NH3=0.04+0.49*watertemp.+0.42*pH). این معادله رگراسیون نشان می دهد که اثرات دما در تولید گاز آمونیاک با ضریب رگراسیون بزرگتر بیش از pH آب بوده است.

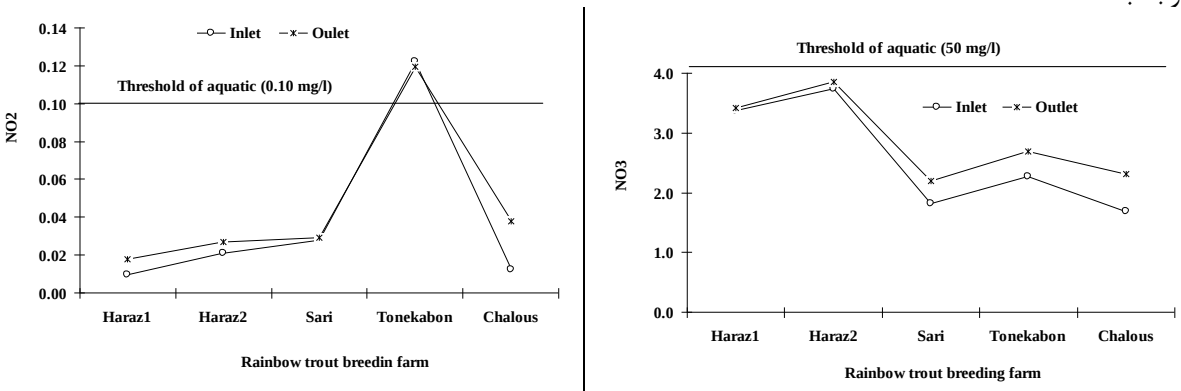
[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]



شکل ۹: تغییرات میانگین غلظت آمونیم و گاز آمونیاک در ایستگاه‌های ورودی و خروجی به همراه حد مجاز استاندارد کارگاه‌های پرورش ماهی قزل آلا منتخب استان مازندران (۱۴۰۱-۱۴۰۰)

Figure 9: Mean NH4 and NH3 changes in the inlet and outlet stations along with the standard limit at five selected rainbow trout breeding farm in Mazandaran Province (2021-2022)

نیتریت، یونی است که به دلیل ناپایداری طی فرایند احیاء به آمونیم یا طی فرایند اکسیداسیون تبدیل به نیترات می‌گردد (CEC, 1978). بنابراین، در خصوص نیتریت با توجه با پایدار نبودن آن نیز غلظتی بیشتر (کارگاه پرورش ماهی تنکابن) یا کمتر از حد مجاز (سایر کارگاه‌ها) در این تحقیق داشته است (جدول ۱ و شکل ۱۰).



شکل ۱۰: تغییرات میانگین غلظت نیتریت در ایستگاه‌های ورودی و خروجی به همراه حد مجاز استاندارد کارگاه‌های پرورش ماهی قزل آلا منتخب استان مازندران (۱۴۰۱-۱۴۰۰)

Figure 10: Mean NO2 changes in the inlet and outlet stations along with the standard limit at five selected rainbow trout breeding farm in Mazandaran Province (2021-2022)

Clabby و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کردند که در آبهای غیر آلوده، میزان غلظت ازت نیتریتی به کمتر از ۰/۰۳۰ میلی‌گرم برلیتر می‌رسد که بر این اساس آب ورودی و خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی در مقایسه با این طبقه‌بندی جزو آبهای متوسط آلوده محسوب می‌گردد (جدول ۵). با توجه به این‌که یون نیترات آخرین فرم نیتروژن معدنی در آب بوده همان‌طوری‌که شکل ۱۱ نشان می‌دهد غلطت میانگین داده‌ها تقریباً ۱۶ برابر کمتر حد مجاز در جدول ۱ بوده است (جدول‌های ۶ و ۷).

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

جدول ۶: مقایسه غلظت حد مجاز پارامترهای محیطی با نتایج تحقیق حاضر در ایستگاه‌های ورودی و خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی قزل آلا منتخب استان مازندران (۱۴۰۱-۱۴۰۰)

Table 5: Comparison of the permissible concentration of environmental parameters with present results in the inlet and outlet stations along with the standard limit at five selected rainbow trout breeding farm in Mazandaran Province (2021-2022)

NO2 (mg/l)	NH4 (mg/l)	BOD5 (mg/l)	COD (mg/l)	DO (mg/l)	
0.042±0.014	0.124±0.095	1.17±0.62	11.6±2.4	9.40±1.58	**Annual Mean**
0.039±0.021	0.098±0.069	1.05±0.62	8.9±1.9	9.57±1.62	**Inlet Mean**
0.046±0.020	0.151±0.110	1.29±0.60	14.4±4.3	9.23±1.56	**Outlet Mean**
0.062 (2.51)	0.470	3.0 (6.0)	15	>4-6**	***MAC**

*Note: Maximum allowable concentrations (MAC) (GEF, 2006). **For aquaculture, drinking water and recreation

جدول ۷: طبقه بندی استاندارد و حد مجاز برخی پارامترهای محیطی در آبهای سطحی جهت حفظ موجودات زنده (Vowels and Connel 1980 ;UNECE, 1994)

Table 6: Standard classification and permissible limits of some environmental parameters in surface waters to preserve living organisms (Vowels and Connel 1980 ;UNECE, 1994)

	Class I	Class II	Class III	Class IV	Class V
DO (mg/l)	<7	7-6	6-4	4-3	3<
COD (mg/l)	<3	10-3	20-10	30-20	>30
BOD5 (mg/l)	<1	3-1	5-3	10-5	>10
pH	9.0-6.5	6.5-6.3	6.3-6.0	6.0-5.3	<3.5

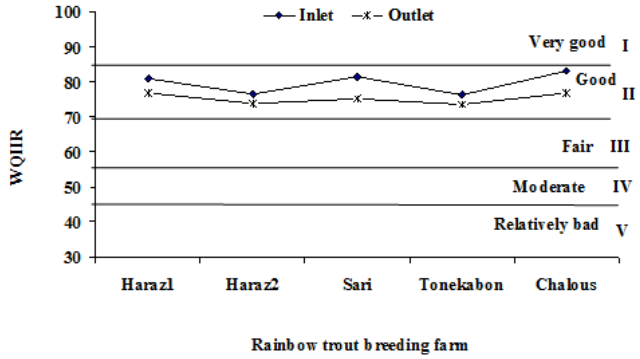
نتایج، مقادیر شاخص کیفیت آب را در محدوده ۹۱-۶۲ نشان داد. ۷/۵ درصد از کل داده‌ها و نیز میانگین کل این شاخص بیانگر کیفیت نسبتاً خوب آب ورودی و خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی بود. بالاترین کیفیت آب (کیفیت بسیارخوب)، در ۱۲/۵ درصد از داده‌ها ثبت شده که عمدتاً ورودی‌های کارگاه‌های پرورش ماهی مشاهده شده است. اگرچه شاخص کیفیت خروجی کارگاه‌ها کمتر از ورودی آن بوده است، اما در طبقه کیفیت خوب قرار گرفتند. این امر نشان می‌دهد که علاوه بر شرایط فصلی از قبیل شرایط محیطی و میزان بارندگی، نحوه مدیریت کارگاه‌ها بر کاهش کیفیت تاثیرگذار است.

شایان ذکر است، در خروجی‌ها ضریب تاثیر معنی‌دار فسفر معدنی (ß=-۰/۳۷) نیز بر کاهش شاخص کیفیت آب مشاهده شد. احتمالاً اثرات مواد مغذی و آلی (مواد متابولیتی و باقیمانده مواد غذایی)، در پساب کارگاه‌ها سبب افزایش فسفر معدنی و تنزل کیفیت آب شده است. ضمن آنکه ممکن است با کاهش اکسیژن نیز همراه گردد. زیرا از سویی، فرآیند اکسیداسیون مواد آلی افزایش می‌یابد و از سوی دیگر، افزایش فعالیت میکروبی (ß=-۰/۵۰)، اکسیژن بیشتری را مورد استفاده قرار می‌دهد. کاهش اکسیژن دارای اثرات گوناگونی از قبیل تلفات آبزیان و افزایش سمیت برخی از عناصر فلزی و سموم است. در این مطالعه نتایج آزمون رگراسیون گام به گام، نقش مثبت افزایش اکسیژن محلول را بر شاخص کیفیت آب به‌خوبی نشان داد.

گروه‌بندی اعداد شاخص کیفیت (شکل ۱۱)، نشان می‌دهد که داده‌ها در کلاس I (کیفیت بسیار خوب) تا کلاس IV (کیفیت متوسط) قرار داشتند به‌طوری‌که کلاس I ، II و III به‌ترتیب شامل ۱۲/۵، ۸۰ و ۷/۵ درصد از اعداد شدند. لذا، بیشترین و کمترین درصد داده‌ها به‌ترتیب مربوط به کلاس II (کیفیت خوب) و III (کیفیت نسبتا" خوب) بوده است.

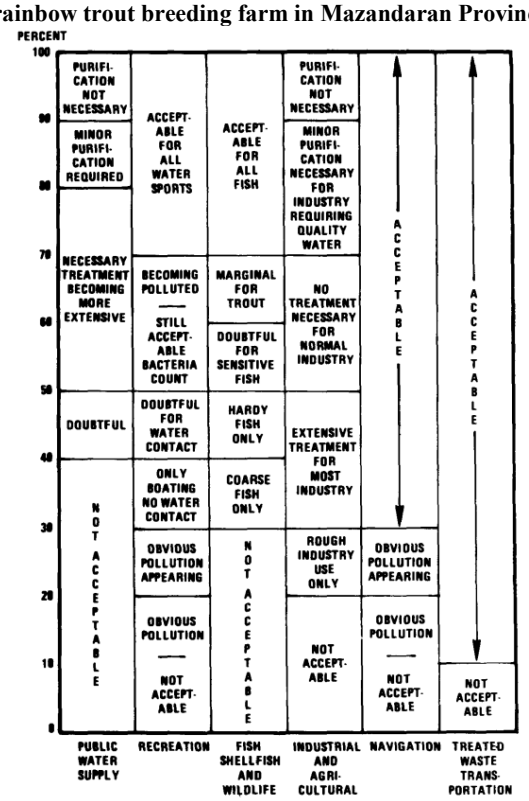
میانگین WQIIR (۶/۶±۷۷/۴) در کل ایستگاه‌های ورودی و خروجی طبق تقسیم بندی USEPA (۱۹۷۸) (شکل ۱۲)، بیانگر آن است که آب این کارگاه‌های پرورش ماهی، برای پرورش ماهی و حیات وحش است و برای پرورش قزل‌آلا نیز مناسب است. طبق House و Ellis (۱۹۸۷) نیز کاربری آب این مزارع برای پرورش ماهی سالمون (آزاد) و مشابه آن، مطلوب است. اما میانگین شاخص کیفیت آب در ایستگاه‌های ورودی (۵/۵±۷۹/۶) طبق USEPA (۱۹۷۸) و House و Ellis (۱۹۸۷) برای پرورش انواع ماهیان مناسب است.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]



شکل ۱۱: تغییرات میانگین شاخص کیفیت آب (WQIIR) در ایستگاه های ورودی و خروجی به همراه طبقه بندی آن در کارگاه‌های پرورش ماهی قزل آلا منتخب استان مازندران (۱۴۰۱-۱۴۰۰)

Figure 11: Changes of mean water quality index (WQIIR) in inlet and outlet stations along with its classification at five selected rainbow trout breeding farm in Mazandaran Province (2021-2022)



شکل۱۲: بیان یک شاخص کیفیت آب برای کاربردهای مختلف آب (USEPA, 1978).

Figure 12: To enable a single of water quality index to be applied to different water uses (USEPA, 1978)

منابع

APHA (American Public Health Association), 2017. Standard Methods for the Examination of water and Wastewater, American Public Health Association, Seventeenth Edition. 1113 P.

Bash, J., Berman, C. and Bolton, S., 2001. Effects of Turbidity and Suspended Solids

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

RER/03/G41/A/1G/31: Reducing Trans-boundary Degradation of the Kura-Aras River Basin, 45 P.

Hafezieh, M. and Farabi M., 2018. Determination of effective parameters on final cost of rainbow trout production in marine cage culture of Mazandaran province. Journal of Iranian Fisheries Science, 27(5):11-18. DOI:10.22092/ISFJ.2018.117857. (in Farsi)

House, M.A. and Ellis, J.B., 1987. The Development of Water Quality Indices for Operational Management, Water Science Technology, 19(9):145-154.

Maitera, O.N., Ogugbuaja, V.O. and Barminas, J.T., 2010. An assessment of the organic pollution indicator levels of River Benue in Adamawa State, Nigeria. Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology, 2(7):110-116.

Mirzajani, A.R., 2010. Study on Tudehbin dam of Zanjan province in due to aquaculture activity. Iranian Fisheries Science Research Institute: 4-73-12-89053. (in Farsi)

Mohebbi, M., Azam vaghefi, K., Montazeri, A., Abtahi, M., Oktahi, S., Gholamnia, R., Aliasgari, F., and Saeedi, R., 2013. Development of a modified drinking water quality index (MDWQI) and its application for assessing water quality in groundwater resources of Iran. Iranian Journal of Health and Environment, 6(2): 187-200. DOI: 20.1001.1.20082029.1392.6.2.7.5. (in Farsi)

on Salmonids. Final Research Report Research Project T1803, Task 42. Washington State Transportation Commission. USA, 173 P.

CEC (Commission of European Communities),1978. Council Directive of 18 July 1978 on the quality of fresh waters needing protection or improvement in order to support fish life, (78/659/EEC). Official Journal, L/222, 1-10.

Clabby, K.J., Bowman, J.J., Lucey, J., McGarrigle, M.L. and Toner, P.F., 1992. Water Quality in Ireland 1987-1990. Environmental Research Unit, Dublin. 189 pp.

EPA (Environmental Protection Agency), 2013. National Rivers and Streams Assessment 2008–2009: A Collaborative Survey (Draft). Washington, DC: office of Wetlands, Oceans, and Watersheds, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency (28 February 2013). Available: http://goo.gl/HHa3PH [accessed 29 October 2014]. 131 P.

EPA (Environmental Protection Agency), 2014. Nutrient Pollution > The Problem [website]. Washington, DC: office of Water, U.S. Environmental Protection Agency (updated 16 March 2014). Available: http://www2.epa.gov/nutrientpollution/problem [accessed 29 October 2014]. 24 P.

FAO (Food and Agriculture Organization), 1992. Aquaculture Production, 1984-1990. Fisheries Circular No. 815, Rome. 206 P.

GEF (Global Environmental Facility), 2006. Water Quality in the Kura-Aras River Basin,

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

Nasiri, R., 2009. SPSS17 step by step tutorial. Nashar Gostar publisher. Tehran, 344 pp. (in Farsi)

Prasad, B.S.R.V., Srinivasu, P.D.N., Sarada Varma, P., Raman, A.V. and Santanu, R., 2014. Dynamics of Dissolved Oxygen in Relation to Saturation and Health of an Aquatic Body: A Case for Chilka Lagoon, India. Journal of Ecosystems, 17 P DOI: org/10.1155/2014/526245.

Sapozhnikov, V.N., Agativa, A.E., Arjanova, N.V., Nalitova, E.A., Mardosova, N.V., Zobarowij, V.L. and Bandarikov, E.A., 1988. Methods of hydrochemical analysis of the major nutrients. VNIRO publisher: Moscow, Russia. 150 P.

UNECE (United Nations Economic Commission for Europe), 1994. Standard Statistical Classification of Surface Freshwater Quality for the Maintenance of Aquatic Life. In: Readings in International Environment Statistics, United Nations Economic Commission for Europe, United Nations, New York and Geneva. 53-64.

USEPA (United States Environmental Protection Agency), 1978. Water quality indices: A survey of indices used in the United States, Washington, D.C.20460, USA. 138 pp.

USEPA (United States Environmental Protection Agency), 2000. National Nutrient Guidance for Anon Rivers and Streams. http://www.epa.gov/ost/criteria/nutrient/guidance/rivers/index.html (accessed February, 2003). 10 P.

Vowels, P.D. and Connel, D.W., 1980. Experiments in Environmental Chemistry. Pergamen Press, New York, 78 P.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]

Quantitative and qualitative assessment of the inlet and outlet pollutants of selected rainbow trout breeding farms in Mazandaran Province

Nasrollazadeh Saravi H.[1]; Hafizieh M.[2*]; Javadi A.[3]; Safari R.[1], Ghiasi M.[1]; Baloei M.[1]; Makglough A.[1]; Nekouei Fard A.[4]; Salahi Ardakani M.M.[5]; Davoudi Limoni A.[1]

*jhafezieh@yahoo.com

1-Caspian Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran
2-Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran
3-Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karj, Iran
4-National Artemia Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran
5-Shahid Motahary Cold-water Fishes Genetic and Breeding Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran

Abstract

The aim of the study was to determine the quality of the inlet and outlet water of five selected rainbow trout breeding farms in Mazandaran Province (Haraz, Chalous, Tonekabon, and Sari) based on environmental parameters during four seasons in 2021-2022. Forty samples were collected and measured based on standard methods. According to the results, the range of water temperature (3.0-24.0°C), air temperature (2.0-25.0°C), DO (6.16-12.24 mg/l), BOD5 (0.24-2.76 mg/l), COD (2.40-93.70 mg/l), EC (284-783 µs/cm), turbidity (1.12-220-0 NTU), TSS (2-288 mg/l), pH (7.44-8.62), total phosphorus (0.2-2.12 mg/l), phosphate (0.01-0.206 mg/l), ammonium (0.012-0.538 mg/l), ammonia (0.001-0.018 mg/l), nitrite (0.001-0.426 mg/l), nitrate (0.52-6.10 mg/l), fecal coliform count (6-1000 CFU/100ml) and water quality index (WQIIR) (62.0-91.0) were registered. The water quality of this river was placed in class III (low pollution) based on the average parameters of organic pollution (BOD5 and COD) and human activities were not one of the main factors in the increase of organic matter in the river. The concentration of ammonium and nitrite was within the threshold limit, but the concentration of phosphate in all the inlet and outlet stations and in different seasons was more than the maximum limit of unpolluted rivers. The results showed that the WQIIR was in the range of 62-91. 7.5% of the total data and the mean of this index indicated the relatively good quality of the inlet and outlet water of the rainbow trout breeding farms. The highest quality of water, i.e. very good quality, is recorded in 12.5% of all data, which is observed at the inlet water of rainbow trout breeding farms. The outlet quality index of the farms was lower than its inlet, but it was categorized as good quality. The overall WQIIR (77.4±6.6) in all inlet and outlet stations indicates that the water of this farm is suitable for fish and wildlife and also suitable for rainbow trout breeding.

Keywords: Environmental parameters, Water quality, Rainbow trout breeding farms, Mazandaran Province

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-09]