فصلنامه علمی- پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال ششم، شماره ۲۰، پاییز ۱۳۹۱

تحلیل عملکرد هیدرولوژیکی محل دفن زباله‌های شهر رشت

محمد نخعی[۱]، حمیدرضا ناصری[۲]، وهاب امیری[۳]

۱- دانشیار هیدروژئولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران

۲- دانشیار هیدروژئولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

۳- دانشجوی دکتری هیدروژئولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران vahab.amiri@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله : ۹/ ۱۳۹۰/۸ تاریخ تصویب : ۲۸/ ٦ /۱۳۹۱

چکیده

امروزه آلودگی ناشی از محل‌های دفن زباله به عنوان یکی از تهدیدهای جدی محیط زیست و از جمله منابع آب زیرزمینی تلقی می‌شود. در مطالعه حاضر، محل دفن زباله‌های رشت به عنوان یکی از منابع ایجاد آلودگی در مناطق شمالی کشور مورد ارزیابی قرار گرفته است. این منطقه تنها محل دفن پسماندهای شهر رشت واقع در منطقه سراوان می‌باشد که در فاصله ۲۰ کیلومتری جنوب شهر رشت و در ارتفاع ۲۰۰ متری واقع شده است. به منظور تعیین خصوصیات ساختاری منطقه مورد مطالعه از نقشه‌های زمین‌شناسی موجود و اطلاعات بدست آمده از ٤ سونداژ ژئوالکتریکی صورت گرفته در اطراف محل دفن زباله‌ها استفاده شد. بررسی رسوب‌شناسی منطقه مورد مطالعه نیز با بهره‌گیری از ٤ نمونه رسوب برداشت شده از محل هر سونداژ و تحلیل دانه‌بندی آن‌ها صورت گرفت. نتایج نشان می‌دهد که ضخامت رسوبات سطحی و عمق سنگ کف بسیار کم است. در این مطالعه از نرم‌افزار Visual HELP برای تعیین نرخ تولید شیرابه استفاده شد. تحلیل عملکرد هیدرولوژیکی محل دفن زباله‌های رشت در دو بازه زمانی ۱۵ و ۵۰ ساله و با توجه به اطلاعات جوی ایستگاه رشت به عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیکی به محل دفن زباله‌ها و خصوصیات ساختاری این محل دنبال شد. بر اساس ملاحظات اعمال شده، میزان تولید شیرابه از کف محل دفن زباله‌ها و نشت از آن معادل ۰/٦۹ متر بر سال تعیین شد.

واژگان کلیدی: رشت، سونداژ ژئوالکتریکی، تحلیل هیدرولوژیکی، نرخ تولید شیرابه

مقدمه

در بسیاری از نقاط دنیا مردم با مشکل کمبود آب روبرو هستند، زیرا منابع آبی بیشتر از میزانی که تغذیه می‌شوند در حال باز پس‌دهی و تخلیه از طرف مردم بوده و علاوه بر این فعالیت‌های بشری نیز روز به روز بر آلودگی همین منابع در حال زوال افزوده و میزان آب شیرین در دسترس را کاهش داده است. آب‌های زیرزمینی می‌توانند توسط محل‌های دفن زباله (landfill)، مخازن دفن فاضلاب (Septic tank) استفاده بیش از حد نمک‌افشانی بر جاده‌ها و مواد شیمیایی مرتبط، مخزن‌های گازی زیرزمینی دارای نشت، نشت از مخازن مواد نفتی و در نهایت استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی آلوده شوند. تولید

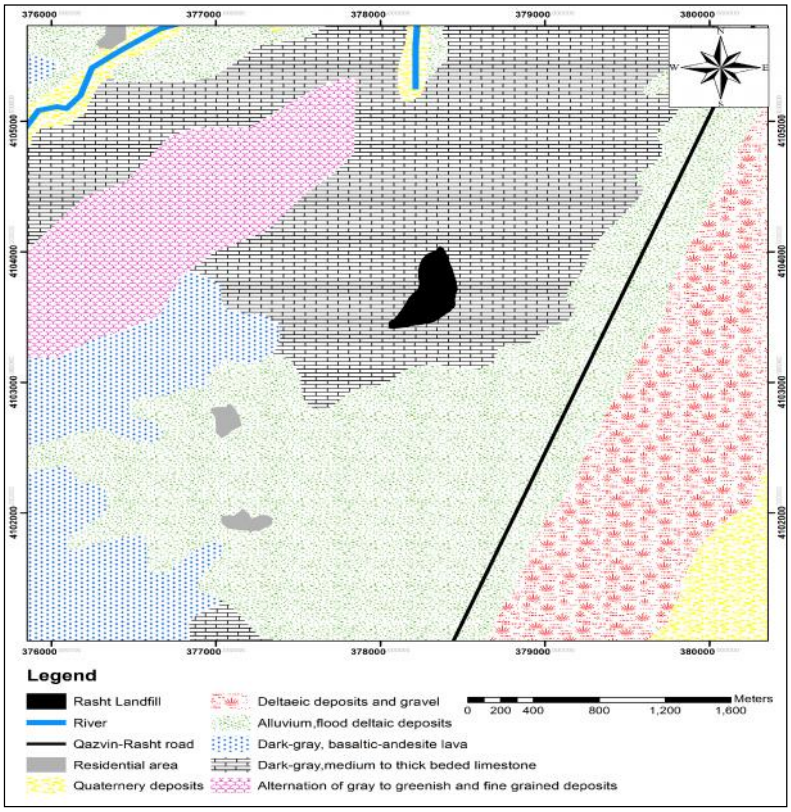
روزافـزون زبالـه در کشـور و در عـین حـال نبـود سیستم‌های امحاء مناسب در این زمینـه کـه در نهایـت منجر به دفع زباله در دشت‌هـای کشـور بـه صـورت روباز شده است، خطـر جـدی آلـودگی آبخـوان‌هـای کشور را در محل دفن زباله‌ها بـه وجـود آورده اسـت. در مطالعه حاضر سعی شده اسـت یـک مـورد از ایـن محـل‌هـای دفـن زبالـه کـه در ارتبـاط مسـتقیم بـا آبخوان‌های منطقه است را در شهر رشت مورد بررسی قرار دهد. مطالعه و بررسی محل یاد شده از ایـن نظـر حائز اهمیت است که محل قرارگیـری آن بـه گونـه‌ای اسـت کـه بررسـی‌هـای علمـی و اصـول لازم بـرای مکانیابی آن صورت نگرفتـه اسـت و مـی‌توانـد نفـوذ مستقیم شـیرابه (leachate) بـه تمـام منطقـه را منجـر شود. در رابطه با مسـئله مـورد مطالعـه، بررسـی‌هـای متعددی صورت گرفته که چند نمونه به اختصار عنوان می شود. در سـال ۲۰۰٤، مطالعـه ای بـا هـدف تجزیـه و تحلیل حساسیت شبیه سازی انتقال مـواد محلـول در یک محل دفن زباله به صورت پارامتریک انجام شد در این مطالعه از نرم‌افـزار HELP بـرای تخمـین میـزان شـیرابه تولیـدی از ایـن محـل و مـدل سـه‌بعـدی زیرسطحیPORFLOW برای شبیه سازی جریان آب زیرزمینی و انتقـال مـواد محلـول مـورد اسـتفاده قـرار گرفت [6]. مطالعـه و مدلسـازی محـل دفـن زبالـه در مناطق ساحلی لبنان که بـا اسـتفاده از روش‌هـای حـل FDM (Finite difference method) و FVM (Finite volume method) و بهره‌گیری از Visual HELP انجـام شـد نشـان داد کـه کنتورهـای غلظـت شیرابه حتی در ۷۵ سال آینده نیز به مناطق پایین‌دسـت که منابع آبی منطقه در آنجا واقع شـده اسـت نخواهـد رسید [8]. در مطالعه‌ای کـه بـا هـدف تعیـین پتانسـیل آلودگی آب زیرزمینی توسط شیرابه رهـا شـده از یـک محل دفن زباله با مساحت ۲۲ هکتار در مانیل فیلیپـین صورت گرفته است، از نـرم‌افـزار Visual HELP در تعیین نرخ شیرابه تولیدی از این محل و نفوذ به مناطق زیرسطحی استفاده شد [9].

Sophocleous و همکاران در سـال ۱۹۹٦ بـا تحلیـل و مدلسازی تأثیر محل دفن زبالـه‌هـا بـر آبخـوان‌هـای زیرین با استفاده از Visual HELP و MULTIMED نشان داد که آلودگی پیشـرونده موجـود مـی توانـد بـا بـــه کـــارگیری سیســـتم جمـــع‌آوری شـــیرابه (LCS:Leachate Collection System) و لایـه‌بنـدی رسی در قاعده محل دفن زباله‌ها از نشت بیشتر شیرابه به آبخوان جلوگیری کرده و شیرابه نشتی را جمع‌آوری کرد [10].

موقعیت و ویژگی های منطقه

الف- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در جنوب شرقی شهرستان رشت و در منطقه سراوان واقع شده است. محل دفن زباله‌هـا واقع در منطقه سراوان تنها محل دفن پسماندهای شهر رشت می‌باشد که در فاصله ۲۰ کیلومتری جنوب شـهر رشـت و در ارتفـاع ۲۰۰ متـری واقـع شـده اسـت. بر اساس نقشه زمین‌شناسی صـفحه رشـت بـا مقیـاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (شکل۱) مربوط به محدوده مـورد مطالعـه قـدیمی‌تـرین سـازندها مربـوط بـه دوران مزوزوئیـک و دوره تریـاس پسـین مـی‌باشـد [۱]. شـاخص‌تـرین سازندهای موجود در این منطقه که از لحاظ قرارگیری محل دفن زباله‌هـا رشـت بـر روی آن دارای بیشـترین اهمیت می‌باشد، سـازندهای آهکـی مربـوط بـه زمـان کرتاسـه پیشـین اسـت. ایـن رسـوبات دارای رنـگ خاکستری تیره و لایه‌بندی نازک تا ضخیم است.



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه و موقعیت

ب- ویژگی‌های اقلیمی شهرستان رشت

با توجه به اینکه خصوصیات اقلیمی محدوده مورد مطالعه می‌تواند در تعیین میزان عوامل هیدرولوژیکی محل مورد نظر مؤثر باشد، برخی از عوامل اقلیمی این محدوده در جدول ۱ ارائه شده است [۲].

جدول۱- خلاصه وضعیت اقلیمی شهرستان رشت

متغیرهای اقلیمی	میانگین سالانه
درجه حرارت	۱۵/۹ درجه سانتیگراد
رطوبت نسبی هوا	۸۱/۹ درصد
بارندگی	۱۳۵۹ میلیمتر
تعداد روزهای یخبندان	۲۵ روز
فشار هوا	۱۰۱۷ هکتوپاسکال
سرعت باد	۱/٤ متربرثانیه

ج- هیدرولوژی و هیدروژئولوژی محدوده مطالعاتی

محدوده رشت و منطقه مورد مطالعه واقع در سراوان بخشی از محدوده مطالعاتی فومنات واقع در حوضه آبریز سفیدرود و تالش- بندر انزلی می‌باشد. محدوده‌ای که محل دفن زباله شهرستان رشت در آن واقع شده است دارای ساختاری بسته بوده و خود یک حوضه آبریز مجزا را تشکیل می‌دهد که جریان آب سطحی و احتمالاً زیرزمینی به سمت شمال و رودخانه چپلی رودخان که یکی از سرشاخه‌های رودخانه سیاهرود می‌باشد صورت می‌گیرد.

رسوبات آبرفتی موجود در محدوده مطالعاتی (اطراف محل دفن زباله‌های رشت) دارای ضخامت و توسعه بالایی نیستند، بنابراین نمی‌توان آبخوانی با توان تأمین بالا را در این منطقه متصور شد. سازندهای آهکی موجود در محدوده مطالعاتی فومنات دارای آبدهی ویژه تقریبی ۵/۳ لیتر در ثانیه بر کیلومتر مکعب

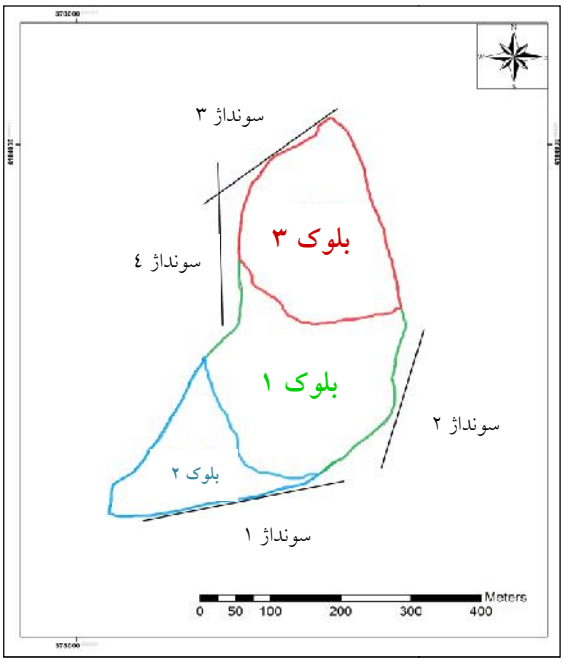
می‌باشد. در همین زمینه نیز، هدایت الکتریکی این تشکیلات ۱۵۰ تا ۱۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر برآورد می‌شود [۳].

مواد و روش‌ها

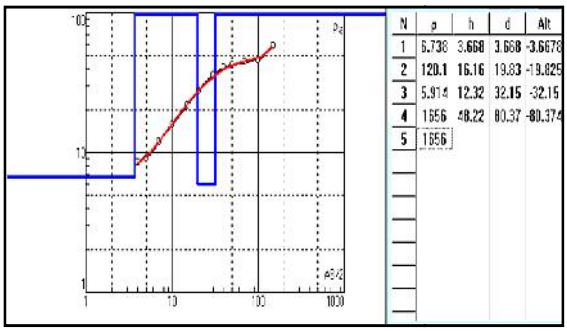
الف-۱- تعیین وضعیت زمین‌شناسی محل دفن زباله‌های رشت

با توجه به اهداف مطالعه که تعیین وضعیت زمین‌شناسی محل دفن زباله‌های رشت و همچنین تحلیل عملکرد هیدرولوژیکی آن می‌باشد، بررسی‌هایی در این راستا انجام شد.

به همین منظور و در اولین بخش از مطالعه، تعیین ساختار زمین شناسی منطقه با استفاده از ٤ مورد سونداژ ژئوالکتریکی در اطراف محل دفن زباله‌ها و همچنین تحلیل دانه‌بندی رسوبات تهیه شده از منطقه دنبال شد. سونداژهای ذکر شده به ترتیب در جنوب (بالادست محل دفن زباله‌ها)، شرق (ارتفاعات محدوده مورد مطالعه و منطبق بر مرز حوضه آبریز)، شمال (پایین‌دست محل دفن زباله‌ها) و غرب محل دفن زباله‌ها مورد نظر انجام شد. موقعیت سونداژهای انجام شده در محدوده محل دفن زباله های شهر رشت در شکل ۲ نمایش داده شده است. به طور کلی، نتایج سونداژ شماره ۱ که در ارتفاعات جنوبی منطقه انجام شد نشان می‌دهد که در این منطقه پس از رسوبات ریزدانه و کم ضخامت سطحی، لایه‌ای سنگی با درز و شکاف بالا که احتمالاً دگرگون شده می‌باشند قرار گرفته است که این ساختار سنگی تا عمق ۲۰ متری ادامه دارد. دومین تشکیلات زمین‌شناسی موجود در این محل که تا عمق ۳۲ متری ادامه دارد، لایه‌های مارنی یا آذرین بیرونی مثل توف می‌باشد. از عمق ۳۲ متری به بعد مقاومت ویژه محیط افزایش شدیدی یافته که بیانگر لایه‌ای بسیار متراکم است و می‌توان آنرا به عنوان سنگ بستر منطقه در نظر گرفت. منحنی صحرایی بدست آمده از محل سونداژ شماره ۱ به صورت شکل ۳ می باشد.



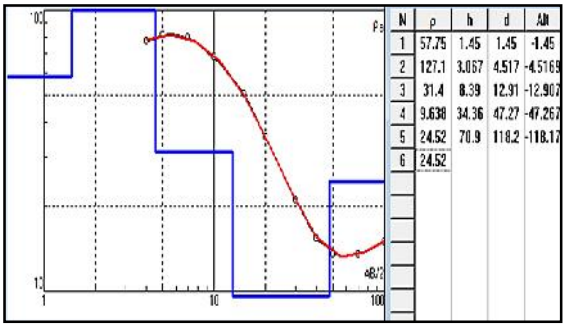
شکل ۲- امتداد سوندازهای انجام شده در اطراف محل دفن زباله های شهر رشت



شکل ۳- منحنی صحرایی سونداژ شماره۱

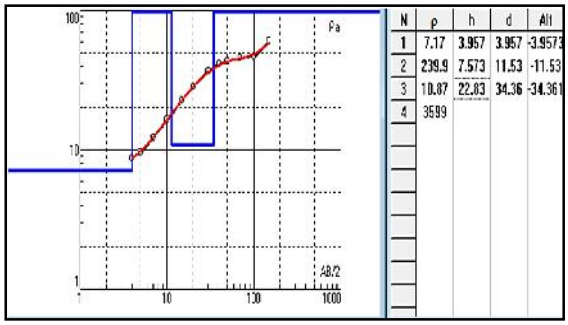
سونداژ شماره ۲ که در ارتفاعات شرقی لندفیل انجام شد در رابطه با لایه‌های سطحی نتایجی مشابه سونداژ شماره ۱ ارائه داد. پس از رسوبات سطحی این ناحیه با افزایش شدید مقاومت ویژه محیط روبرو بوده که نشان از لایه‌ای نیمه متراکم و سنگی دارد. این لایه سنگی تا عمق ۱۱/۵ ادامه دارد. پس از این لایه سنگی وجود لایه‌های رسی و مارنی با توجه به مقاومت

الکتریکی پایین محیط تشخیص داده شد. این لایه نیز تا عمق ۳٤ متری ادامه دارد که پس از آن نیز لایه‌ای بسیار متراکم با مقاومت ۳٦۰۰ اهم‌متری قرار دارد که می‌توان آن را به عنوان سنگ بستر منطقه در نظر گرفت. منحنی صحرایی بدست آمده از محل سوندژ شماره ۲ به صورت شکل٤ می باشد.



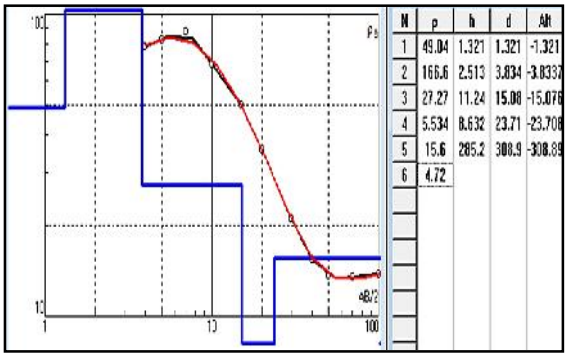
شکل ٤- منحنی صحرایی سوندژ شماره۲

سوندژ شماره ۳ در جنوب محل دفن زباله‌های شهر رشت انجام شد که در این نقطه نیز پس از رسوبات سطحی کم ضخامت، مقاومت الکتریکی ١٦٦/٦ اهم‌متری نشان‌دهنده لایه‌ای نیمه‌متراکم سنگی است که تا عمق ٤ متری ادامه دارد. پس از لایه نیمه‌متراکم سنگی مقاومت الکتریکی کاهش می یابد که می‌تواند نشان دهنده لایه‌های رسی یا مارنی باشد که به تناوب قرار گرفته‌اند. منحنی صحرایی بدست آمده از محل سوندژ شماره۳ به صورت شکل۵ می‌باشد.



شکل ٥- منحنی صحرایی سوندژ شماره۳

سوندژ شماره ٤ در حاشیه غربی محل دفن زباله‌های شهر رشت صورت گرفت که در این محل پس از لایه سطحی، در عمق ٤/٥ متری به یک لایه سنگی نیمه‌متراکم با مقاومت الکتریکی ۱۲۷ اهم‌متری می‌رسیم. پس از این لایه با توجه به کاهش مقاومت ویژه محیط می‌توان لایه‌های مارنی و احتمالاً توفی (با توجه به زمین‌شناسی منطقه) را که به صورت متناوب تکرار می‌شوند تشخیص داد. منحنی صحرایی بدست آمده ازمحل سوندژ شماره ٤ به صورت شکل٦ می باشد.



شکل ٦- منحنی صحرایی سوندژ شماره٤

الف-۲-دانه‌بندی رسوبات اطراف محل دفن زباله‌ها

در این مطالعه با توجه به نتایج بدست آمده از مطالعات ژئوفیزیکی مشخص شد که لایه‌های آبرفتی سطحی دارای ضخامت بالایی نبوده (به طور متوسط ۸ متر) اما مقاومت متفاوتی دارند یعنی دانه‌بندی، تراکم نفوذپذیری و رطوبت متفاوتی دارند و به این ترتیب با توجه به تعاریف موجود در مورد آبخوان، نمی‌توان آبخوانی برای این منطقه متصور شد و نزولات جوی پس از رسیدن به سطح زمین، در منطقه نفوذ کرده و با توجه به توپوگرافی منطقه، در همین ضخامت کم منتقل می‌شود. به موجب این شرایط و جنس رسوبات که در ادامه به آن پرداخته می‌شود، سطح آب بالا است و جریان آب به کندی صورت می‌گیرد. در همین رابطه، تعیین دقیق‌تر ساختار و جنس لایه سطحی که به عنوان محیط جریان و انتقال آلودگی در نظر گرفته می‌شود به صورت نمونه برداری از رسوبات سطحی

و ترانشه اطراف محل دفن زباله‌ها که تا عمق ۳ متری در رسوبات نفوذ کرده است دنبال شد. برای این منظور، از ٤ نمونه تهیه شده در این محدوده و انجام دانه‌بندی برای رسوبات برداشت شده در راستای تعیین نوع رسوبات هر منطقه استفاده شد. فرآیند دانه‌بندی خاک بر اساس دستور کار سامانه اتحادیه دسته‌بندی خاک یا سامانه دسته‌بندی خاک آشتو صورت می‌گیرد؛ به این ترتیب که اندازه دانه‌های خاک و توزیع آن را بدست آورده و منحنی نتایج آزمون‌های آزمایشگاهی را رسم می‌کنند [7]. در جداول ۲ تا ۵ ملاحظات و نتایج دانه‌بندی در هر محل ارائه شده است. در ادامه مطالعات دانه‌بندی رسوبات برداشت شده از اطراف محل دفن زباله‌های شهر رشت، با استفاده از نتایج دانه‌بندی به ترسیم منحنی دانه‌بندی این نمونه‌ها مبادرت شد (شکل۷).

جدول ۲- اطلاعات بدست آمده از دانه‌بندی نمونه شماره ۱

شماره الک	اندازه به فی (Φ)	اندازه به میلیمتر	وزن	درصد وزنی	وزن تجمعی
۱	-۳/۲۵	۹/۵	۹۲/۳۵	۳۷/۰٤	۳۷/۰٤
٤	-۲/۲۵	٤/۷۵	۳٦/۹٦	۱٤/۸۲	۵۱/۸۷
۱۸	۰	۱	۵۰/۱۷	۲۰/۱۲	۷۱/۹۹
۳۵	۱	۰/۵	۱۸/٤۱	۷/۳۸	۷۹/۳۸
٦۰	۲	۰/۲۵	۱۳/۹۳	۵/۵۸	۸٤/۹٦
۸۰	۲/۵	۰/۱۷	۵/٤۳	۲/۱۷۸	۸۷/۱٤۷
۱۲۰	۳	۰/۱۲	۷/٦۳	۳/۰٦۰	۹۰/۲۰۸
۲۳۰	٤	۰/۰٦	٦/۲۵	۲/۵۰	۹۲/۷۱۵
۲۷۰	٤/۲۵	۰/۰۵	۱۸/۱٦	۷/۲۸٤	۱۰۰

جدول ۳- اطلاعات بدست آمده از دانه‌بندی نمونه شماره۲

شماره الک	اندازه به فی (Φ)	اندازه به میلیمتر	وزن	درصد وزنی	وزن تجمعی
۱	-۳/۲۵	۹/۵	٦۱/٦۵	۲٤/۷۳۹	۲٤/۷۳۹
٤	-۲/۲۵	٤/۷۵	۳۱/۸۵	۱۲/۷۸۰	۳۷/۵۲۰
۱۸	۱	۰	۳٦/٤۱	۱٤/٦۱۰	۵۲/۱۳۰
۳۵	۱	۰/۵	۵۷/۰۳	۲۲/۸۸۵	۷۵/۰۱٦
٦۰	۲	۰/۲۵	۳۷/۹	۱۵/۲۰۸	۹۰/۲۲٤
۸۰	۲/۵	۰/۱۷	۷/۳۸	۲/۹٦۱	۹۳/۱۸٦
۱۲۰	۳	۰/۱۲	٦/۱٦	۲/٤۷۱	۹۵/٦۵۸
۲۳۰	٤	۰/۰٦	۳/٤۱	۱/۳٦۸	۹۷/۰۲٦
۲۷۰	٤/۲۵	۰/۰۵	۷/٤۱	۲/۹۷۳	۱۰۰

جدول ٤- اطلاعات بدست آمده از دانه‌بندی نمونه شماره۳

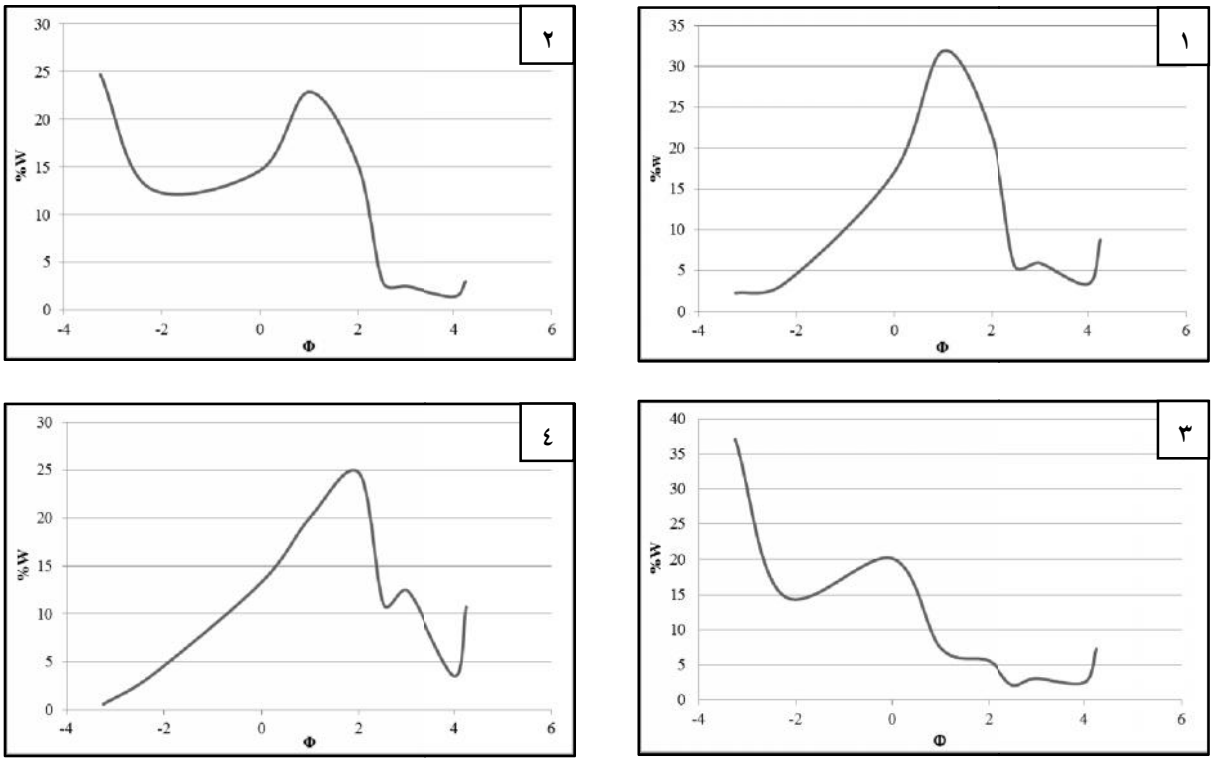
شماره الک	اندازه به فی (Φ)	اندازه به میلیمتر	وزن	درصد وزنی	وزن تجمعی
۱	-۳/۲۵	۹/۵	۱/٤٦	۰/۵۸۹	۰/۵۸۹
٤	-۲/۲۵	٤/۷۵	۸/۹۵	۳/٦۱۱	٤/۲۰۰
۱۸	۰	۱	۳۳/۰۳	۱۳/۳۲۷	۱۷/۵۲۹
۳۵	۱	۰/۵	٤۹/۸۵	۲۰/۱۱٦	۳۷/٦٤۵
٦۰	۲	۰/۲۵	٦۱/۱۸	۲٤/٦۸۸	٦۲/۳۳٤
۸۰	۲/۵	۰/۱۷	۲۷/۲۷	۱۱/۰۰٤	۷۳/۳۳۸
۱۲۰	۳	۰/۱۲	۳۰/۷۵	۱۲/٤۰۸	۸۵/۷٤۷
۲۳۰	٤	۰/۰٦	۸/۷۲	۳/۵۱۸	۸۹/۲٦۵
۲۷۰	٤/۲۵	۰/۰۵	۲٦/٦	۱۰/۷۳٤	۱۰۰

جدول ۵- اطلاعات بدست آمده از دانه‌بندی نمونه شماره٤

شماره الک	اندازه به فی (Φ)	اندازه به میلیمتر	وزن	درصد وزنی	وزن تجمعی
۱	-۳/۲۵	۹/۵	۵/٦٤	۲/۲٦۰	۲/۲٦۰
٤	-۲/۲۵	٤/۷۵	۸/۵٤	۳/٤۲۳	۵/٦۸۳
۱۸	۰	۱	٤۲/۵۱	۱۷/۰۳۹	۲۲/۷۲۳
۳۵	۱	۰/۵	۷۹/۵٤	۳۱/۸۸۲	۵٤/٦۰۵
٦۰	۲	۰/۲۵	۵۳/۹۵	۲۱/٦۲٤	۷٦/۲۳۰
۸۰	۲/۵	۰/۱۷	۱٤/۱۸	۵/٦۸۳	۸۱/۹۱٤
۱۲۰	۳	۰/۱۲	۱٤/۸۹	۵/۹٦۸	۸۷/۸۸۲
۲۳۰	٤	۰/۰٦	۸/۳٦	۳/۳۵۰	۹۱/۲۳۳
۲۷۰	٤/۲۵	۰/۰۵	۲۱/۸۷	۸/۷٦٦	۱۰۰

همانطوریکه در جداول بالا و شکل۷ می‌توان مشاهده کرد، نمونه‌های ۱ و ۲ که به ترتیب از محل سونداژهای شماره ۱ و ۲ واقع در بالادست منطقه مورد مطالعه تهیه شده‌اند، رسوبات دارای دانه‌بندی درشت‌تری (ماسه گراولی) نسبت به نمونه‌های ۳ و ٤ واقع در پایین‌دست محل دفن زباله‌ها و در محل سونداژهای شماره ۳ و ٤ می‌باشد. نمونه‌های ۳ و ٤ دارای دانه‌بندی ریزتر(ماسه سیلتی و گل) نسبت به مناطق مرتفع‌تر می‌باشند. دو نمونه بالایی دارای دو منشاء بوده و دو مد دارند در حالی که دو نمونه پائینی دارای یک منشاء دارند. تلفیق نتایج حاصل از سونداژهای ژئوالکتریکی و تحلیل چگونگی دانه بندی رسوبات با توجه به ساختار منطقه که در آن می‌توان تغییر نسبتاً سریع دانه‌بندی رسوبات از ماسه گراولی در ارتفاعات به ماسه و ماسه گلی در مناطق پست‌تر را مشاهده کرد و در نظرگیری این مسئله که جریان

و انتقال مواد بیشتر در مناطق پست‌تر صورت می‌گیرد. جنس کلی رسوبات از نوع ماسه رسی سیلتی در نظر گرفته شد.



شکل ۷- منحنی دانه‌بندی ٤ نمونه رسوب برداشت شده از اطراف محل دفن زباله‌ها

ب- تحلیل عملکرد هیدرولوژیکی محل دفن زباله‌ها

بررسی خصوصیات هیدرولوژیکی محل دفن زباله‌های رشت با استفاده از نرم‌افزار Visual HELP صورت می‌گیرد. در این بررسی با استفاده از ویژگی‌های ساختاری محل دفن زباله‌های رشت و همچنین عوامل اقلیمی و جوی محل مورد نظر به تحلیل عملکرد هیدرولوژیکی محل مورد نظر در بازه زمانی ۱۵ ساله پرداخته شده است. پس از بررسی اولیه با بهره‌گیری از اطلاعات اقلیمی واقعی، مدل تهیه شده از هر بلوک محل دفن زباله‌ها برای بازه زمانی ۵۰ ساله که با استفاده از اطلاعات واقعی ۱۵ ساله و به صورت تصادفی تهیه می‌شود، اجرا می‌شود. در ادامه، خروجی این مدل‌ها به ویژه نرخ، حجم و درصد تولید شیرابه برای هر سال و همچنین یک دوره زمانی۱۵ و۵۰ ساله مورد توجه قرار گرفت. در این مطالعه از نرم‌افزار Visual HELP برای انجام تحلیل‌ها استفاده شد. برنامه HELP یک مدل هیدرولوژیکی شبه دوبعدی است که برای تحلیل بیلان آبی محل دفن زباله‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد [5]. در این مدل می‌توان داده‌های آب و هوا، داده‌های مربوط به خاک و مؤلفه‌های طراحی محل دفن زباله‌ها ، مخازن سطحی، جریان حاصل از ذوب برف، رواناب، نفوذ تبخیر- تعرق، پوشش گیاهی، میزان ذخیره آبی خاک زهکشی جانبی لایه‌های زیرسطحی، پراکندگی شیرابه زهکش عمودی منطقه غیراشباع و نفوذ شیرابه درون خاک و همچنین خصوصیات لایه‌های آستری استفاده شده در محل محل دفن زباله‌ها را در نرم‌افزار وارد

کرده و در بدست آوردن نتایج دقیق مورد استفاده قرار داد. در این نرم‌افزار، رواناب بر اساس روش سرویس حفاظت خاک آمریکا تعیین می‌شود (SCS: Soil Conservation Service) ، قانون دارسی برای زهکشی عمودی که تنها متأثر از گرانش است مورد استفاده قرار می‌گیرد و علاوه بر این، هدایت هیدرولیکی منطقه غیراشباع با استفاده از معادله کمپل (Campbell equation) و با بهره‌گیری از پارامترهای بروک- کوری(Brooks-Corey parameters) محاسبه می‌شود [4].

در منطقه مورد مطالعه، به دلیل توپوگرافی ناهموار و شرایط محل دفن مورد نظر که دارای ساختاری نامتوازن و هتروژن بوده و علاوه بر این، شاهد وجود ضخامت‌های متفاوتی از زباله در نقاط مختلف منطقه می‌باشیم، محل مورد نظر به سه بلوک تقسیم شد که این کار می‌تواند امکان بررسی دقیق‌تر خصوصیات ساختاری هر بلوک را فراهم آورد. در جدول ٦ ویژگی بلوک‌های در نظر گرفته شده از محل دفن زباله‌های رشت ارائه شده است. لازم به ذکر است که خصوصیات ارائه شده در این جدول بر اساس مشاهدات و اندازه‌گیری‌های صحرایی، تحلیل تصاویر ماهواره‌ای و سوال از مسئولین سازمان مدیریت پسماند خشک استان گیلان می‌باشد.

جدول ٦- بلوک‌های مجزا شده از محل دفن زباله‌های رشت

شماره بلوک	مساحت (هکتار)	ضخامت زباله (متر)	زاویه کف بلوک (درجه)
١	٦/٥	٤٥	٢٥
٢	٢	١٥	١٨
٣	٢/٨	٢٠	١٥

در شکل ٢ می‌توان بلوک‌های مورد نظر را مشاهده کرد که جمعاً منطقه‌ای با وسعت ١١/٣ هکتار را در بر گرفته است. بر اساس گزارشات، ورود اولین زباله به منطقه سراوان که تنها محل در نظر گرفته شده برای دفع و دفن زباله‌های شهر رشت و شهرهای همجوار می‌باشد از سال ١٣٦٢ شروع شده است. این زباله‌ها ابتدا در بلوک ٢ دفع شده که پس از مدتی، انتقال زباله‌ها به بلوک ١ صورت گرفته که این روند تاکنون ادامه داشته است. با ادامه ورود زباله به این بلوک و پر شدن آن، زباله‌های ورودی توسط بولدوزر از ارتفاعات بلوک تقریباً پر شده ٢ به مناطق شمالی (بلوک ٣) انتقال داده شود که این اتفاق منجر به ادامه پیشروی زباله به سمت جنگل‌های پایین دست شده است. در این مطالعه پس از جدایش و تقسیم محل دفن زباله مورد نظر، به تحلیل رفتار هیدرولوژیکی هر کدام از این بلوک‌ها با استفاده از نرم‌افزار Visual HELP پرداخته شد. با توجه به اینکه تولید در این مطالعه تعیین نرخ تولید شیرابه از کف محل دفن زباله‌های رشت مد نظر می‌باشد، در طراحی مدل هر بلوک در محیط نرم افزار Visual HELP تنها از ضخامت زباله‌های سطحی به عنوان لایه اصلی استفاده شد. تراکم استاندارد زباله‌های دفن شده در یک محل دفن زباله بر طبق استانداردهای آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA: Environmental protection agency) برابر ٣١٢ کیلوگرم برمترمکعب می‌باشد که در این استاندارد پس از تخلیه زباله‌ها، عملیات متراکم کردن و اضافه کردن پوشش رسوبی به آن صورت می‌گیرد و این رخداد در محل دفن زباله‌های رشت نیز مشاهده می‌شود بنابراین، تراکم این زباله‌ها معادل با تراکم پیشنهادی توسط EPA در نظر گرفته شده است.

با توجه به اینکه در مطالعه حاضر تنها از توده زباله برای ساخت پروفیل ورودی در نرم‌افزار HELP استفاده شده است و با در نظرگیری این نکته که شیرابه تولیدی از لایه بالایی به لایه‌های زیرین نشت می‌کند. این رخداد تابعی از عواملی مانند خصوصیات ساختاری هر لایه به عنوان عامل درونی می‌باشد در ادامه، پارامترهای نشت عمودی از لایه زباله با استفاده از نرم‌افزار HELP تعیین و استخراج شد (با توجه به خصوصیات وارد شده به نرم‌افزار برای محل دفن زباله‌های رشت) که در جدول ۷ ارائه شده‌اند.

جدول ۷- ویژگی‌های هیدرولیکی و متغیرهای مرتبط با نشت عمودی از لایه‌های ورودی نرم‌افزار HELP

متغیرهای موثر در نشت عمودی از کف محل دفن زباله‌ها	زباله های شهری
تخلخل کل	۰/٦۷۱
ظرفیت مزرعه	۰/۲۹۲
نقطه پژمردگی	۰/۰۷۷
هدایت هیدرولیکی اشباع	۸٦/٤
جریان ورودی زیرسطحی	۰

پس از طراحی پروفیل هر بلوک، به منظور انجام مراحل بعدی باید به تعیین، تعریف و وارد کردن شرایط اقلیمی منطقه پرداخته شود. در این زمینه به منظور برداشت داده‌های دما، بارش و تابش خورشیدی که مهم‌ترین و اصلی‌ترین داده‌های مورد نیاز نرم‌افزار برای انجام محاسبات و بررسی‌های هیدرولوژیکی محل دفن زباله‌ها می‌باشد، از ایستگاه رشت به عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به محل مورد نظر استفاده شد. نبود داده‌های پیوسته و بلند مدت در رابطه با موقعیت مورد نظر شرایط را به گونه‌ای ایجاد کرد که تعیین عوامل هیدرولوژیکی محل دفن زباله‌های رشت با استفاده از داده‌های کوتاه مدت (بازه ۱۵ ساله (۱۳۸۹-۱۳۷۵)) صورت گیرد. در جداول ۸ ، ۹ و۱۰ نتایج مربوط به اجرای مدل برای هر بلوک و در یک بازه ۱۵ ساله با استفاده از داده‌های واقعی ارائه شده است.

جدول ۸- متغیرهای هیدرولوژیکی بلوک۱ محل دفن زباله‌های رشت برای بازه زمانی ۱۵ ساله

متغیرهای هیدرولوژیکی	کل حجم سالانه (m^3)	کل نرخ سالانه (m)
بارش	۱٤٥۰۰۰۰	۲۲/۳
رواناب	۱۷۳۰۰	۰/۲٦٦
تبخیر- تعرق	۷۸۳۰۰۰	۱۲
تغییر در ذخیره آبی	-۹٤۷۰	-۰/۱٤٥
بیلان	-۰/۰۲۱۸	-۰/۰۰۰۰۰۳۳٥
آب خاک	۱۳۷۰۰۰۰۰	۲۰۲
نفوذ یا نشت از لایه	٦٦۰۰۰۰	۱۰/۱

جدول ۹- متغیرهای هیدرولوژیکی بلوک۲ محل دفن زباله‌های رشت برای بازه زمانی ۱۵ ساله

متغیرهای هیدرولوژیکی	کل حجم سالانه (m^3)	کل نرخ سالانه (m)
بارش	٤٤٦٠٠٠	٢٢/٣
رواناب	٧٠٤	٠/٠٣٥٢
تبخیر- تعرق	٢٤١٠٠٠	١٢
تغییر در ذخیره آبی	-٤٤١٠	-٠/٢٢
بیلان	-٠/٠٠٦٧١	-٠/٠٠٠٠٠٣٣٥
آب خاک	١٣٨٠٠٠٠	٦٩/٣
نفوذ یا نشت از لایه	٢٠٩٠٠٠	١٠/٤

جدول ۱۰- متغیرهای هیدرولوژیکی بلوک۳ محل دفن زباله‌های رشت برای بازه زمانی ۱۵ ساله

متغیرهای هیدرولوژیکی	کل حجم سالانه (m^3)	کل نرخ سالانه (m)
بارش	٦٢٥٠٠٠	١٢/٣
رواناب	٨٤٢٠	٠/٠٣
تبخیر- تعرق	٣٣٧٠٠٠	١٢
تغییر در ذخیره آبی	-٦٢١٠	-٠/٢٢٢
بیلان	-٠/٠٠٩٣٩	-٠/٠٠٠٠٠٣٣٥
آب خاک	٢٥٥٠٠٠٠	٩١/٣
نفوذ یا نشت از لایه	٢٨٦٠٠٠	١٠/٢

در ادامه بررسی عملکرد هیدرولوژیکی محل دفن زباله‌های رشت، با توجه به اینکه تولید شیرابه و نشت آن به لایه‌های زیرین به طور مداوم ادامه دارد و هدف اصلی این پژوهش نیز تعیین نرخ تولید شیرابه در بازه بلند مدت است، شرایط اقلیمی (دما، بارش و تابش خورشید) با استفاده از نرم‌افزار HELP و به صورت تصادفی و برای بازه ۵۰ ساله شبیه‌سازی شد که در این مورد از داده‌های واقعی ۱۵ ساله به عنوان پایه اطلاعاتی و مبنای شبیه‌سازی داده‌ها استفاده شده است. پس از شبیه‌سازی ۵۰ ساله شرایط اقلیمی در منطقه مورد مطالعه، بار دیگر مدل برای هر سه بلوک اجرا شد که نتایج آن در جداول ۱۲،۱۱ و ۱۳ و شکل‌های ۹،۸ و ۱۰ موجود می‌باشد.

ادامه بررسی‌های مورد نیاز در جهت انجام این پژوهش که با استفاده از نرم‌افزار HELP صورت گرفت، ادغام و جمع بندی نتایج حاصل از سه بلوک مورد نظر و ارائه نتایج کلی بوده که این مورد در قالب جداول۱٤ و ۱۵ ارائه شده است.

جدول ۱۱- متغیرهای هیدرولوژیکی بلوک۱ محل دفن زباله‌های رشت برای بازه زمانی ۵۰ ساله

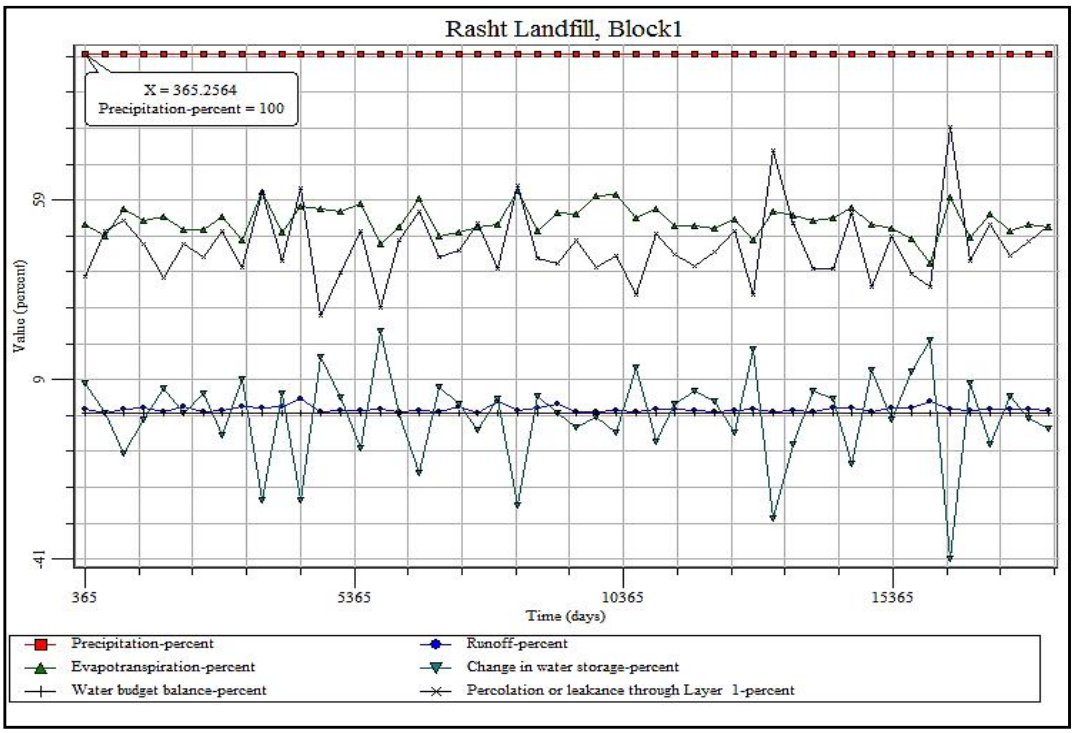
متغیرهای هیدرولوژیکی	کل حجم سالانه (m^3)	کل نرخ سالانه (m)
بارش	۵۰۳۰۰۰۰	۷۷/٤
رواناب	٥٤٩۰۰	۰/۸٤٥
تبخیر- تعرق	۲٦۷۰۰۰۰	٤۱/۱
تغییر در ذخیره آبی	۸٥٥۰۰	۰/۱۳۱
بیلان	-۰/۰۷٦٥	-۰/۰۰۰۰۰۱۱٦
آب خاک	٤٤۰۰۰۰۰۰	٦۷۷
نفوذ یا نشت از لایه	۲۲۹۰۰۰۰	۳٥/۳

جدول ۱۲- متغیرهای هیدرولوژیکی بلوک۲ محل دفن زباله‌های رشت برای بازه زمانی ۵۰ ساله

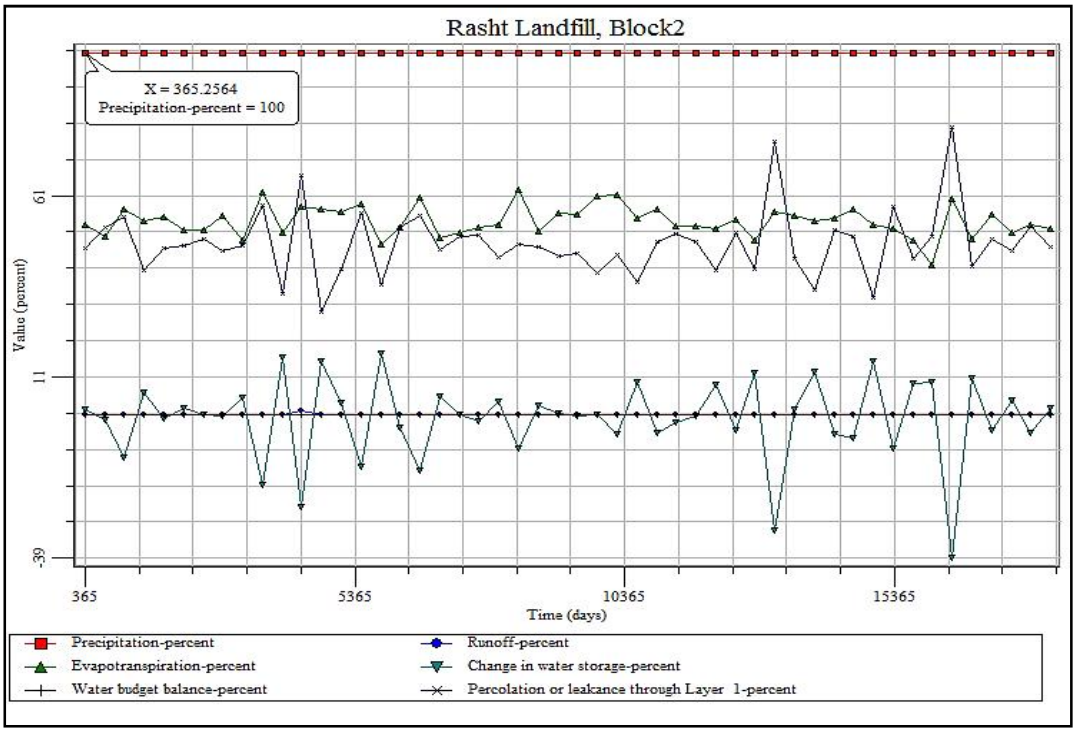
متغیرهای هیدرولوژیکی	کل حجم سالانه (m^3)	کل نرخ سالانه (m)
بارش	۱٥٤۰۰۰۰	۷۷/٤
رواناب	۳٥۷	۰/۰۱۸۷
تبخیر- تعرق	۸۲۳۰۰۰	٤۱/۱
تغییر در ذخیره آبی	-۲۱٤۰	-۰/۱۰۷
بیلان	-۰/۰۲۳۲	-۰/۰۰۰۰۰۱۱٦
آب خاک	٤٦۳۰۰۰۰	۲۳۱
نفوذ یا نشت از لایه	۷۲۳۰۰۰	۳٦/۳

جدول ۱۳- متغیرهای هیدرولوژیکی بلوک۳ محل دفن زباله‌های رشت برای بازه زمانی ۵۰ ساله

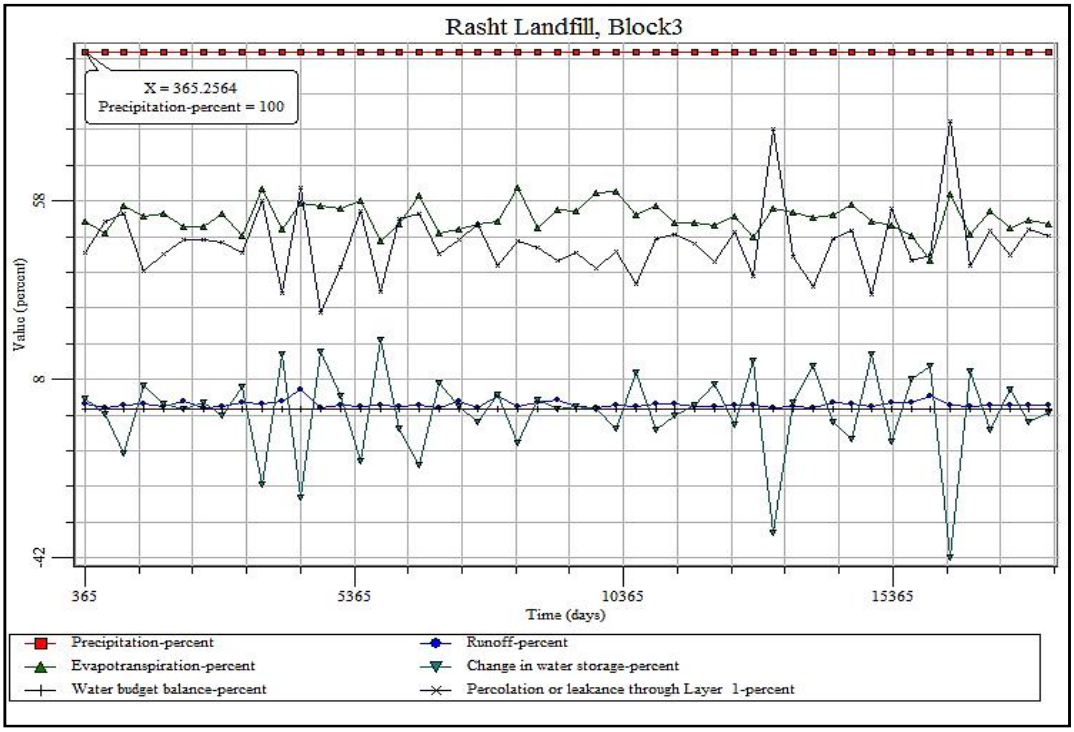
متغیرهای هیدرولوژیکی	کل حجم سالانه (m^3)	کل نرخ سالانه (m)
بارش	۲۱٦۰۰۰۰	۷۷/٤
رواناب	۲٥۷۰۰	۰/۹۲
تبخیر- تعرق	۱۱٥۰۰۰۰	٤۱/۱
تغییر در ذخیره آبی	-۲۹٦۰	-۰/۱۰٥
بیلان	-۰/۰۳۲٥	-۰/۰۰۰۰۰۱۱٦
آب خاک	۸٥٥۰۰۰۰	۳۰٥
نفوذ یا نشت از لایه	۹۹۳۰۰۰	۳٥/٤



شکل ۸- تغییرات عوامل هیدرولوژیکی بلوک۱ محل دفن زباله‌های رشت در بازه ۵۰ ساله



شکل ۹- تغییرات عوامل هیدرولوژیکی بلوک۲ محل دفن زباله‌های رشت در بازه ۵۰ ساله



شکل۱۰- تغییرات عوامل هیدرولوژیکی بلوک۳ محل دفن زباله‌های رشت در بازه ۵۰ ساله

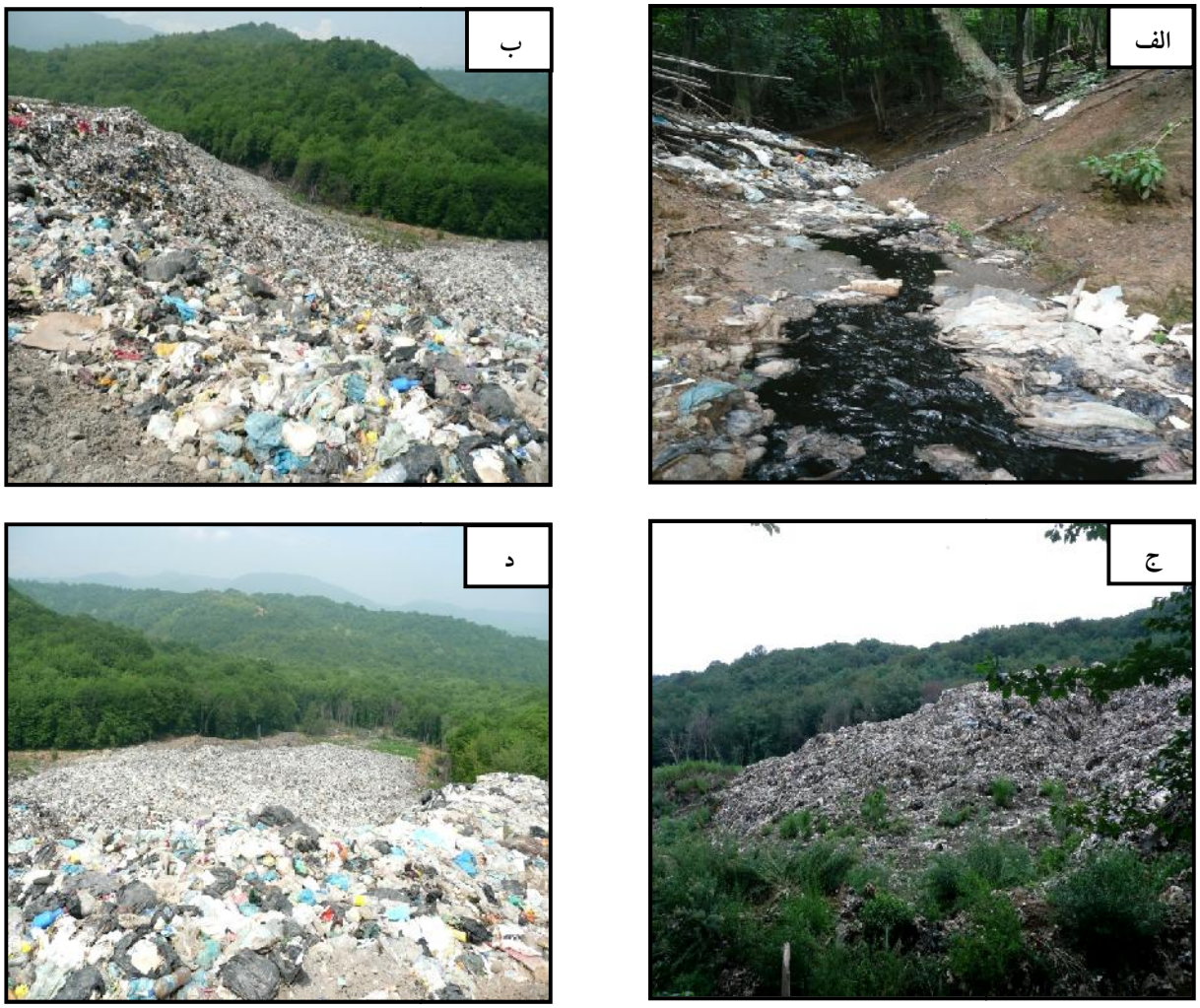
جدول ١٤- کل شیرابه تولیدی توسط محل دفن زباله‌ها در بازه زمانی ۱۵سال واقعی و ۵۰ سال شبیه‌سازی شده

کل نشت از کف محل دفن زباله‌ها (متر)	بازه ۱۵ ساله	بازه ۵۰ ساله
بلوک۱	۱۰/۱	۳۵/۳
بلوک۲	۱۰/٤	۳٦/۳
بلوک۳	۱۰/۲	۳۵/٤

جدول ۱۵- نرخ نشت از کف محل دفن زباله‌ها در بازه زمانی ۱۵ سال واقعی و ۵۰ سال شبیه‌سازی شده

کل نشت از کف محل دفن زباله‌ها برای هر سال (متر)	بازه ۱۵ ساله	بازه ۵۰ ساله
بلوک۱	۰/٦۷	۰/۷
بلوک۲	۰/٦۹	۰/۷۲
بلوک۳	۰/٦۸	۰/۷
میانگین نرخ نشت (متر)	۰/٦۸	۰/۷

با توجه به جدول بالا می‌توان نرخ نشت را در بازه ۱۵ و ۵۰ ساله به طور متوسط برابر با ۰/٦۹ متر در هر سال در نظر گرفت. در شکل ۱۱ بخش‌هایی از محل دفن زباله‌های شهر رشت و شیرابه تولیدی از این محل نمایش داده شده است.



شکل۱۱- نماهایی از محل دفن زباله‌های رشت و شیرابه تولیدی از آن الف)حرکت شیرابه تولیدی به سمت شمال، ب) بخشی از محل دفن زباله (دید به سمت غرب)، ج) بخشی از محل دفن زباله (دید به سمت شرق) و د) بخشی از محل دفن زباله(دید به سمت شمال)

نتایج

تلفیق نتایج حاصل از سوندژهای ژئوالکتریکی و تحلیل دانه‌بندی رسوبات نشان می‌دهد با توجه به ساختار منطقه می‌توان تغییر نسبتاً سریع دانه‌بندی رسوبات از ماسه گراولی در ارتفاعات به ماسه و ماسه گلی در مناطق پست‌تر را مشاهده کرد. بر اساس ٤ نمونه رسوب تهیه شده از محل هر سونداژ و تجزیه و تحلیل دانه‌بندی مشخص شد که جنس غالب محیط رسوبی از نوع ماسه رسی سیلتی می‌باشد. میانگین نرخ نشت از کف محل دفن زباله های شهر رشت برای بازه ۱۵ ساله برابر ۰/٦۸، بازه ۵۰ ساله برابر ۰/۷۰ و میانگین نرخ نشت برای بازه ۱۵ و ۵۰ ساله برابر با ۰/٦۹ متر بر سال تعیین شد.

پیشنهادات

به منظور تهیه پروفیل ساختار زیرسطحی در جهات مختلف پیشنهاد می‌شود در اطراف منطقه (محدوده‌ای که انتقال آلودگی در آن صورت می‌گیرد) گمانه‌های ژئوتکنیکی متعددی با عمق مناسب حفر شود.

- پیشنهاد می‌شود با بهره‌گیری از مطالعات ژئوالکتریکی و تلفیق نتایج حاصل از آن با نتایج بدست آمده از گمانه‌های ژئوتکنیکی و بررسی‌های زمین‌شناسی، به تهیه نقشه زمین‌شناسی با تفکیک بالا اقدام شود.

- به منظور اعمال پارامتر کنش و واکنش به مدل‌ها و محاسبه کننده میزان نشت، تعیین فرآیندهای واکنشی بین مواد تشکیل‌دهنده محیط و گونه‌های شیمیایی تولید شده در دستور کار مطالعات بعدی قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

همکاری شرکت آب منطقه‌ای استان گیلان، مدیریت پسماند خشک شهرداری رشت و سازمان هواشناسی استان گیلان، نویسندگان مقاله را بر این می‌دارد که از زحمات کارکنان این ارگان‌ها تشکر و قدردانی به عمل آورند.

منابع

۱- سایت اینترنتی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، نقشه ها، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ صفحه رشت.
http://www.gsi.ir/General/Lang_fa/Page_38/Start_0/GroupId_01/StateId_24/ScaleId_1/ProviderId_1/StatusId_3/DataId_137/Action_MoreInfo/%D8%B1%D8%B4%D8%AA.html.

۲- سایت اینترنتی سازمان هواشناسی استان گیلان، بخش آمار و اطلاعات. آمار ۱۵ ساله (۱۳۸۹- ۱۳۷۵) ایستگاه سینوپتیکی رشت. http://www.new.gilmet.ir/fa/menu531.aspx

۳- مهندسین مشاور کنکاش عمران، (۱۳۸۸)؛ گزارش بهنگام سازی تلفیق مطالعات منابع آب حوزه آبریز رودخانه‌های سفیدرود بزرگ و تالش- تالاب انزلی. جلد دوم: بررسی‌ها و مشخصات عمومی. شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان گیلان ٥٦٤ ص.

4-User's Manual for WHI UnSat Suite (includes Visual HELP), (2004); The intuitive unsaturated zone analysis package, 347p.

5- Berger, K., (2000); Validation of the Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) Model for Simulating the Water Balance of Cover Systems. Environmental Geology 39 (11),pp 1261-1274.

6-Bou-Zeid E., El-Fadel M., (2004); Parametric sensitivity analysis of leachate transport simulation at landfills. Journal of Waste Management, no. 24,pp 681-689.

7- Friedman, G.M. and Johnson, K.G., (1982); exercises in sedimentology. John Wiley.

8- Rouholahnejad E., Sadrnejad S. A. (2009); Numerical Simulation of Leachate Transport into the Groundwater at Landfill Sites. 18th World IMACS/MODSIM Congress, Cairns, Australia.

9- Rojas, D., Jr. S. (2004); A study of the potential groundwater contamination from the leachate of the Payatas Dumpsite in Metro Manila, Philippines. Japan Society for the Promotion of Science Program.

10- Sophocleous, M., Stadnyk, G. N., Stotts, M. (1996); Modeling impact of small Kansas landfills on underlying aquifers .Journal of Environmental Engineering. Vol 122, No 12, pp 1067-1077.