بررسی تاثیر شیرابه ناشی از دفن پسماندهای شهرستان رشت بر کیفیت آب زیرزمینی (مطالعه موردی: چاه‌های محدوده‌ی دهستان سراوان)

مهدی عاشورنیاء[۱]، مریم کیانی صدر[۲]، فاطمه قنبری[۳*]، مرتضی کریمی[٤]، مجید پورعسکری[٥]

۱- استادیار، جهاد دانشگاهی واحد گیلان

۲- استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

۳*- عضو هیات علمی، پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی، رشت

۴- کارشناس پژوهشی، پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی، رشت

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه عمران- محیط‌زیست، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی، واحد رشت

*ایمیل نویسنده مسئول: ft.ghanbari@gmail.com

تاریخ دریافت : ۹۹/۰۴/۳۰ تاریخ پذیرش : ۹۹/۰۵/۲۷

چکیده

با توجه به بالا بودن سطح آب زیرزمینی در دشت گیلان و احتمال آلوده شدن آب‌های زیرزمینی بر اثر شیرابه ناشی از دفن پسماندهای شهری، در این پژوهش کیفیت آب زیرزمینی ۹ حلقه چاه در محدوده جنوبی مدفن پسماند شهرستان رشت مورد بررسی قرار گرفت و مقادیر پارامترهای COD، TN، TP، TDS، EC و سایر ورودی‌های مدل‌های مورد استفاده، به‌دست آمد. به منظور بررسی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب زیرزمینی، پارامترهای کیفی مورد استفاده از نظر شرب و کشاورزی در طبقه‌بندی‌های شولر و ویلکاکس در دو فصل خشک و تر با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی پهنه‌بندی شدند. نتایج نشان داد که کیفیت آب زیرزمینی در این محدوده بر اساس طبقه‌بندی شولر در کلاس خوب و قابل قبول برای مصارف شرب و بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس مناسب و برای کشاورزی قابل استفاده است. مقایسه نقشه‌های پهنه‌بندی نشان داد که تمامی پارامترها در فصل تر در جهت جریان آب زیرزمینی کاهش یافته‌اند. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهند که محل دفن پسماند شهرستان رشت تأثیری بر کیفیت آب زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه این تحقیق ندارد و به احتمال زیاد جهت نفوذ و انتقال شیرابه به آب زیرزمینی به همسو با جریان سطحی شیرابه به سمت شمال و شمال غربی است.

کلمات کلیدی

"آب زیرزمینی"، "شیرابه"، "پسماند"، "شولر"، "ویلکاکس"

Study of Leachate from the Landfill of Rasht onGroundwater Quality (Case study; the Wells Around Saravan village)

Mehdi Ashournia[1], Maryam Kiani Sadr[2], Fatemeh Ghanbari[3*], Morteza Karimi[4], Majid Pouraskari[5]

*3-Research lecturer, Environmental Research Institute, Academic center for education, Culture and Research (ACECR), Rasht, Iran

*Email Address: ft.ghanbari@gmal.com

Abstract

Because of the high groundwater level available in Guilan plain and the possibility of contamination of groundwater due to leachate from urban landfills, in this study, the quality of groundwater in 9 wells in the southern area of the landfill of Rasht was examined and the concentration of COD, TN, TP, TDS, EC, and other input of used methods were analyzed. In order to investigate the spatial and temporal changes in groundwater quality in the study area, the qualitative parameters used in terms of drinking and agriculture purposes in Schuler and Wilcox classifications were zoned into two dry and wet seasons using Geographic Information System. The results showed that groundwater quality in this area is good and acceptable for drinking based on Schuler classification and good and acceptable for agricultural purposes based on Wilcox classification. Comparison of zoning maps showed that all parameters in the wet season have decreased in the direction of groundwater flow. Also, the results showed that the landfill of Rasht has no effect on groundwater quality in the study area and it is most likely that the leachate flow is aligned with the flow of the surface leachate to the north and northwest.

Keywords

“Groundwater”, “leachate”, “solid waste”, “Schuler”, “Wilcox”

۱- مقدمه

در بسیاری از نقاط دنیا مردم با مشکلات کمی و کیفی آب مواجه هستند، زیرا تخلیه و مصرف منابع آب از طرف مردم بیشتر از مقدار ورودی و تغذیه این منابع است. از طرفی دیگر با افزایش روز افزون فعالیت‌های انسانی، آلودگی منابع آب نیز درحال افزایش بوده که نتیجه‌ی آن کاهش مقدار آب شیرین در دسترس است. در جهان امروز این منبع مهم به خصوص در بخش شرب و کشاورزی مورد استفاده فراوان قرار می‌گیرد (Chidichimo et al, 2020). آب زیرزمینی منبع محیط‌زیستی محدود شده‌ای است که تنها درصد کوچکی از کل توزیع آب را تشکیل می‌دهد در صورتی که مدیریت مناسبی صورت نگیرد این منابع به میزان زیادی مستعد پذیرش آلودگی هستند (دشتی و همکاران، ۱۳۹۳). پیدا کردن جایگاه مناسب برای دفن پسماند یکی از مهمترین بخش‌های سیستم مدیریت پسماند است (اسلامی، فروغیان، ۱۳۹۳) که ضوابطی از قبیل فاصله تا آب‌های سطحی و زیرزمینی باید در آن مد نظر قرار گیرد (مدبر و همکاران، ۱۳۹۷) آب‌های زیرزمینی می‌توانند توسط محل‌های دفن پسماند، مخازن دفن فاضلاب و کودهای شیمیایی آلوده شوند. اما از جمله منابع بالقوه، آلودگی آب‌های زیرزمینی، اماکن دفن پسماندهای شهری است. زیرا در اماکن بدون عایق‌کشی دفن پسماند، شیرابه و برخی گازهای تولید شده قادرند به لایه‌های زیرین خاک نفوذ کرده، ایجاد آلودگی کنند (گراوند و همکاران، ۱۳۹۵). شیرابه پسابی است بسیار خطرناک که شاید شدت آلودگی آن از هر نوع فاضلابی بیشتر باشد. شیرابه‌ها اغلب حالت اسیدی داشته و میزان pH آن بستگی به غلظت‌های اسیدهای موجود در ترکیبات پسماند و دی اکسیدکربن حاصل از اکسیدسیون مواد دارد. شیرابه جمع شده تحت اثر مکانیزم‌های مختلف شروع به نفوذ و حرکت در میان لایه‌های خاک زیرین کرده و پس از طی مسیری به سفره آب زیرزمینی تحتانی وارد می‌شود (قنبری و همکاران، ۱۳۹۴، عزیزی و همکاران، ۱۳۹۶، Bhalla et al., 2013). رعایت نکردن موازین انتخاب محل، آماده‌سازی نامناسب و غیر علمی محل دفن و تکنیک دفن نامناسب به تولید و انتشار شیرابه در لایه‌های زیرزمینی دفن و حرکت شیرابه به سمت پایین منجر می‌شود (Wagner and Bilitewski, 2009; EUWID, 2007).

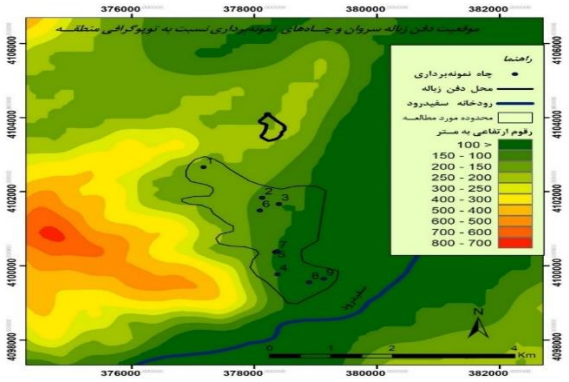
در طی عبور شیرابه از پسماندهای درحال تجزیه، مواد بیولوژیکی و شیمیایی مختلفی وارد آن شده، باعث آلودگی هر چه بیشتر شیرابه می شوند. در سال‌های اخیر تحقیقات جامعی در زمینه بررسی منابع آب زیرزمینی اطراف محل‌های دفع پسماند انجام شده و نتایج آن‌ها حاکی از انتقال آلودگی شیرابه به منابع آب بوده است (رضایی و همکاران، ۱۳۸۹، حاجی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۴، جلالی‌پور و همکاران، ۱۳۹۵، Bundela et al, 2012، Nigro et al, 2017، de Medeiros Engelmann et al, 2017، Mepaiyeda et al, 2020، Abiriga et al, 2020). به طور کلی عوامل مهم در شکل دهی کیفیت شیرابه عبارتند از: ساختار مواد زاید جامد، pH، پتانسیل اکسایش و کاهش و سن محل دفن. مطالعات نشان می‌دهد که با افزایش سن محل دفن، pH شیرابه به آرامی افزایش یافته و COD، BOD، آمونیاک، نیتروژن، سولفات، آهن، منگنز و روی کاهش می‌یابند (حاجی نژاد و ضیائی،۱۳۹۴).هدف از مطالعه حاضر بررسی میزان نفوذ شیرابه محل دفن پسماند شهرستان رشت به چاه‌های آب شرب روستاهای اطراف محدوده و طبقه‌بندی چاه‌ها برای مصارف شرب و کشاورزی است.

۲- روش بررسی

محدوده‌ی این طرح روستاهای دهستان سراوان در اطراف محل دفن پسماند شهرستان رشت است. به منظور بررسی تأثیرگذاری شیرابه محل دفن پسماند بر کیفیت آب زیرزمینی در محدوده جنوبی آن برداشت شد. سپس با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، پارامترهای کیفی موردنظر در محدوده میانیابی شدند و پس از پهنه‌بندی مقادیر، کیفیت آب زیرزمینی از نظر شرب و کشاورزی بر اساس استانداردهای مربوطه مورد بررسی قرار گرفتند.

- **آنالیز پارامترهای کمی**

در تحقیق حاضر نمونه‌برداری مرکب در دو فصل خشک و تر از ۹ چاه منتخب در محدوده جنوبی محل دفن پسماند صورت گرفت. مختصات و موقعیت جغرافیایی چاه‌های نمونه‌برداری در شکل ۱ نشان داده شده است. برداشت نمونه‌ها به صورت دستی و با استفاده از ظروف پلی‌اتیلن و به حجم ۱/۵ لیتر انجام شد و به تعداد سه نمونه از هر ایستگاه منتخب برداشت و با یکدیگر ترکیب شده، یک نمونه مخلوط تهیه شد. به جز پارامتر COD، TP و TN سایر پارامترهای مورد بررسی بر اساس نیاز ورودی مدل‌های شولر و ویلکاکس انتخاب شده‌اند. نمونه‌برداری و نگهداری نمونه مطابق روش استاندارد ذکر شده در استاندارد متد ۲۰۰۵ انجام شد.



شکل ۱- موقعیت محل دفن پسماند شهرستان رشت و چاه‌های نمونه-برداری نسبت به توپوگرافی منطقه

- **طبقه‌بندی و معیارهای کیفیت آب**

در روش طبقه‌بندی شولر آب‌ها را به شش کلاس خوب، قابل قبول، مناسب، بد، قابل شرب در شرایط اضطراری و غیرقابل شرب تقسیم می‌کند. در نمودار شولر با مشخص کردن مقادیر هر یک از کاتیون‌ها (Na, K, Mg, Ca) و آنیون‌ها (Cl, SO4, HCO3) و نیز درجه سختی آب (TH) که در آزمایشگاه اندازه‌گیری شده‌اند، بر روی محورهای متناظر با آن‌ها، و اتصال نقاط روی این محورها می‌توان کلاس کیفی آب را تعیین نمود. شکل ۲ مقادیر پارامترهای مختلف برای طبقه-بندی کیفیت آب برای مصارف شرب را نشان می‌دهد (Aher, 2017).

طبقه‌بندی	TDS (mg/L)	T.H (mg/LCaco3)	Na^+ (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4 (mg/L)
خوب	<۵۰۰	<۲۵۰	<۱۱۵	<۱۷۵	<۱۴۵
قابل قبول	۵۰۰-۱۰۰۰	۲۵۰-۵۰۰	۱۱۵-۲۳۰	۱۷۵-۳۵۰	۱۴۵-۲۸۰
نامناسب	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۲۳۰-۴۶۰	۳۵۰-۷۰۰	۲۸۰-۵۸۰
بد	۲۰۰۰-۴۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۴۶۰-۹۲۰	۷۰۰-۱۴۰۰	۵۸۰-۱۱۵۰
قابل شرب در شرایط اضطراری	۴۰۰۰-۸۰۰۰	۲۰۰۰-۴۰۰۰	۹۲۰-۱۸۰۰	۱۴۰۰-۲۸۰۰	۲۲۴۰-۱۱۵۰
غیر قابل شرب	>۸۰۰۰	>۴۰۰۰	>۱۸۴۰	>۲۸۰۰	>۲۲۴۰

شکل ۲- مقادیر پارامترهای مختلف طبقه‌بندی کیفیت آب برای مصارف شرب

بخش دیگر مصرف آب‌های زیرزمینی در محدوده مورد نظر جهت آبیاری زمین‌های کشاورزی است. لذا جهت تعیین مناسب بودن آب زیرزمینی برای آبیاری از استانداردهای آب آبیاری استفاده می‌شود. محدودیت‌های مربوط به عناصر کیفی آب بر اساس استاندارد FAO در جداول۱، ۲ و ۳ ارائه شده است (Boufekane and Saighi, 2018).

جدول ۱- معرفی طبقات S_1 تا S_4 در دیاگرام ویلکاکس

کیفیت آب برای کشاورزی	مقدار جذب سدیم SAR	طبقه
عالی	۱۰-۰	S_1
خوب	۱۸-۱۰	S_2
قابل استفاده	۲۶-۱۸	S_3
شور	۲۶ <	S_4

جدول ۲- معرفی طبقات C_1 تا C_4 در دیاگرام ویلکاکس

کیفیت آب برای کشاورزی	مقدار هدایت الکتریکی (EC)	طبقه
عالی	۲۵۰-۱۰۰	C_1
خوب	۷۵۰-۲۵۰	C_2
قابل استفاده	۲۲۵۰-۷۵۰	C_3
غیر قابل استفاده	۲۲۵۰<	C_4

جدول ۳- کیفیت و کلاس آب بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس

نوع کیفیت آب برای کشاورزی	کلاس آب
شیرین- کاملاً بی ضرر	C_1S_1
کمی شور- تقریبا نامناسب	C_2S_2, C_2S_1, C_1S_2
شور- مناسب با تمهیدات	C_3S_3, C_3S_2, C_3S_1, C_2S_3, C_1S_3
خیلی شور- مضر	C_4S_4, C_4S_3, C_4S_2, C_4S_1, C_3S_4, C_2S_4, C_1S_4

- **تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی کیفیت آب**

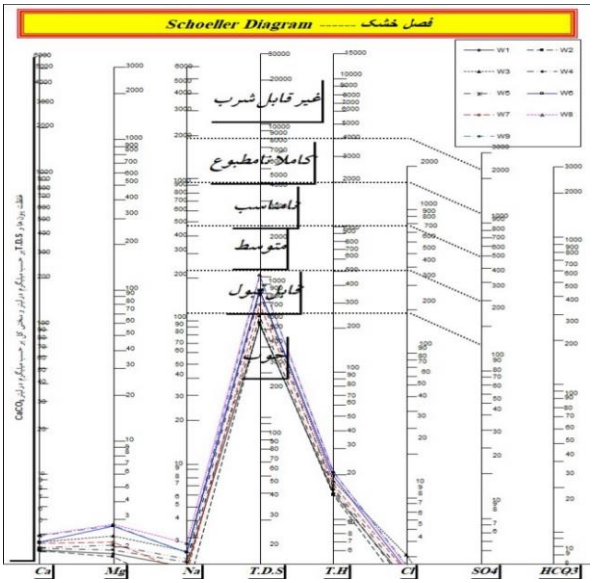
به منظور نمایش داده‌های کیفیت آب یا داده‌ها و اطلاعاتی مانند توزیع مکانی پارامترها در قالب یک نقشه، از پهنه‌بندی به عنوان روشی مناسب استفاده می‌شود. در این مطالعه از روشIDW استفاده شده است. این روش یکی از نمونه‌های بارز درونیابی جبری محلی است. کاربرد روش درون یابی جبری تنها در زمانی است که خطای اندازه‌گیری خیلی کوچک باشد و از آنجا که همیشه اندازه‌گیری‌ها با خطا همراهند، از روش دیگری به نام روش درونیابی زمین آماری می‌توان بهره گرفت. روش IDW (Inverse Distance Weighted)در مناطقی که دارای پستی و بلندی هستند کاربرد دارد. در این روش با استفاده از میانگین‌گیری مقادیر نقاط معلوم، نقاط مجهول محاسبه می‌شوند. در این روش هر کدام از نقاط در فرایند محاسبه دارای وزن هستند. به طوری که هر چه فاصله نقطه معلوم به نقطه مجهول کمتر باشد ارزش وزنی آن نیز بیشتر است و هر چه این فاصله بیشتر شود اثر بخشی نقطه معلوم در تخمین نقطه مجهول و محاسبه میانگین نیز کاهش می‌یابد، پس فواصل نزدیکتر وزن بالاتری می‌گیرند. ابزار موردنظر برای درونیابی به روش IDW در محیط نرم‌افزار ArcGIS انجام شده است.

۳- نتایج

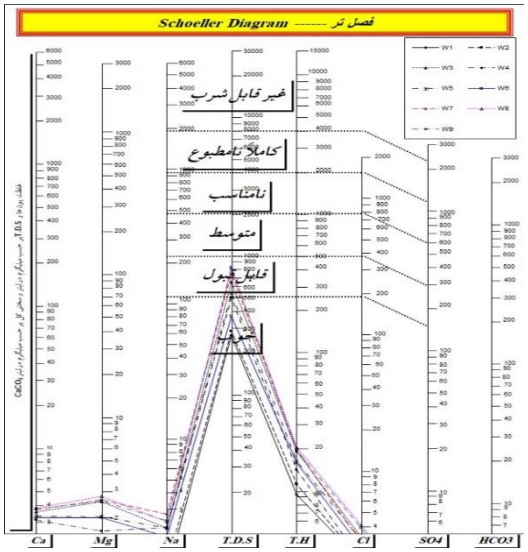
مقایسه مقادیر COD در نمونه‌های اندازه‌گیری شده نشان داد که در فصل تر میانگین COD به حدود ppm ۱۸ کاهش پیدا کرده و در فصل خشک تا حدود ppm ۲۸ افزایش یافته است. پارامتر COD شاخص آلودگی آب زیرزمینی توسط شیرابه پسماند است (Mor et al, 2006., Roy et al, 2014., Oman and Junestedt, 2008., Stefania et al, 2019). باتوجه به اینکه کیفیت آب چاه‌ها بر اساس طبقه‌بندی شولر و ویلکاکس برای مصارف شرب و کشاورزی مناسب می‌باشند لذا می‌توان نتیجه گرفت که سایر پارامترها نیز در حد قابل قبولی هستند. میانگین فسفات کل در فصل خشک ppm ۰/۱۵ و در فصل تر ppm ۱/۰۳ اندازه‌گیری شد و به لحاظ مکانی تغییرات چشمگیری مشاهده نشد و تقریباً در محدوده موردنظر مقادیر نزدیک به هم بودند. مقادیر نیترات کل نیز در فصول تر و خشک و در چاه‌های مختلف تغییر چندانی نداشت و میانگین آن‌ها حدود ppm ۱/۴۵ تا ۱/۶۵ اندازه‌گیری شد.

- **تعیین کیفیت آب از نظر مصارف شرب با استفاده از نمودار شولر**

با توجه به نمونه‌برداری‌های انجام شده در دو فصل تر و خشک، نتایج تعیین کیفیت آب از نظر مصارف شرب در نمودار شولر در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.



شکل ۳- نمودار شولر کیفیت آب چاه‌های نمونه‌برداری شده در فصل خشک

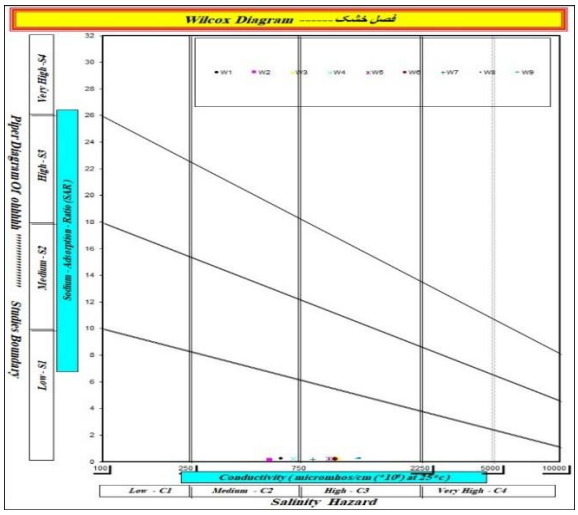


شکل ٤- نمودار شولر کیفیت آب چاه‌های نمونه‌برداری شده در فصل تر

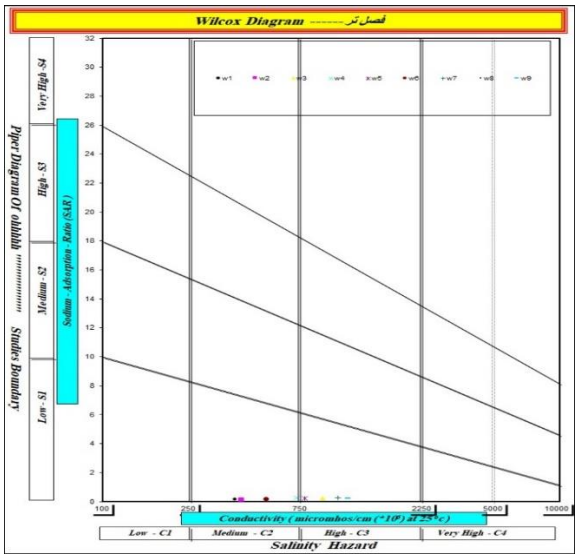
همانطور که مشاهده می‌شود در هر دو فصل تر و خشک تمامی پارامترهای کیفی آب در چاه‌های موردنظر به‌جز TDS از لحاظ شرب در کلاس خوب قرار دارند، اما پارامتر TDS در دو کلاس خوب و قابل قبول تغییر می‌کند به طوری که درصد کلاس خوب در فصل تر نسبت به فصل خشک حدود ۱۱ درصد افزایش یافته است. قدرت و میل ترکیبی زیاد یون کلر با کاتیون‌های مختلف از جمله کلسیم، منیزیم، پتاسیم و سدیم سبب می‌شود که غلظت کانی‌های محلول در سفره افزایش یابد. همچنین میزان این یون، فاکتوری اساسی و تعیین کننده در موارد مصرف آشامیدنی به شمار می‌رود. مقدار کلر بسته به گذر آب زیرزمینی از سازندهای زمین شناسی، نوع سنگ و آبرفت‌های گوناگون متفاوت است. یون سولفات موجود در آب‌های زیرزمینی فاکتور مناسبی در بررسی زمین‌شناسی، زمان گذر آب زیرزمینی از سازندهای مختلف و خصوصاً شناخت سازندهای تبخیری به شمار می‌رود.

- **تعیین کیفیت آب از نظر مصارف کشاورزی با استفاده از نمودار ویلکاکس**

در شکل‌های ۵ و ۶ طبقه‌بندی نمونه‌های آب چاه‌ها بر اساس نمودار ویلکاکس برای مصارف کشاورزی در منطقه موردمطالعه فصول تر و خشک ارائه شده است.



شکل ۵- نمودار ویلکاکس کیفیت آب چاه‌های نمونه‌برداری شده-فصل خشک



شکل ٦- نمودار ویلکاکس کیفیت آب چاه‌های نمونه‌برداری شده -فصل تر

در جداول ۴ و ۵ کیفیت آب هر یک از چاه‌ها برای مصارف کشاورزی و درصد هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی آن‌ها نشان داده شده است. در هر دو فصل خشک و تر نمونه‌های آب از نظر سدیم در طبقه S1 قرار گرفته‌اند اما از نظر شوری درصد کلاس C2 (خوب) از حدود ۳۳ درصد به حدود ۴۴ درصد افزایش یافته است. بدین معنی که با افزایش بارندگی و به دنبال آن افزایش تراز سطح ایستابی در فصل تر تعدادی از چاه‌ها از کلاس قابل استفاده به کلاس خوب تغییر یافته‌اند و درجه شوری در محدوده مورد مطالعه کاهش یافته است. هرچه میزان املاح محلول درآب بیشتر باشد، میزان هدایت الکتریکی آب افزایش یافته و در نتیجه از کیفیت آب کاسته می‌شود. درحالی که آبی که از نظر شیمیایی خالص باشد، هدایت الکتریکی بسیار پایینی دارد.

جدول ٤ - کیفیت آب چاه‌های نمونه‌برداری شده برای مصارف کشاورزی در فصل خشک

چاه	SAR	EC	کلاس آب	کیفیت برای کشاورزی
W1	۰/۲۱	۶۰۷	C2S1	کمی شور- مناسب
W2	۰/۱۴	۵۳۵	C2S1	کمی شور- مناسب
W3	۰/۲۴	۱۰۷۵	C3S1	شور-قابل استفاده
W4	۰/۲۲	۶۸۷	C2S1	کمی شور- مناسب
W5	۰/۲۲	۹۸۲	C3S1	شور-قابل استفاده
W6	۰/۲۳	۱۰۳۴	C3S1	شور-قابل استفاده
W7	۰/۱۷	۸۳۳	C3S1	شور-قابل استفاده
W8	۰/۲۶	۱۳۱۶	C3S1	شور-قابل استفاده
W9	۰/۲۲	۱۳۰۸	C3S1	شور-قابل استفاده

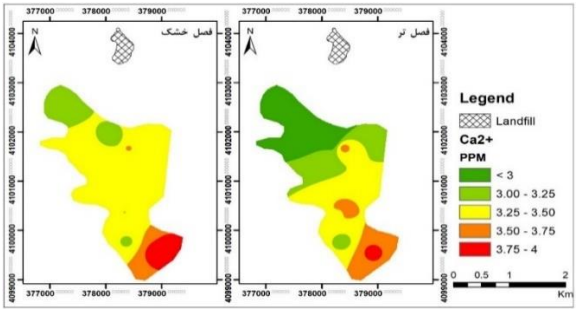
جدول ٥ - کیفیت آب چاه‌های نمونه‌برداری شده برای مصارف کشاورزی در فصل تر

چاه	SAR	EC	کلاس آب	کیفیت برای کشاورزی
W1	۰/۱۳	۳۸۲	C2S1	کمی شور- مناسب
W2	۰/۱۵	۴۰۴	C2S1	کمی شور- مناسب
W3	۰/۲۱	۹۲۲	C3S1	شور-قابل استفاده
W4	۰/۲۵	۷۰۷	C2S1	کمی شور- مناسب
W5	۰/۲۳	۷۶۶	C3S1	شور-قابل استفاده
W6	۰/۲	۵۲۰	C2S1	کمی شور- مناسب
W7	۰/۲۶	۱۰۷۴	C3S1	شور-قابل استفاده
W8	۰/۲۲	۱۱۶۲	C3S1	شور-قابل استفاده
W9	۰/۲۴	۱۱۸۳	C3S1	شور-قابل استفاده

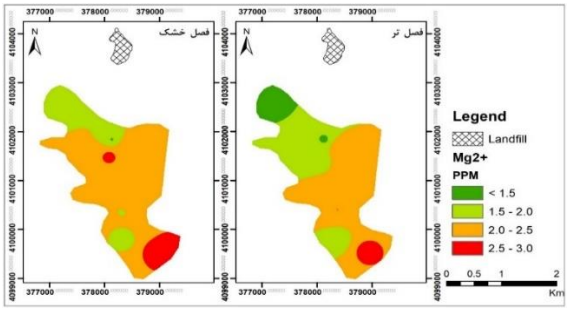
- **پهنه‌بندی کیفیت آب**

به منظور بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی، پارامترهای کیفی مورد استفاده در طبقه‌بندی‌های شولر و ویلکاکس در فصول خشک و تر در محیط GIS پهنه‌بندی شدند. با توجه به موقعیت محدوده موردمطالعه، از عوامل موثر در تغییرات کیفیت آب زیرزمینی می‌توان به توپوگرافی، شیب منطقه، کاربری اراضی و همچنین تأثیر احتمالی محل دفن پسماند اشاره نمود. همانطور که در شکل ۱مشاهده می‌شود مرز شمالی و غربی محدوده در پایه کوه قرار دارد و شیب آن به سمت شرق و جنوب شرقی است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که آب زیرزمینی از سمت شمال و غرب به سمت شرق و جنوب

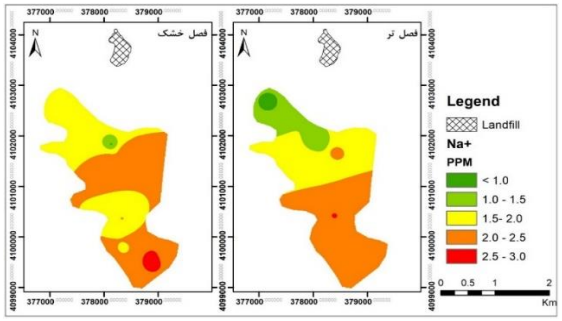
شرقی جریان دارد و کیفیت آن می‌تواند تحت تأثیر جهت جریان تغییر نماید. موقعیت محل دفن پسماند شهرستان رشت به گونه‌ای است که نسبت به محدوده‌ی شمالی و جنوبی خود در ارتفاع بالاتری قرار دارد و همانطور که در بخش‌های قبلی به آن اشاره شد شیرابه تولید شده به صورت سطحی به سمت شمال جریان دارد. اما نفوذ شیرابه و چگونگی پخش و انتقال آن مخصوصاً به سمت محدوده مورد مطالعه این تحقیق مشخص نیست و پهنه‌بندی کیفی در مقیاس‌های زمانی مختلف می‌تواند این مهم را آشکار سازد. نتایج پهنه‌بندی کیفی آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه در فصول خشک و تر در شکل‌های ۷ تا ۱۶ نشان داده شده است.



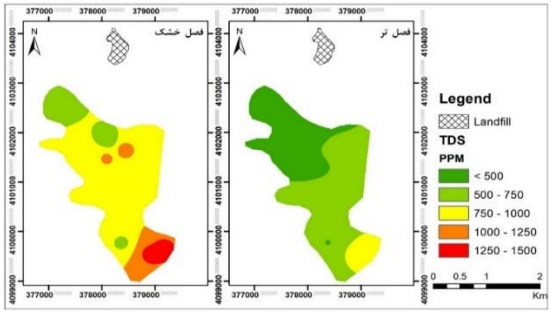
شکل ۷- پهنه‌بندی کیفیت آب بر اساس پارامتر Ca در فصول خشک و تر



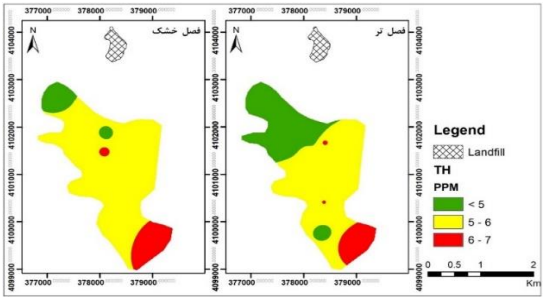
شکل ۸- پهنه‌بندی کیفیت آب بر اساس پارامتر Mg در فصول خشک و تر



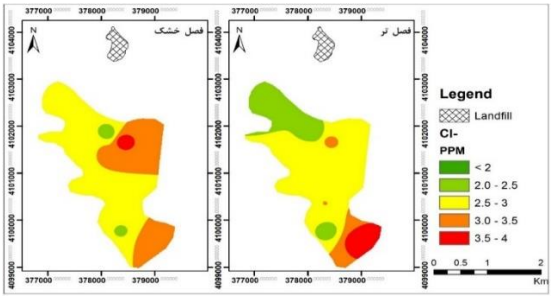
شکل ۹- پهنه‌بندی کیفیت آب بر اساس پارامتر Na در فصول خشک و تر



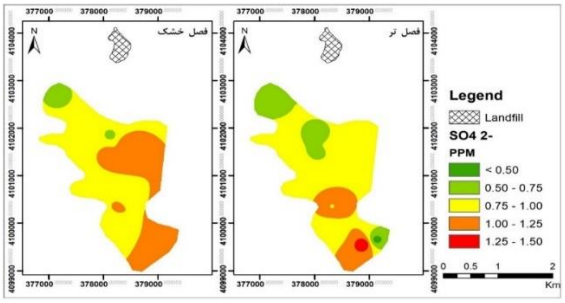
شکل ۱۰- پهنه‌بندی کیفیت آب بر اساس پارامتر TDS در فصول خشک و تر



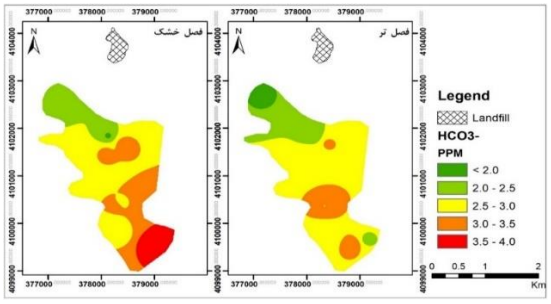
شکل ۱۱- پهنه‌بندی کیفیت آب بر اساس پارامتر TH در فصول خشک و تر



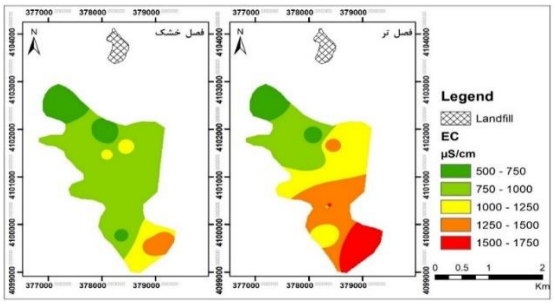
شکل ۱۲- پهنه‌بندی کیفیت آب بر اساس پارامتر Cl در فصول خشک و تر



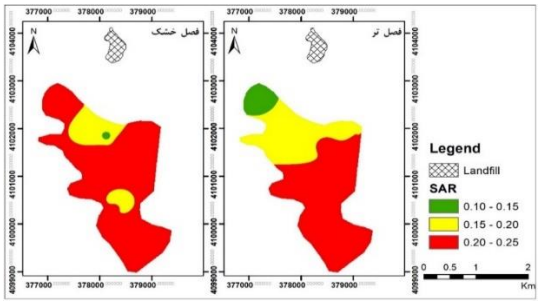
شکل ۱۳- پهنه‌بندی کیفیت آب بر اساس پارامتر SO4 در فصول خشک و تر



شکل ١٤- پهنه‌بندی کیفیت آب بر اساس پارامتر HCO3 در فصول خشک و تر



شکل ۱۵- پهنه‌بندی کیفیت آب بر اساس پارامتر EC در فصول خشک و تر



شکل ۱۶- پهنه‌بندی کیفیت آب بر اساس پارامتر SAR در فصول خشک و تر

٤- نتیجه گیری :

نتایج آنالیز کیفی نمونه‌های آب برداشت شده از چاه‌های محدوده مورد مطالعه نشان داد که کیفیت آب زیرزمینی در این محدوده بر اساس طبقه-بندی شولر در کلاس خوب و قابل قبول برای مصارف شرب و بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس مناسب و قابل استفاده برای کشاورزی است. یافته‌های این پژوهش با نتایج مطالعه‌ی Harikumar و همکاران در بررسی ارزیابی کیفی آب‌های زیرزمینی اطراف لندفیلی در هند مطابقت دارد (Harikumar et al, 2017). Taha و همکاران در مالزی نیز دریافتند که آب‌های زیرزمینی اطراف محل دفن مورد بررسی در مالزی برای مصرف شرب مناسب است (Taha et al, 2011). در حالی‌که مطالعه‌ی Hussein و همکاران که در مالزی انجام گرفت نشان داد محل‌های دفن مورد بررسی از طریق جاری شدن شیرابه به آب‌های سطحی و زیرزمینی تهدیدی جدی برای این منابع محسوب شده و آلودگی زیادی به همراه دارند(Hussein et al, 2019) . Mor و همکاران نیز در پژوهش خود که بر روی محل‌های دفن پسماند در هند انجام شد دریافتند که شیرابه پسماند در این محل‌ها باعث آلودگی و غیر قابل مصرف شدن منابع آب زیرزمینی می‌شود (Mor et al, 2018). همچنین Mepaiyeda و همکاران در مطالعه‌ای بر روی تاثیر محل دفن پسماند بر منابع آب زیرزمینی انجام دادند. نتایج آنالیزهای فیزیکوشیمیایی میزان فلزات سنگین را در نمونه‌های آب زیرزمینی در غلظت‌های بالاتر از حد قابل قبول برای انواع مصارف نشان می‌دهد (Mepaiyeda et al, 2020). به منظور بررسی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی، مقایسه نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای کیفی در فصول خشک و تر نشان داد که تمامی پارامترها در فصل تر کاهش یافته‌اند که این امر می‌تواند به دلیل افزایش بارندگی و وضعیت توپوگرافی و شیب منطقه و جهت جریان آب زیرزمینی باشد (Kapelewska et al, 2019., Stefania et al, 2018). همچنین بررسی طبقه‌بندی کیفی آب زیرزمینی و مقایسه نقشه‌های پهنه-بندی کیفیت آن نشان داد که محل دفن پسماند شهرستان رشت تأثیری بر کیفیت آب زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه این تحقیق ندارد و به احتمال زیاد جهت نفوذ و انتقال شیرابه محل دفن پسماند به آب زیرزمینی به همسو با جریان سطحی شیرابه به سمت شمال و شمال غربی است. همانطور که مشاهده می‌شود مقادیر تمامی پارامترهای کیفی در فصل تر نسبت به فصل خشک با کاهش روبرو شده است. به طوری که بیشترین تغییرات مربوط به پارامترهای TDS و EC با حدود ۱۵ درصد کاهش است. اما در سایر پارامترها تغییرات چشمگیری نبوده و میانگین تغییرات آن‌ها بین ۲ تا ۷ درصد است. اما در مطالعه‌ای که Abiriga و همکاران در خصوص تاثیر شیرابه محل دفن بر روی چاه‌های اطراف انجام دادند، تغییر فصل کم‌ترین تاثیر را بر روی پارامترهای مورد بررسی نشان داد. به‌طوری‌که تغییرات تنها برای اکسیژن محلول، سولفات و کلرید مشاهده شد(Abiriga et al, 2020). با توجه به توپوگرافی و شیب منطقه، تغییرات مقادیر پارامترهای کیفی در نقشه‌های پهنه‌بندی، در جهت شیب زمین (از سمت شمال غربی به سمت جنوب شرقی) صورت گرفته است. در فصل تر با افزایش بارندگی و در پی آن افزایش تراز سطح ایستابی و حرکت جریان آب زیرزمینی در جهت شیب، مقادیر پارامترهای کیفی در بالادست (شمال غربی) کاهش و در پایین دست (جنوب شرقی) افزایش یافته است. بنابراین کاهش مقادیر پارامترهای کیفی در جهت شیب را می‌توان به انتقال املاح به سمت پایین‌دست نسبت داد. باتوجه به گستره منابع آب زیرزمینی و هزینه‌های بالای نمونه‌برداری و اندازه‌گیری و پایش این منابع، استفاده از سیستم GIS و تولید نقشه‌های پهنه‌بندی کیفی می‌تواند کمک شایانی به حفاظت و مدیریت این منابع آبی ارزشمند کند. با این ابزار ضمن تخمین کیفیت آب سطح محدوده موردنظر با دقت مناسب و شناسایی نقاط آلوده‌تر امکان بهینه‌یابی محل دفن پسماندها و همچنین تخلیه مواد صنعتی وجود را فراهم می‌سازد. سیستم GIS می-تواند محل مناسبی از آلودگی‌های بیولوژیک را شناسایی کند. مهمترین عنصر این ابزار یافتن بحرانی‌ترین نقطه آلودگی است. اگر بتوان از این ابزار برای شناسایی آب‌های آلوده استفاده کرد، آنگاه می‌توان نقاط مناسب برای تصفیه و همچنین کاهش بحران را تخمین زد.

منابع :

- اسلامی، ح.، فروغیان، ا.، ۱۳۹۳. به کارگیری شاخص الکنو در مکان‌یابی دفن زباله شهرستان شوش. دو فصلنامه تخصصی مهندسی آب، دوره ۲، شماره ۲، ص ۹۵-۸۷.
- جلالی‌پور، ه.، پرنگ، س.، بینایی حقیقی، آ.، ۱۳۹۵. بررسی تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی در محل دفن پسماندهای شهری. نخستین همایش تاب آوری زیست بوم، شیراز.
- حاجی‌نژاد، ا.، ثروتی، پ.، یوسفی، ح.، ۱۳۹۴. بررسی تاثیر شیرابه‌های مرکز دفن زباله بر کیفیت آب‌های زیرزمینی شهرستان بجنورد با رویکرد طراحی محل دفن استاندارد و یا جایگزینی هاضم بی‌هوازی. اکوهیدرولوژی، دوره ۲، شماره ۳، ص ۳۱۰-۳۰۱
- حاجی‌نژاد، ا.، ضیائی حلیمه جانی، ع.، ۱۳۹۴. بررسی بهسازی دفن‌گاه زباله شهر رشت و مدیریت شیرابه آن در راستای کاهش آلودگی تالاب انزلی، اکوهیدرولوژی، دوره ۲، شماره ۱، ص ۲۲-۱۱.
- دشتی، س.، حیدری، ر.، کمانی، س.، ۱۳۹۳. بررسی اثرات شیرابه بر کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی در مراکز دفن زباله شهری، کنفرانس بین المللی یافته‌های نوین در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست.
- رضایی، ر.، ملکی، ا.، صفری، م.، قوامی، ع.، ۱۳۸۹. ارزیابی آلودگی شیمیایی منابع آب زیرزمینی مناطق پایین دست محل دفن زباله شهر سنندج. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان، دوره ۱۵، شماره ۳، ص ۹۸-۸۹.

- عزیزی، م.، خاشعی سیوکی، ع.، دستورانی، م.، ۱۳۹۶. بررسی آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از نشت شیرابه تولیدی محل دفن پسماندها با استفاده از مدل عددی. فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط. دوره ۳، شماره ۳، ص ۱۹۷-۱۸۷.
- قنبری، ف.، عابدین‌زاده، ن.، آلیانی، ح.، ۱۳۹۴. شناسایی آثار محیط‌زیستی محل‌های دفن پسماند با استفاده از معیارهای مکان‌یابی. پژوهش‌های محیط زیست. دوره ۶، شماره ۱۲، ص ۷۰-۶۳.
- گراوند، ف.، امیرنژاد، ر.، حجازی کمساری، ع.، ۱۳۹۵. بر روی اثرات عناصر سنگین موجود در شیرابه زباله بر کیفیت آب‌های زیرزمینی مجاور لندفیل، کنفرانس ملی یافته‌های نوین پژوهشی و آموزشی عمران، معماری، شهرسازی و محیط زیست ایران.
- مدبر، ب.، عالیقدری، م.، رحمانی، ک. ۱۳۹۷. بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی اطراف ایستگاه انتقال پسماند شهری اردبیل. مجله مهندسی بهداشت محیط‌زیست. دوره ۵، شماره ۲، ص ۲۷۷-۲۸۵.

- Abiriga, D., Vestgarden, L.S., Klempe, H. 2020. Groundwater contamination from a municipal landfill: Effect of age, landfill closure, and season on groundwater chemistry. Science of the Total Environment, Vol. 737, P.140307.
- Aher K.R. 2017. Delineation of groundwater quality for drinking water and irrigation purposes: A case study of borinala watershed, district Aurangabad, Maharashtra, India. Journal of Applied Geochemistry, Vol. 19, P. 321-338
- Bhalla, B., Saini, M., Jha, M., 2013. Effect of age and seasonal variations on leachate characteristics of municipal solid waste landfill. International Journal of Research in Engineering and Technology, Vol. 2, P. 223–232.
- Boufekane, A., Saighi, O. 2019. Assessing groundwater quality for irrigation using geostatistical method – Case of wadi Nil Plain (North-East Algeria). Groundwater for Sustainable Development, Vol. 8, P. 179-186
- Bundela, PS., Sharma, A., Pandey, P. 2012. Physicochemical analysis of ground water near municipal solid waste dumping sites in Jabalpur. IJPAES, Vol. 1, P. 217-222.
- Chidichimo, F., De Biase, M., Straface, S. 2020. Groundwater pollution assessment in landfill areas: Is it only about the leachate? Waste Management, Vol. 102, P. 655–666.
- de Medeiros Engelmann, P., dos Santos, V.H.J.M., Moser, L.I., do Canto Bruzza, E., Barbieri, C.B., Barela, P.S., de Moraes, D.P., Augustin, A.H., Goudinho, F.S., Melo, C. L., Ketzer, J.M.M., Rodrigues, L.F. 2017. Environmental monitoring of water resources around a municipal landfill of the Rio Grande do Sul state, Brazil. Environmental Science and Pollution Research, Vol. 24, P. 21398–21411.
- EUWID, 2007. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety disbelieves predicted overcapacities on the waste market. EUWID 40/2007. Page 21.
- Harikumar, P. Aravind, A. Vasudevan, S. 2017. Assessment of Water Quality Status of Guruvayur Municipality. JEP, Vol. 2, P. 159.
- Hussein, M., Yoneda, K., Zaki, Z.M., Othman, N.A., Amir, A. 2019. Leachate characterizations and pollution indices of active and closed unlined landfills in Malaysia. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, Vol. 12, P. 100232.
- Kapelewska, J., Kotowska, U., Karpińska, J., Astel, A., Zieliński, P., Suchta, J. and Algrzym, K., 2019. Water pollution indicators and chemometric expertise for the assessment of the impact of municipal solid waste landfills on groundwater located in their area. Chemical Engineering Journal, Vol. 359, P. 790-800.
- Mepaiyeda, S., Madi, K., Gwavava, O., Baiyegunhi, C. 2020. Geological and geophysical assessment of groundwater contamination at the Roundhill landfill site, Berlin, Eastern Cape, South Africa. Heliyon, Vol. 6, P. e04249.
- Mor, S., Ravindra, K., Dahiya, R.P., Chandra, A. 2006. Leachate characterization and assessment of groundwater pollution near municipal solid waste landfill site. Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 118, P. 435–456
- Mor, S., Negi, Pooja., Ravindra, K. 2018. Assessment of Groundwater Pollution by Landfills in India using Leachate Pollution Index and Estimation of Error. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management,Vol. 10, P. 467-476.
- Nigro, A., Sappa, G., Barbieri, M. 2017. Application of boron and tritium isotopes for tracing landfill contamination in groundwater. Journal of Geochemical Exploration, Vol. 172, P. 101–108
- Öman, C.B., Junestedt, C., 2008. Chemical characterization of landfill leachates – 400 parameters and compounds. Waste Management, Vol. 28, P. 1876–1891
- Roy, J.W., Van Stempvoort, D.R., Bickerton, G. 2014. Artificial sweeteners as potential tracers of municipal landfill leachate. Environmental Pollution, Vol. 184, P. 89–93.
- Stefania, G.A., Rotiroti, M., Fumagalli, L., Simonetto, F., Capodaglio, P., Zanotti, C., Bonomi, T. 2018. Modeling groundwater/surface-water interactions in an Alpine valley (the Aosta Plain, NW Italy): the

effect of groundwater abstraction on surface-water resources. Hydrogeology Journal, Vol. 26, P. 147–162

- Stefania, G.A., Rotiroti, M., Buerge, I.J., Zanotti, C., Nava, V., Leoni, B., Fumagalli, L., Bonomi, T. 2019. Identification of groundwater pollution sources in a landfill site using artificial sweeteners, multivariate analysis and transport modeling. Waste Management, Vol. 95, P. 116–128
- Taha, MR., Zuhairi, W., Yaacob, W. 2011. Groundwater quality at two landfill sites in Selangor, Malaysia. Geological Society of Malaysia, Vol. 57, P. 13-8.
- Wagner, J. Bilitewski, B. 2009. The temporary storage of municipal solid waste Recommendations for a safe operation of interim storage facilities, Waste Management, Vol. 5, P. 1693-1701