

# Evaluation of Atrazine Pesticide in Agricultural Drains and Water Resources of Karun and Dez Rivers

S. Sh. Moshashaeian Asl<sup>1</sup>, A. H. Hassani<sup>2</sup>, A. Takdastan<sup>3</sup>, A. H. Javid<sup>4</sup>

1. PhD. Student in Environmental Engineering, Dept. of Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Prof., Dept. of Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran  
(Corresponding Author) ahassani@srbiau.ac.ir
3. Prof., Dept. of Health Engineering, Faculty of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical, Ahvaz, Iran
4. Prof., Dept. of Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

(Received Dec. 25, 2021 Accepted June 12, 2022)

#### To cite this article:

Moshashaeian Asl, S. Sh., Hassani, A. H., Takdastan, A., Javid, A. H. 2022. "Evaluation of atrazine pesticide in agricultural drains and water resources of Karun and Dez Rivers" Journal of Water and Wastewater, 33(3), 139-150. Doi:10.22093/wwj.2022.321248.3216. (In Persian)

#### Abstract

Atrazine is one of the most widely used herbicides in the country, including Khuzestan province. The presence of this herbicide in aquatic environments poses a serious threat to human health and the aquatic ecosystem. Atrazine is an endocrine disruptor and is considered a carcinogen. The half-life of this herbicide in water and soil is between 20 and 50 days, that depends on the temperature and pH. Therefore, the present study aimed to determine the pesticide atrazine in agricultural drains and water of Karun and Dez Rivers. In order to measure the concentration of atrazine in agricultural effluent and Karun and Dez River, 15 stations upstream and downstream of the river were used. Determination of atrazine herbicide concentration was used by high performance liquid chromatography equipped with ultraviolet detector at maximum absorption wavelength. Construction of stock solutions was done by adding standard atrazine solution at concentrations of 1.5 and 0.5 ppm, 0.1, 0.05, and 0.05. Data analysis was performed using Excel software. The results showed concentration mean of atrazine in the downstream station (9, 11, 12 and 15) decreases compared to the upstream station (1, 3, 5 and 6). Maximum concentrations of atrazine in summer, winter, autumn and spring were measured with 55.16, 53.02, 111.51, 49.86 µg/L, respectively, which is beyond the standard of the environment organization (MCL=3 µg/L). Liters and different seasons of sampling are about 94.56%, 94.34%, 94.13% and 93.98% higher than the WHO standards. The results showed that the amount of atrazine herbicide in most water samples of Karun River is beyond the standard and WHO and EPA regulations. The Karun River was observed. Maximum concentrations were observed in maxing point of Karoon and Dez Rivers (station 1) followed by Dehkoda agro – industry (station 6) upstream.

**Keywords:** Atrazine Pesticide, Karun River - Dez River, Agricultural Drainage.



مجله آب و فاضلاب، دوره ۳۳، شماره ۳، صفحه: ۱۵۰-۱۳۹

## بررسی میزان آفت کش آترازین در زهاب‌های کشاورزی و منابع آبی رودخانه کارون و دز

سید شهرام مشعشعیان اصل<sup>۱</sup>، امیر حسام حسنی<sup>۲</sup>، افشین تکدستان<sup>۳</sup>، امیر حسین جاوید<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکترای مهندسی محیط‌زیست، گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی

و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استاد، گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست،

واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

(نویسنده مسئول) ahassani@srbiau.ac.ir

۳- استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت،

دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور، اهواز، ایران

۴- استاد، گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست،

واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

(دریافت ۱۴۰۱/۱۰/۴ پذیرش ۱۴۰۱/۳/۲۲)

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:

مشعشعیان اصل، س. ش. حسنی، ا. ح.، تکدستان، ا. ج. جاوید، ا. ح.، ۱۴۰۱، "بررسی میزان آفت‌کش آترازین در زهاب‌های کشاورزی و

منابع آبی رودخانه کارون و دز" مجله آب و فاضلاب، ۳۳(۳)، ۱۵۰-۱۳۹. Doi:10.22093/wwj.2022.321248.3216

### چکیده

آترازین یکی از پرکاربردترین علف‌کش‌ها در کشور از جمله استان خوزستان محسوب می‌شود. حضور این علف‌کش در محیط‌های آبی سلامت انسان و اکوسیستم آبی را به شدت تهدید می‌کند. آترازین یک مختل‌کننده غدد درون‌ریز است و جزو ترکیبات سرطان‌زا محسوب می‌شود. نیمه‌عمر این علف‌کش در آب و خاک بسته به دما و pH، بین ۲۰ تا ۵۰ روز است. این پژوهش با هدف تعیین آفت‌کش آترازین در زهاب‌های کشاورزی و آب رودخانه کارون و دز بود. به منظور اندازه‌گیری میزان غلظت علف‌کش آترازین در زهاب کشاورزی و رودخانه کارون و دز از ۱۵ ایستگاه در محدوده بالادست و پایین‌دست رودخانه استفاده شد. سنجش و تعیین غلظت سم علف‌کش آترازین با دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی زیاد مجهز به دکتور اشعه ماورای بنفش در حداکثر طول موج جذب انجام شد. ساخت محلول‌های استوک با اضافه کردن محلول استاندارد آترازین در غلظت‌های ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۵ و ۱/۵ ppm تهیه شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد. نتایج نشان داد میزان غلظت آترازین در پایین‌دست رودخانه کارون ایستگاه‌های ۱۲، ۱۱، ۹ و ۱۵ نسبت به ایستگاه‌های ۱، ۳، ۵ و ۶ بالادست روند تغییرات غلظت کاهشی دارد. حداکثر غلظت آترازین در فصل تابستان، زمستان، پاییز و بهار به ترتیب ۵۵/۱۶، ۵۳/۰۲، ۵۱/۱۱ و ۴۹/۸۶ میکروگرم در لیتر اندازه‌گیری شد که فراتر از استاندارد سازمان محیط‌زیست (MCL برابر ۳ میکروگرم در لیتر) بود و میزان این علف‌کش در فصول مختلف نمونه‌برداری حدود ۹۴/۵۶، ۹۴/۳۴، ۹۴/۱۳ و ۹۳/۹۸ درصد بیش از استانداردهای پیشنهادی EPA و WHO بود. نتایج نشان داد مقدار علف‌کش آترازین در بیشتر نمونه‌های آب رودخانه کارون فراتر از استاندارد و مقررات EPA و WHO بود. بیشترین مقدار غلظت آترازین در محل اختلاط دو رودخانه کارون و دز ایستگاه شطیپ ۱، سپس کشت و صنعت دهخدا، ایستگاه ۶ بالادست رودخانه کارون بیشترین غلظت مشاهده شد. میزان این علف‌کش در پایین‌دست که تحت تأثیر جزرومد خلیج فارس است، کمترین مقدار را داشت.

**واژه‌های کلیدی:** آفت‌کش آترازین، رودخانه کارون- رودخانه دز، زهاب کشاورزی



## ۱- مقدمه

## جدول ۱- خصوصیات علف‌کش آترازین

Table 1. Atrazim herbicide characterization

Molecular formula	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> ClN <sub>5</sub>
Molecular mass	215.68 g/mol
Appearance	colorless solid
Density	1.187 gcm <sup>-3</sup>
Melting temperature	448 <sup>ok</sup> , 347 <sup>of</sup> , 175 <sup>oc</sup>
Boiling temperature	473 <sup>ok</sup> , 392 <sup>of</sup> , 200 <sup>oc</sup>
Solubility	30 mg/L

متحده<sup>۱</sup> محدودیت‌های قانونی برای آب آشامیدنی ایمن مقرر کرده است. حداکثر سطح آلاینده<sup>۲</sup> برای علف‌کش آترازین در آب آشامیدنی ۳ میکروگرم در لیتر است (Chen et al., 2018). بنابراین پایش شبکه‌های آب عمومی برای آزمایش آترازین به صورت هر سه ماه یک بار الزامی است، مگر اینکه غلظت آترازین به طور مداوم کمتر از MCL باشد. برای کاهش خطر بهداشتی این علف‌کش، لازم است عوامل مؤثر بر سرنوشت آن در محیط شناخته شود. درک عوامل مؤثر بر ماندگاری و تجزیه آنها به منظور شناخت سرنوشت آن در محیط زیست از جمله محیط آبی، مهم است (Kermani et al., 2016).

این علف‌کش دومین مصرف جهانی در ایالات متحده و بیشتر کشورهای جهان محسوب می‌شود. از این علف‌کش به عنوان بزرگترین مصرف‌کننده در مزارع نیشکر خاورمیانه و از جمله در کشور ما و استان خوزستان استفاده می‌شود. بنابراین این علف‌کش از مهمترین آلاینده‌های اکوسیستم آبی در برخی کشورها است. میزان افت خروجی سالیانه آترازین ۵ درصد از مقدار اولیه برآورد شده است. آترازین یک مختل‌کننده غدد درون‌ریز است و جزو ترکیبات سرطان‌زا محسوب می‌شود (Noori et al., 2007).

نظراتی طی یک دوره ۴۵ ساله در آمریکا، آترازین را به عنوان یک علف‌کش انتخابی پیش کاشت، پیش رویشی یا بلافاصله پس از رویش برای کنترل علف‌های هرز ذرت، نیشکر، چغندر قند و زمین‌های غیرزراعی به کار می‌رود بیان می‌کند (Trentacoste et al., 2001).

در پژوهشی، آلبرگ و همکاران در سال ۲۰۱۸ پایش آلودگی آترازین در آب آشامیدنی و عوارض نامطلوب هنگام تولد در

رودخانه کارون با بیش از ۴۵۰ کیلومتر با توجه به نقش مهم در تأمین آب شرب شهرهای پایین دست و آبیاری اراضی کشاورزی مانند اهواز، آبادان، خرمشهر و ورود آلاینده‌های بخش کشاورزی (۴۸ درصد)، فاضلاب‌های شهری (۲۷ درصد) و صنعت (۲۳ درصد) و ایجاد بار آلودگی ناشی از این آلاینده‌ها، وارد یکی از پرآب‌ترین رودخانه‌های ایران می‌شود و باعث عدم رضایت مصرف‌کنندگان، موجب نگرانی‌ها و ادعاهای مبنی بر عدم تصفیه نامناسب مطابق با استانداردهای آب آشامیدنی، اهمیت حفاظت و بهره‌برداری صحیح و اصولی در خصوص کیفیت آب شرب شده است. ضرورت انجام پژوهش، برای کاهش آلودگی‌های ناشی از منابع غیرنقطه‌ای مانند رواناب‌های کشاورزی است. با توجه به کاهش مداوم دبی رودخانه کارون بر اثر انتقال بی‌رویه و خارج از اصول بین حوضه‌ای از سرشاخه‌های کارون و عدم توانمندی اعتبارات لازم برای سامان‌دهی پساب‌های شهری، کشاورزی و صنعتی، ورودی به کارون در روند رو به افزایش است (Noori et al., 2007).

وجود فعالیت‌های کشاورزی در استان خوزستان، نقش مهمی در آلودگی منابع آب سطحی از جمله رودخانه کارون دارند و عامل اصلی آلودگی، زهاب‌ها و رواناب‌های اراضی زراعی و به خصوص توسعه کشت و صنعت نیشکر در حاشیه رودخانه کارون است. علف‌کش آترازین یکی از پرکاربردترین آفت‌کش‌ها در مزارع کشاورزی جنوب کشور و به خصوص در استان خوزستان است (Chen et al., 2018).

آترازین عضوی از خانواده کلروفونوکسی-تریازین آفت‌کش‌ها است، به سرعت تبدیل به معروف‌ترین تریازین برای کارایی در مقابل طیف گسترده‌ای از علف‌های هرز در دامنه‌ای از شرایط شامل خاک خشک شد (Kermani et al., 2016).

منابع مختلف، آترازین را یک علف‌کش نسبتاً پایدار گزارش کرده‌اند که بسته به شرایط محیطی از جمله دما و pH نیمه‌عمری بین ۶ روز تا بیش از یک سال دارد. معمولاً بیشترین غلظت در طول ۶ هفته تا ۲ ماه بعد از استفاده از سم در زمین مشاهده می‌شود (Chen et al., 2018). خصوصیات علف‌کش آترازین در جدول ۱ آمده است. میزان حلالیت آن در آب حداکثر ۳۰ میلی‌گرم در لیتر است. آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات

<sup>1</sup> United States Environmental Protection Agency (USEPA)

<sup>2</sup> Maximum Contaminant Level (MCL)



میزان این علفکش در سطوح ۰/۰۱ تا ۵ میکروگرم در لیتر شناسایی شده است (Naji et al., 2011). در برنامه پایش تسهیلات آب آشامیدنی در سرتاسر آلمان مقداری از این سم در غلظت‌های ۱۳ تا ۴۵ میکروگرم در لیتر در ۶ مورد از ۵۱ نمونه پیدا شد (Chen et al., 2018). آژانس حفاظت از محیط‌زیست ایالات متحده، سازمان بهداشت جهانی<sup>۸</sup> و سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران<sup>۹</sup>، بیشینه غلظت مجاز آترازین را به ترتیب ۳، ۲ و ۲ میکروگرم در لیتر اعلام کرده‌اند. در کانادا این علفکش جزء ۸۳ آفت‌کش مهم آلاینده آب طبقه‌بندی شده است، در مناطقی به‌کار می‌رود که غلظت آن بیش از حد استاندارد است (Bu et al., 2018, Kermani et al., 2016, Chen et al., 2018). هدف سنجش میزان غلظت آفت‌کش آترازین در زهاب کشاورزی و آب رودخانه کارون و دز در چندین ایستگاه انجام شد.

## ۲- روش انجام پژوهش

### ۲-۱- ویژگی‌های ایستگاه‌های نمونه‌برداری

پس از بررسی نقشه‌ها و بازدیدهای میدانی، اقدام به شناسایی نقاط احتمالی آلاینده که سم آترازین در معرض ورود به منابع آبی قرار داشت، تعیین ایستگاه‌ها انجام شد. ملاک تعیین عدم ورود مواد سمی در بالاترین نقطه شمالی رودخانه و ایستگاه‌های متغیر در راستای ورود زهکش‌های مزارع نیشکر و دیگر آلاینده‌های احتمالی تا فاصله ۸۵ کیلومتری به فاصله تقریبی بین ۵ تا ۷ با میانگین ۶ کیلومتری که صحت و اطلاعات کافی را دارند، انجام شد. نمونه‌برداری گویای وضعیت فعلی رودخانه و محل برداشت آب برای مصارف شرب با ورود ۷ زهکش عمده کشاورزی در بالادست رودخانه کارون و دز (کشت و صنعت امام خمینی ایستگاه ۱، دهخدا ایستگاه ۵ و ۶ و کاغذ پارس هفت تپه ایستگاه ۱ از یکدیگر و تخلیه اکثر واحدهای صنعتی که به‌طور مستقیم به رودخانه کارون و دز با بیش از ۲۰ محل تخلیه پساب از ۵ شهر مجاور آبراهه (گتوند، شوشتر، ملاثانی، ویس، اهواز) اقدام به نمونه‌برداری به‌صورت فصلی طی یک سال آماری ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۰ شد. موقعیت

اوهایو را بررسی کردند. این پژوهش با هدف تعیین میزان غلظت آترازین در آب آشامیدنی با پیامدهای نامطلوب تولد از جمله سن بارداری<sup>۱</sup>، وزن کم هنگام تولد<sup>۲</sup>، وزن بسیار کم تولد<sup>۳</sup>، تولد زودرس<sup>۴</sup> و تولد خیلی زودرس<sup>۵</sup>، میانگین غلظت آترازین در طول بارداری و سه ماهه خاص محاسبه شد (Almberg et al., 2018). به‌طور قابل توجهی شانس تولد LBW در مواجهه با آترازین در کل دوره بارداری افزایش یافته است. هیچ مدرکی مبنی بر ارتباط بین مواجهه با آترازین از طریق آب آشامیدنی VLBW، GA، PTB و VPTB وجود نداشت. نتایج نشان داد که مواجهه با آترازین با کاهش وزن هنگام تولد در میان نوزادان همراه است و مواجهه با آترازین در آب آشامیدنی در اوایل و اواسط بارداری ممکن است، اثرات سمی بر روی جنین داشته باشد (Almberg et al., 2018). ناجی و همکاران در سال ۲۰۱۱، تأثیر علفکش آترازین بر فرایند اوئوژنز در گورخر ماهی را بررسی کردند. نتایج نشان داد که در این پژوهش اوئوژنز در تخمدان گورخر ماهی‌هایی که به مدت ۱۴ روز در معرض غلظت‌های مختلف آترازین ۱۰۰، ۱۰ و ۱۰۰۰ میکروگرم در لیتر قرار گرفته بودند، ارزیابی شد (Naji et al., 2011).

به این منظور نمونه‌ها در محلول بوین فیکس<sup>۶</sup> و در پارافین قالب‌گیری شدند و در نهایت برش‌های ۵ تا ۷ میکرومتری با هماتوکسیلین-اوتوزین<sup>۷</sup>، رنگ‌آمیزی شدند. نتایج این پژوهش‌ها نشان داد که غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میکروگرم در لیتر آترازین سبب افزایش چشمگیر اووسیت‌های غیرطبیعی در مقاطع تهیه شده از تخمدان می‌شود. در بسیاری از کشورها، پس از کاربرد علف‌کش آترازین در مناطق کشاورزی، غلظت مختلف در خاک و آب یافت شده است. میزان آترازین در آب زیرزمینی در سطوح ۰/۰۱ تا ۶ میکروگرم در لیتر و همچنین در چندین مورد در آب آشامیدنی

<sup>1</sup> Gestational Age (GA)

<sup>2</sup> Low Birth Weight (LBW)

<sup>3</sup> Very Low Birth Weight (VLBW)

<sup>4</sup> Preterm Birth (PTB)

<sup>5</sup> Very Preterm Birth (VPTB)

<sup>6</sup> Bouin Fix Solution

<sup>7</sup> Haematoxylin and Eosin

<sup>8</sup> World Health Organization (WHO)

<sup>9</sup> Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI)



جدول ۲- مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده رودخانه کارون و دز طی سال آماری ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۰

Table 2. Geographical points of sampling stations of Karun and Dez Rivers, in 2020 - 2021

Number of upstream and downstream Karun and Dez Rivers stations	Sampling station	Sampling place		Geographical coordinates	
		River	Drainage	X	Y
1	Imam Khomeini Agro – industry (shoeibieh) – Intersection of Karun and Dez River, Shotait Station		*	298822	3497000
2	Intersection of Karun and Dez Rivers	*		269165	3455405
3	Imam Khomeini Agro – industry, 2 kilometers Down. Dez River	*		278795	3467363
4	Veis City, left & right coast of Karun Rivers, opposite Moshashaeian Sadat village	*		256807	3447947
5	Dehkhoda Agro – industry, opposite Beit Fares village Entrance to Karun River, west coast.		*	255830	3408946
6	Dehkhoda Agro – industry, opposite Great Jesanieh village, East Martyr Barwayeh Highway		*	297474	3484643
7	Sugar Refining Road, Gobeir 3 village, Dehkhoda Agro – industry, Entrance to Karun River Drainage		*	277096	3461654
8	Dehkhoda Agro - industry, west Highway, Martyr Barway Toward Ahwaz Highway police, Ahwaz - Andimeshk		*	298692	3500348
9	Karun River, Daghaghalleh village	*		249850	3435662
10	Ahwaz, Kianpars, Khouzeestan Water & Wastewater Company	*		256796	3419147
11	Deable Khozaei Agro – industry discharge point, 10 kilometers to Shadegan wetland		*	240070	3377169
12	Salman Agro – industry Drainage, opposite Shirin Shahr Bridge		*	245320	3390710
13	Faraby Agro – industry, 3 kilometers Abadan to Ahwaz Road		*	248988	3401030
14	Amirkabir - Mirza khochakkhan Agro - industry Drainage, 40 kilometers Down Ahwaz City		*	286391	3477201
15	Karun River, Great Nassareh village, 60 kilometer Abadan – Ahwaz Road	*		228225	3369344

هیدروکلریدریک، هیدروکسید سدیم، اسید نیتریک با درجه خلوص آزمایشگاهی از شرکت مرک<sup>۱</sup> آلمان تهیه و پودر استاندارد سم علف‌کش آترازین با خلوص بیش از ۹۸ درصد و مخصوص از شرکت سیگما آلدریج<sup>۲</sup> تهیه شد. سنجش و تعیین غلظت سم علف‌کش آترازین از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا HPLC<sup>۳</sup> مدل Agilent Infinity Series 1200 استفاده شد. دستگاه فوق مجهز به دکتور UV<sup>۴</sup> بوده که برای سنجش آترازین بر روی

جغرافیایی ایستگاه‌ها و محل‌های ایستگاه‌های نمونه‌برداری طی ردیف‌های ۱ تا ۱۵ در جدول ۲ بالادست تا پایین‌دست رودخانه کارون و دز ارائه شده است.

## ۲-۲- نحوه آماده‌سازی نمونه و آنالیز آفت‌کش آترازین

نمونه‌ها پس از تهیه در جعبه نمونه‌برداری مطابق با متدولوژی مشخص طی مدت زمان ۱۲ ماه به آزمایشگاه (معمد دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، آبقا خوزستان، آزمایشگاه خصوصی) ارسال شد. تمامی مواد شیمیایی موردنیاز: سولفات آهن دو ظرفیتی، اسید سولفوریک غلیظ، اسید

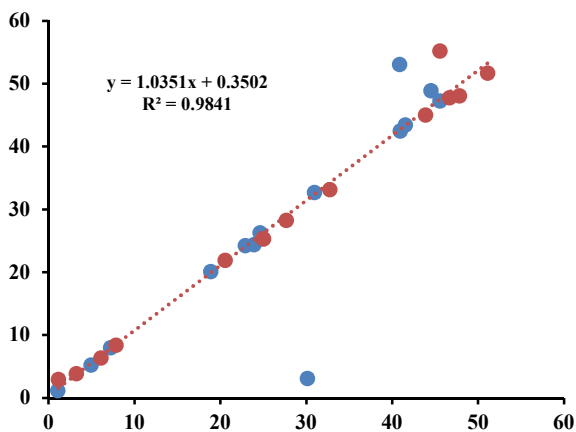
<sup>1</sup> Merck

<sup>2</sup> Sigma-Aldrich

<sup>3</sup> High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

<sup>4</sup> Ultra Violet (UV)





**Fig. 1.** Atrazine regression for selected stations from upstream to downstream of Karun and Dez River in different seasons 2020-2021

شکل ۱- خط رگرسیون آترازین در ایستگاه‌های انتخابی از بالادست تا پایین‌دست رودخانه کارون و دز طی فصول مختلف سال آماری ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۰

استفاده از آزمون  $t$  در یک حالت محاسبه شد.

### ۳- نتایج و بحث

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، نتایج اندازه‌گیری شده در محیط آبی روند رو به کاهش غلظت آترازین طی فصول پاییز و بهار (به دلیل عدم آبیاری و استراحت زمین) نسبت به دیگر فصول را نشان می‌دهد. غلظت این سم بر فصول دیگر تأثیرگذارتر بوده و به دلیل آب‌شویی مزارع نیشکر و سم‌پاشی در فصول زمستان و تابستان سبب افزایش غلظت آترازین شد. دلیل افزایش غلظت در بالادست وجود زهکش‌های نیشکری ناشی از کودهای مصرفی (زهکش هفت تپه) با میزان ۵۷/۲ میلیون مترمکعب در سال در فاصله بسیار کم در محل تلاقی با زهکش کشت و صنعت امام خمینی (ایستگاه ۱) بود.

برای افزایش آبگذر ایمن محیط‌زیستی در راستای بهبود کیفیت آب رودخانه کارون با ایجاد انحراف و انتقال آب به میزان ۶۰ مترمکعب بر ثانیه از رودخانه کرخه (ایستگاه ۱۰) و ایجاد انحراف زهکش کشت و صنعت دعبل خزاعی (ایستگاه ۱۲) به طرف تالاب شادگان و وجود شوری آب و جذر و مدهای خلیج فارس و جذب سطحی آترازین به مواد معلق سبب مضاعف کاهش غلظت آترازین در نواحی پایین‌دست رودخانه کارون شد. در شکل‌های ۲ تا ۶

طول موج ۲۵۴ نانومتر تنظیم شد. فاز متحرک برای سم آترازین مخلوطی از بافر فسفات با pH معادل ۶/۶ تا ۷/۶ و استونیتریل با نسبت ۳۰ به ۷۰ درصد با میزان جریان ۱ ml/min در ۵۰ درجه سلسیوس وارد ستون نوع C18 شد. تمامی نمونه‌ها قبل از تزریق به دستگاه، از طریق یک فیلتر استات سلولز با اندازه روزنه ۰/۴۵  $\mu\text{m}$  و قرائت سطح زیر پیک نمونه‌ها با مقدار غلظت ۰/۰۵، ۰/۰۰۵، ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۱ PPM<sup>۱</sup> با محلول مجهول آترازین و مقدار مشخص ۵ میلی‌لیتر از نمونه و ۱/۵ میلی‌لیتر استونیتریل با ۴۰ درصد آب و ۶۰ درصد استونیتریل و استفاده از محلول HCL در pH معادل ۶ و اضافه کردن ۱/۵ گرم NaCl به مدت ۱۵ دقیقه در لوله فالکون و فرایند استاندارد و رسم منحنی کالیبراسیون از آترازین با غلظت‌های تعیین شده با فیلتر سرسرنگی ۰/۴۵ میکرون به دستگاه HPLC تزریق و غلظت واقعی آترازین که به‌طور طبیعی در نمونه وجود داشت، قرائت شد.

این ارزیابی به بررسی اثرات بازه قبل از ورود آلاینده از بالادست رودخانه کارون تا پایین‌دست به فاصله ۸۵ کیلومتری با تعیین ۱۵ ایستگاه تعیین شد. صحت نتایج به‌دست آمده تکنیک‌های آنالیز و فاکتور اصلی، با استفاده از روش تحلیل هم‌بستگی (رگرسیون خطی) بررسی شد. به‌این منظور با انتخاب آترازین و محاسبه ضریب تعیین  $R^2$  با استفاده از تمامی اطلاعات ایستگاه‌های قرائت شده اقدام به صحت‌سنجی نتایج به‌دست آمده، شد که نتایج آن در شکل ۱ آمده است.

تعیین مقدار این ضریب با توجه به شرایط پژوهش و پیچیدگی و وسعت ایستگاه‌های نمونه‌برداری متفاوت است. اولین مؤلفه پس از بررسی تمام ایستگاه‌ها که دارای مقدار بیشتر به‌عنوان ضریب انتخابی تعیین بود و به دلیل وسعت زیاد و غیرخطی و دینامیک بودن سیستم رودخانه کارون این معیار با ۰/۹۸۴۱ در نظر گرفته شد.

با توجه به معیارهای در نظر گرفته شده در بیشتر ایستگاه‌های نمونه‌برداری و به‌طور معمول در پایین‌دست رودخانه کارون این ضریب کمتر از ۰/۹۵ بود و بالادست رودخانه کارون به‌عنوان معیار و مؤلفه اصلی شناخته شد. ضریب تعیین تمامی ایستگاه‌ها با استفاده از روش رگرسیون خطی و سطح معنی‌دار ۵ درصد با

<sup>۱</sup> Part Per Million (PPM)



جدول ۳- میانگین غلظت سم آترازین ۱۵ ایستگاه نمونه‌برداری رودخانه کارون و دز طی فصول مختلف سال آماری ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۰ (برحسب میکروگرم در لیتر)

**Table 3.** Mean of Atrazine concentration in water of selected stations of Karun and Dez Rivers, based on seasons

Number of upstream and downstream Karun and Dez Rivers stations	Sampling station	Sampling place					
		River	Drainage	Spring	Winter	Autumn	Summer
1	Imam Khomeini Agro – industry (shoeibieh) – Intersection of Karun and Dez River, Shotait Station		*	49.86	53.015	45.56	55.16
2	Intersection of Karun and Dez Rivers		*	24.65	26.24	27.69	28.22
3	Imam Khomeini Agro – industry, 2 kilometers Down. Dez River		*	41.56	43.43	43.89	44.99
4	Veis city, left & right coast of Karun Rivers, opposite Moshashaeian Sadat village		*	23.94	24.38	24.96	25.31
5	Sugar Refining Road, Gobeir 3 village, Dehkhoda Agro – industry, Entrance to Karun River Drainage		*	45.57	47.24	47.84	48.05
6	Dehkhoda Agro – industry, opposite Great Jesanieh village, East Martyr Barwayeh Highway		*	44.51	48.86	51.11	51.65
7	Dehkhoda Agro – industry, Entrance to Karun River		*	3.016	3.052	3.25	3.85
8	Dehkhoda Agro - industry, west Highway, Martyr Barway Toward Ahwaz Highway police, Ahwaz - Andimeshk		*	40.96	42.42	46.68	47.75
9	Karun River, Daghaghalleh village		*	4.96	5.212	6.11	6.32
10	Ahwaz, Kianpars, Khouzestan Water & Wastewater Company		*	18.88	20.07	20.56	21.88
11	Deable Khozaei Agro – industry discharge point, 10 kilometers to Shadegan wetland		*	7.22	7.95	7.88	8.36
12	Salman Agro – industry Drainage, opposite Shirin Shahr Bridge		*	22.93	24.2	25.05	25.3
13	Faraby Agro – industry, 3 kilometers Abadan to Ahwaz Road		*	1.09	1.12	1.16	2.94
14	Amirkabir - Mirza khochakkhan Agro - industry Drainage, 40 kilometers Down Ahwaz City		*	30.96	32.687	32.75	33.12
15	Karun River, Great Nassareh village, 60 kilometers Abadan – Ahwaz Road		*	ND	ND	ND	ND

غلظت آترازین تمامی فصول برای مصارف شرب بیش از حداکثر استانداردهای WHO و EPA بود. بیشترین مقدار غلظت در محل تلاقی دو رودخانه کارون و دز (ایستگاه ۱)، سپس کشت و صنعت دهخدا (ایستگاه ۶) بالادست رودخانه کارون بود. تمامی ایستگاه‌های اندازه‌گیری شده رودخانه به‌جز یک مورد، ایستگاه ۱۵ پایین‌دست رودخانه کارون سم آترازین وجود داشت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. برای اطمینان از صحت و سقم داده‌ها در بعضی از نمونه‌ها به‌صورت تصادفی با دو

غلظت ایستگاه‌های نمونه‌برداری طی فصول سال آماری ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۰ برحسب میکروگرم در لیتر ارائه شده است. نتایج نشان داد تمامی فصول اندازه‌گیری شده میانگین غلظت، بیشتر از حداکثر استاندارد سازمان تحقیقات صنعتی ایران ۳ میکروگرم در لیتر بوده است. بیشترین غلظت آترازین به‌ترتیب طی فصل‌های تابستان، زمستان، پاییز و بهار با حداکثر غلظت ۵۳/۰۲، ۵۵/۱۶، ۵۱/۱۱ و ۴۹/۸۶ میکروگرم در لیتر معادل ۹۴/۳۴، ۹۴/۵۶، ۹۳/۹۸ و ۹۴/۱۳ درصد بیش از حداکثر استانداردهای مجاز بود.



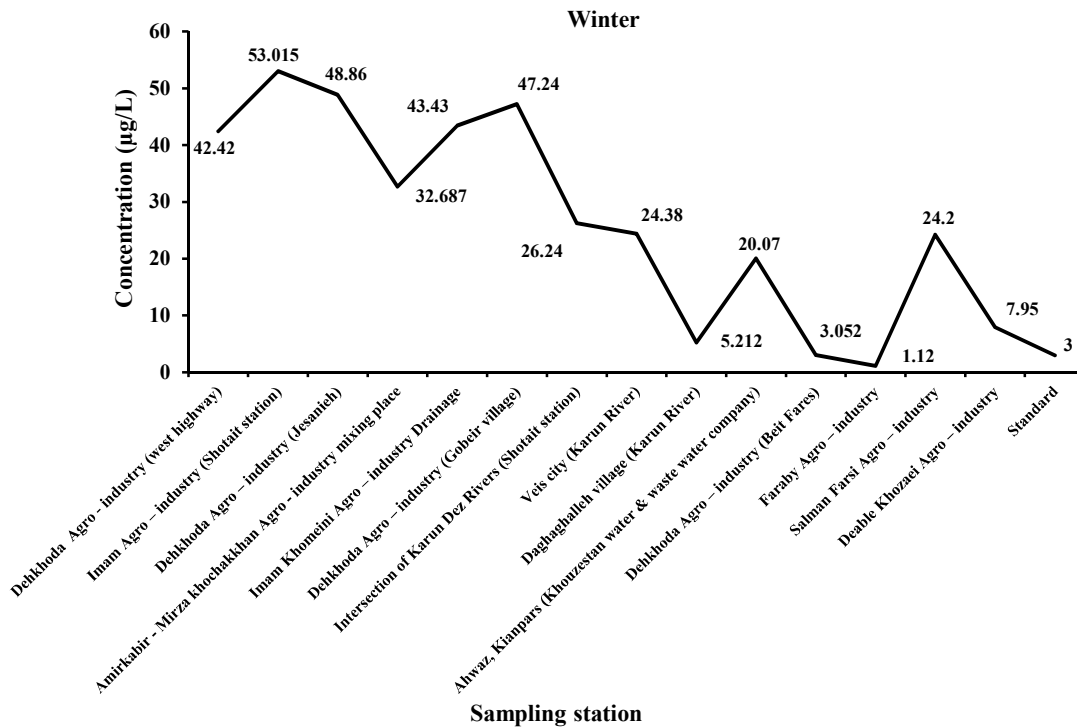


Fig. 2. Mean of Atrazine water of the rivers in winter

شکل ۲- میانگین نتایج اندازه‌گیری شده آترازین در ایستگاه‌های انتخابی طی فصل زمستان (برحسب میکروگرم در لیتر)

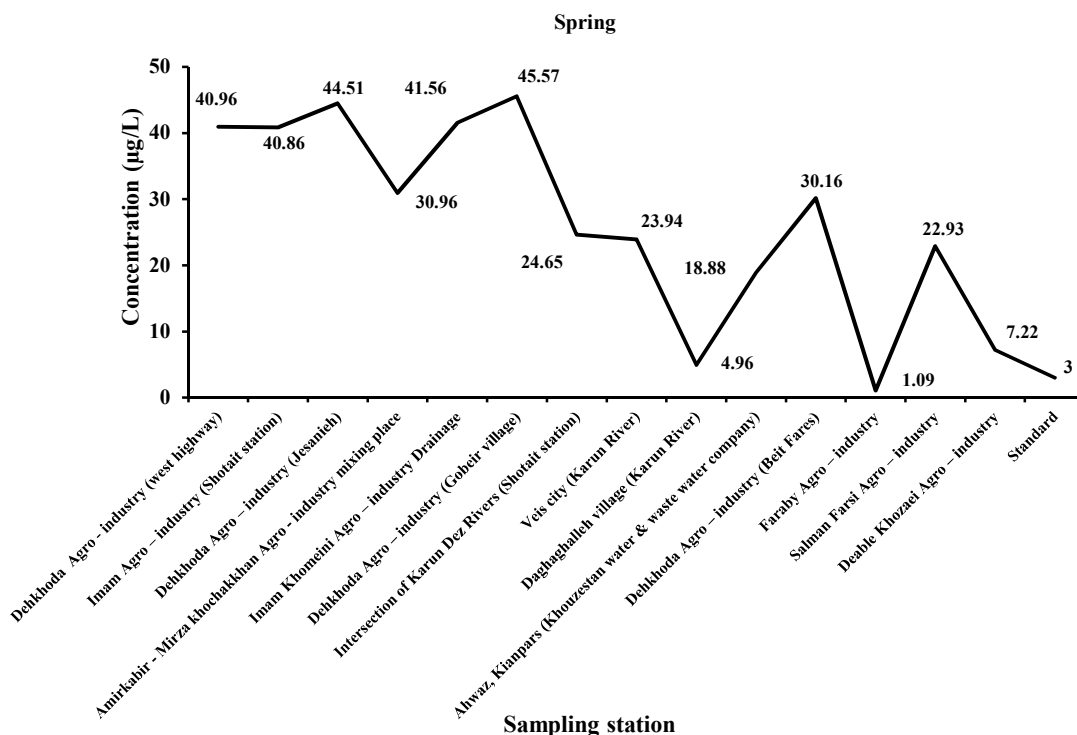


Fig. 3. Mean of Atrazine water of the rivers in spring

شکل ۳- میانگین نتایج اندازه‌گیری شده آترازین در ایستگاه‌های انتخابی طی فصل بهار (برحسب میکروگرم در لیتر)





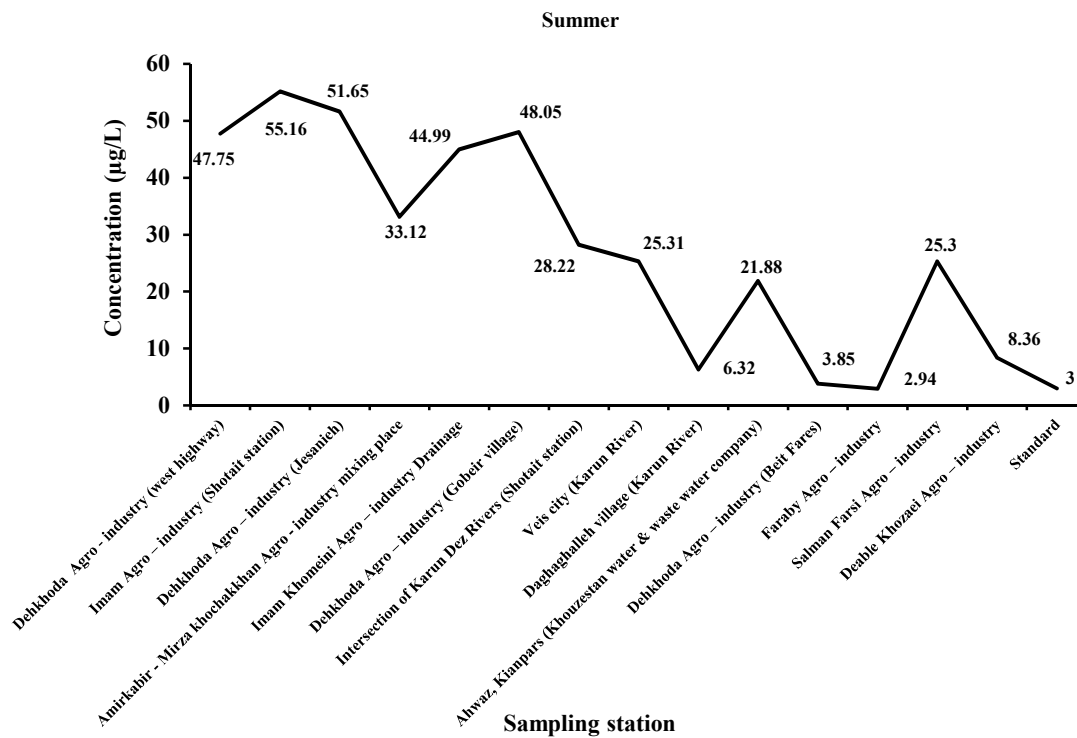


Fig. 4. Mean of Atrazine water of the rivers in summer

شکل ۴- میانگین نتایج اندازه‌گیری شده آترازین در ایستگاه‌های انتخابی طی فصل تابستان (برحسب میکروگرم در لیتر)

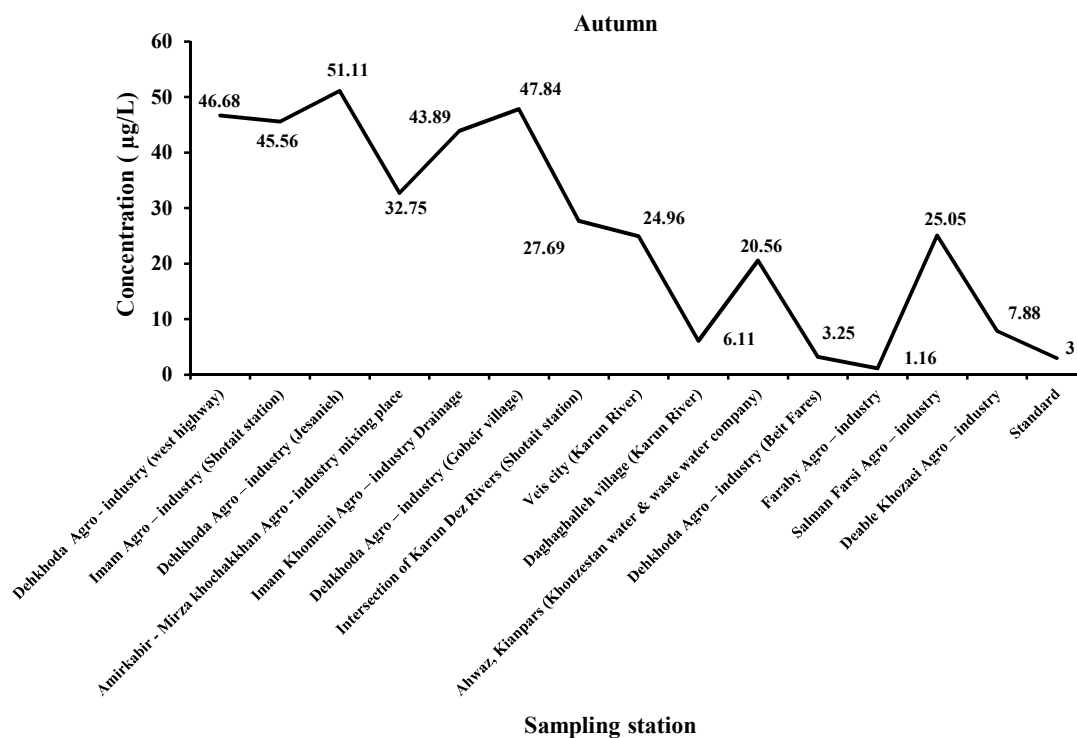


Fig. 5. Mean of Atrazine water of the rivers in autumn

شکل ۵- میانگین نتایج اندازه‌گیری شده آترازین در ایستگاه‌های انتخابی طی فصل پاییز (برحسب میکروگرم در لیتر)



۹۴/۵۶ درصد بیشتر از استانداردهای محیط زیستی و بهداشتی بود. روند افزایشی غلظت از بالادست رودخانه به سمت مرکز رودخانه کارون (ایستگاه ۱۰)، بیشترین مقدار غلظت مشاهده شد. ایستگاه نثاره (ایستگاه ۱۵) در ۶۰ کیلومتری رودخانه کارون سم آترازین در نمونه برداری مشاهده نشد. روند کاهشی غلظت آترازین از ایستگاه ۱۱ به پایین دست رودخانه کارون تا ایستگاه ۱۵ به دلیل اختلاط دو رودخانه در ایستگاه ۱۰ با ایجاد رقیق سازی توسط سه مکانیسم: ۱- جذب سطحی آترازین به مواد معلق موجود در رودخانه و رسوبات (ته نشینی) ۲- فوتولیز (که توسط نور خورشید شکسته می شود) ۳- تجزیه میکروارگانیسم ها از طریق دالکیلاسیون و هیدرولیز در آب رودخانه کارون و به ویژه پایین دست سبب کاهش غلظت آترازین بود.

از فرایندهای دیگر برای کاهش غلظت سم آترازین رودخانه کارون می توان با کاهش مقدار آب شویی مزارع نیشکر، افزایش آبگذر ایمن محیط زیستی در طول آبراه کارون و کنترل زهاب های ورودی، آلاینده های شهری، کشاورزی و پایش مستمر می توان کیفیت آب رودخانه کارون را تا حد مطلوبی ارتقا داد و زمینه بهره برداری پایدار را ایجاد کرد.

از فرایندهای دیگری که امکان کاهش یا حذف این سم در آب شرب را می توان بررسی و آنالیز کرد، استفاده از مواد شیمیایی مثل پرسولفات سدیم با کمک سرباره صنایع فولاد است. میانگین نتایج غلظت سم آترازین رودخانه های کارون و دز بر در جدول ۴ طی

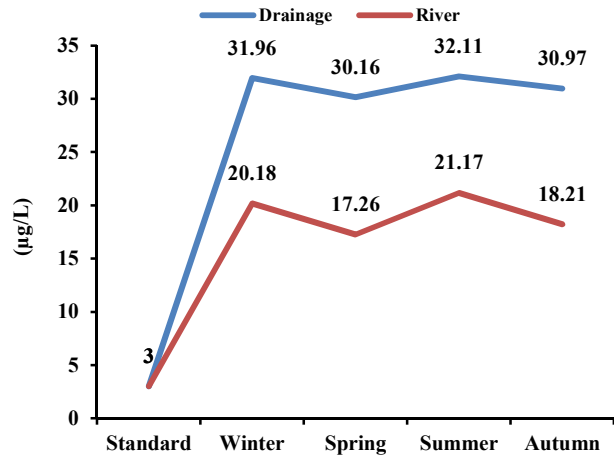


Fig. 6. Mean of Atrazine concentration in water of drainage, Karun and Dez Rivers

شکل ۶- میانگین اندازه گیری شده غلظت آترازین طی فصول مختلف از زهکش و رودخانه های کارون و دز بر حسب میکروگرم در لیتر طی سال آماری ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۰

بار انجام شد. نتیجه خطای آزمایش ها کمتر از یک درصد بود، بنابراین می توان صحت و سقم داده ها را تأیید کرد. در فصل تابستان با توجه به آب شویی مزارع و سم پاشی، غلظت سم آترازین بیشتر از تمامی فصول سال بود و در زهکش اتصالی به رودخانه کارون از دز بالادست کشت و صنعت امام خمینی (ایستگاه ۱) تا فاصله ۲ کیلومتری پایین دست نقطه اختلاط دو رودخانه (ایستگاه ۲) با غلظت ۵۵/۱۶ میکروگرم در لیتر معادل

جدول ۴- میانگین نتایج غلظت آترازین در طول دوره آماری و طی فصول مختلف سال های (۱۳۹۹ تا ۱۴۰۰) و مقایسه آماری با استاندارد

Table 4. Mean of atrazine concentration in water of drainage, Karun and Dez Rivers in different seasons and comparison with standard seasons of 2020-2021

#	Sampling times	Average (µg/L)		Standard deviation	Maximum	Minimum
		Drainage	River			
1	Spring	30.16	17.26	48.77	49.86	1.09
2	Summer	32.11	21.17	53.22	55.16	1.94
3	Autumn	30.97	18.21	49.95	51.11	1.16
4	Winter	31.96	20.18	51.89	53.01	1.12
5	Year	31.30	19.21	3.12	52.286	1.33
6	Standard discharge to surface water in µg/L			3		



شد.

۴- بیشترین مقدار غلظت آترازین در زهکش و رودخانه در فصل تابستان، زمستان، پاییز و بهار به ترتیب ۳۲/۱۱، ۳۱/۹۶، ۳۰/۹۷ و ۳۰/۱۶ و رودخانه به ترتیب ۲۱/۱۷، ۲۰/۱۸، ۱۸/۲۱ و ۱۷/۲۶ میکروگرم در لیتر بود.

۵- وجود شوری آب و جذرومدهای خلیج فارس و آب انتقالی از رودخانه کرخه به میزان ۶۰ مترمکعب بر ثانیه با وجود روند تغییرات غلظت نسبتاً مطلوب ایستگاه ۱۰ و میزان جذب سطحی آترازین به مواد معلق موجود در رودخانه و رسوبات ته نشینی رودخانه و فتولیز و تجزیه میکروارگانسیم ها میانگین غلظت آترازین را در ایستگاه های ۹، ۱۱، ۱۲ و ۱۵ به طور قابل توجهی کاهش داد.

۶- به دلیل حجم زیاد سم پاشی و آب شویی مزارع طی فصل تابستان بیشتر از تمامی فصول سال سبب افزایش غلظت آترازین شد.

#### ۵- قدردانی

نویسندگان این پژوهش، مراتب قدردانی خود را از معاونت محترم پژوهشی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز و کارکنان محترم آزمایشگاه آبفا خوزستان که تمام تلاش خود را برای انجام این پژوهش انجام دادند، اعلام می دارند.

#### References

- Almberg, K. S., Turyk, M. E., Jones, R. M., Rankin, K., Freels, S. & Stayner, L. T. 2018. Atrazine contamination of drinking water and adverse birth outcomes in community water systems with elevated atrazine in Ohio, 2006–2008. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 1889.
- Bu, L., Zhu, S. & Zhou, S. 2018. Degradation of atrazine by electrochemically activated persulfate using BDD anode: role of radicals and influencing factors. *Chemosphere*, 195, 236-244.
- Chen, L., Hu, X., Yang, Y., Jiang, C., Bian, C., Liu, C., et al. 2018. Degradation of atrazine and structurally related s-triazine herbicides in soils by ferrous-activated persulfate: kinetics, mechanisms and soil-types effects. *Chemical Engineering Journal*, 351, 523-531.
- Kermani, M., Bahrami Asl, F., Farzadkia, M., Esrafil, A., Salahshour Arian, S., Khazaei, M., et al. 2016. Heterogeneous catalytic ozonation by Nano-MgO is better than sole ozonation for metronidazole degradation, toxicity reduction, and biodegradability improvement. *Desalination and Water Treatment*, 57, 16435-16444.
- Naji, Z. M. N., Ghassemzadeh, F., Shahsavani, D. & Behnamrassouli, M. 2011. Effects of herbicide atrazin on oogenesis in zebrafish (*Danio rerio*). *Journal of Cell and Tissue*, 2(2), 147-155.

سال آماری ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۰ برحسب میکروگرم در لیتر نشان داده شده است. همان طور که در نمودارها و جداول نشان داده شد، مقایسه نتایج این پژوهش با پژوهش های مشابه نشان داد میانگین غلظت آترازین در رودخانه کارون و دز از ۷/۲۲ تا ۴۷/۷۵ برحسب میکروگرم در لیتر متغیر بود، در حالی که در رودخانه های ایالات متحده آمریکا غلظت آن از صفر تا ۸۷، در آبهای مدیترانه از ۰/۱۷ تا ۰/۳۸۵ و در دریای بالتیک و سیاه ۰/۰۰۱ تا ۰/۱۱ میکروگرم در لیتر گزارش شده است (Wang et al., 2021).

#### ۴- نتیجه گیری

۱- نتایج اندازه گیری شده در محیط آبی روند رو به کاهش میزان غلظت آترازین در طی فصول پاییز و بهار نسبت به دیگر فصول را نشان می دهد.

۲- میانگین غلظت آترازین در تمامی فصول اندازه گیری شده بیشتر از حداکثر استاندارد ISIRI و WHO و EPA بود، بیشترین مقدار غلظت در زهکش و رودخانه به ترتیب در فصول تابستان، زمستان وجود داشت.

۳- بیشترین مقدار غلظت در محل تلاقی دو رودخانه دز و کارون در ایستگاه شطیپ ۱ و سپس به ترتیب در ایستگاه های ۵ و ۶ دیده



- Noori, R., Kerachian, R., Khodadadi Darban, A. & Shakibaenia, A. 2007. Assessment of importance of water quality monitoring stations using principal components analysis and factor analysis: a case study of the Karoon River. *Journal of Water and Wastewater*, 18(3), 60-69. (In Persian)
- Trentacoste, S. V., Friedmann, A. S., Youker, R. T., Breckenridge, C. B. & Zirkin, B. R. 2001. Atrazine effects on testosterone levels and androgen-dependent reproductive organs in peripubertal male rats. *Journal of Andrology*, 22, 142-148.
- Wang, Z., Ouyang, W., Tysklind, M., Lin, C. & Wang, B. 2021. Seasonal variations in atrazine degradation in a typical semienclosed bay of the northwest Pacific ocean. *Environmental Pollution*, 283, 117072.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

