مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره سیزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۹، صفحات ۲۶۳ تا ۲۸۲

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

مدلسازی تاثیر مشخصات هیدرولوژیکی و طراحی محل دفن پسماند شهری بر میزان شیرابه تولیدی: مطالعه موردی شهر ارومیه

میلاد غفاری راد، مهدی قنبرزاده لک*
گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۴/۱۰
تاریخ ویرایش: ۹۹/۰۶/۲۶
تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۳۰
تاریخ انتشار: ۹۹/۰۶/۳۱

واژگان کلیدی: مرکز دفن، پسماند شهری، شیرابه، مدلسازی، مشخصات هیدرولوژیکی

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
m.ghanbarzadehlak@urmia.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: یکی از چالش‌های مهم در دفن پسماندها آلودگی ناشی از نشت شیرابه به خاک زیرین مرکز دفن است. مدیریت جامع شیرابه مستلزم آگاهی از نرخ تولید و عوامل موثر بر آن بوده و بدین منظور در مطالعه حاضر، از نرم‌افزار HELP جهت محاسبه کمیت شیرابه و تحلیل داده‌های ورودی، استفاده گردیده است.

روش بررسی: پس از طراحی یک مرکز دفن پسماند متناسب با شرایط موجود در شهرستان ارومیه، کمیت شیرابه با استفاده از نرم‌افزار HELP محاسبه شد. سپس طی سناریوهای مختلف، تاثیر پارامترهای بارش، عدد منحنی رواناب و حذف لایه ژئوممبران بر شیرابه‌زایی بررسی گردید و درنهایت تاثیر تجمیع لایه‌های مشابه در شبیه‌سازی مورد بحث قرارگرفت.

یافته‌ها: براساس خروجی‌ها، ۷/۶۷ درصد از بارش به شیرابه تبدیل می‌گردد. بین بارش و شیرابه‌زایی به تنهایی رابطه معنی‌داری در کوتاه مدت وجود ندارد چون همواره بخشی از بارش توسط لایه‌های مدفن جذب می‌گردد و در بلندمدت در تولید شیرابه سهیم خواهد بود. با افزایش عدد منحنی رواناب خاک منطقه از ۷۰ تا ۹۰، شیرابه‌زایی ۲۳ درصد کاهش یافت. همچنین حذف ژئوممبران از پوشش نهایی، منجر به افزایش ۷۸/۴۶ درصدی کمیت شیرابه گردید که با جایگزینی ۷۶ cm خاک رس متراکم می‌توان این اثر را تعدیل نمود. اجرای دوباره نرم‌افزار پس از تجمیع لایه‌ها، خطای اندکی را در تخمین شیرابه نسبت به حالت پایه نشان داد.

نتیجه‌گیری: مدلسازی تولید شیرابه و پارامترهای موثر بر آن توسط نرم‌افزار HELP، می‌تواند با شبیه‌سازی شرایط مدفن قبل از احداث، نقش مهمی در مدیریت شیرابه ایفا کند.

Please cite this article as: Ghaffariraad M, Ghanbarzadeh Lak M. Modeling the effects of hydrological characteristics and design of municipal waste landfill on the leachate rate: a case study of Urmia city. Iranian Journal of Health and Environment. 2020;13(2):263-82.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-21]

مقدمه

رشد جمعیت، گسترش صنایع و توسعه فناوری‌های نوین، همچنین تمایل افراد به استفاده از محصولات یکبار مصرف، ازدیاد تولید پسماند را در سنوات اخیر سبب شده و متعاقب آن، بحران‌های زیست‌محیطی شدیدی در جوامع شهری رخ نموده است. مدیریت جامع پسماند شهری شامل بخش‌های ذخیره‌سازی موقت، جمع‌آوری، انتقال، پردازش و دفع است، به گونه‌ای که در عین تحمیل هزینه قابل قبول به مدیریت شهری، برای انسان‌ها، گیاهان، حیوانات و به‌طورکلی محیط‌زیست، زیان‌آور نباشد (۱، ۲). با استفاده از فرایندهای بازیافت، تولید کود کمپوست یا زباله‌سوزی (روش‌های دفع متداول)، می‌توان بخشی یا تمام جریان زائدات جامد شهری را مدیریت نمود. با این وجود دفع محصولات ناخواسته حاصل از این روش‌ها (همچون خاکستر زباله‌سوزی) و دورریزهای غیرقابل بازیابی/تجزیه/احتراق، مستلزم بهره‌گیری از روش دفن در زمین است. این روش مقرون به صرفه بوده و از قابلیت پذیرش تمامی اجزای پسماندهای جامد شهری برخوردار است (۳، ۴) اما به دلیل مدیریت ضعیف، همواره امکان نشت شیرابه به خاک زیرین وجود دارد. این روش، با وجود مزایای اقتصادی فراوان به دلیل تولید شیرابه از جنبه‌های بهداشتی و زیست محیطی حائز اهمیت است (۵).

شیرابه مایعی است آلوده که در نتیجه نفوذ آب به درون یک مرکز دفن تشکیل می‌گردد. منشا این مایع علاوه بر محصولات فرعی تجزیه و بارندگی، رطوبت و دیگر مایعات موجود در پسماندهایی است که در مرکز دفن، مدیریت می‌شوند. خصوصیات شیمیایی و بیولوژیکی شیرابه به نوع پسماند دفن شده و میزان تجزیه آن و عمر مرکز دفن بستگی دارد (۶). شیرابه حاوی عناصر و ترکیبات مختلفی بوده ولی رایج‌ترین عناصر موجود در آن شامل مواد آلی (۷) و معدنی و فلزات سنگین است (۸).

کنترل و مدیریت شیرابه با توجه به ماهیت خطرناک آن برای محیط‌زیست، امری ضروری بوده و اولین قدم در مدیریت صحیح شیرابه، تخمین حجم تولیدی آن است. بدین ترتیب، طراح می‌بایست برآورد صحیحی از میزان شیرابه تولیدی داشته تا بتواند براساس آن ضمن محاسبه اقطار لوله‌ها و جانمایی سوراخ‌های جمع‌آوری در بدنه آنها، مقدار نشت احتمالی شیرابه به خاک زیرین مرکز دفن را تخمین بزند.

مدل‌های WBM (Water Balance Method) و HELP (Hydrologic Evaluation of Landfill Performance) جهت تخمین شیرابه تولیدی در مراکز دفن توسعه داده شده‌اند (۹). در روش WBM، اساسا مقدار آبی که از میان پسماندها به خارج نفوذ می‌کند، عبارت است از مقدار آب دریافتی توسط سایت دفن از بارندگی، رواناب ورودی و آب ورودی از کناره‌ها و مرکز دفن منهای آب خروجی سایت از طریق رواناب سطحی و تبخیر و تعرق توسط گیاهان. این تعادل آبی تحت عنوان روش موازنه آب شناخته می‌شود (۶). در مدل HELP، از داده‌های هواشناسی، خاک و طراحی، برای تخمین میزان شیرابه تولیدی استفاده می‌شود (۱۰). طبق جدول ۱، در مقایسه با روش WBM، مدل HELP روش جامع‌تری در برآورد کمیت شیرابه بوده و خروجی نزدیکتری به واقعیت خواهد داشت. براین اساس در مطالعه حاضر، مدل HELP به منظور برآورد شیرابه تولیدی در یک مرکز دفن مفهومی که براساس مشخصات پسماند تولیدی در شهرستان ارومیه (شامل شهرهای ارومیه، سرو، سیلوانا، قوشچی و نوشین شهر و روستاهای تابعه) و محدودیت‌های طراحی مربوط به خصوصیات محیطی سایت دفن نازلو، طراحی شده است، مورد استفاده قرار گرفت. در جدول ۱ برآورد میزان شیرابه تولیدی مراکز دفن در مطالعات پیشین، آورده شده است.

پراکندگی نتایج جدول ۱ از نقطه نظر نسبت بارش موثر در تولید شیرابه در مقایسه با متوسط بارش سالانه مناطق، می‌تواند ناشی از تعریف نادرست برخی از پارامترهای مورد نیاز مدل HELP توسط کاربر باشد. به عنوان نمونه، در مرکز دفن واقع در ازمیت ترکیه با وجود اینکه بارش به

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-21]

مقدار قابل توجهی از محل دفن آتیکای یونان بیشتر بوده و دمای آن نیز کمتر هست، علیرغم وجود لایه ژئوممبران در پوشش نهایی، در میزان شیرابه تولیدی اختلاف قابل توجهی بین این دو لندفیل دیده نمی‌شود (لازم بذکر است وجود لایه ژئوممبران در پوشش نهایی، می‌بایست منجر به کاهش میزان نفوذ آب ناشی از بارش به داخل لندفیل گردد) (۱۱، ۱۲). در تبدیل بارش به شیرابه در مراکز دفن، عوامل مختلفی نظیر میزان رواناب تولیدی (متاثر از ضریب نفوذپذیری خاک نباتی در بخش فوقانی و شیب آن)، نرخ تبخیر و تعرق (وابسته به دمای منطقه و مشخصات پوشش گیاهی کاشته شده)، وجود یا عدم وجود لایه نفوذناپذیر (ژئوممبران) در پوشش نهایی، ضخامت لایه‌های پسماند و جنس خاک پوشش روزانه، اثرگذارند.

در مطالعه حاضر، با توجه به وجود زمین خالی در ضلع شرقی مرکز دفن فعلی شهرستان ارومیه (سایت دفن نازلو)، ابتدا یک لندفیل مفهومی با توجه به شرایط خاک‌شناسی، زمین‌شناسی و هیدرولوژیکی محل، کمیت و کیفیت پسماند تولیدی شهرستان و جمعیت آتی منطقه مورد نظر، طراحی گردید. در این پژوهش، افزون بر بررسی کمیت شیرابه (مطالعات پیشین) مهمترین پارامترهای موثر بر شیرابه تولیدی تحت بررسی قرار گرفت و در بعضی از موارد نحوه تغییر متغیرهای ورودی جهت کاهش میزان شیرابه بیان گردید. بدین جهت، آنالیز حساسیت تولید شیرابه نسبت به پارامترهای هیدرولوژیکی (بارش) و عوامل خاک‌شناسی (عدد منحنی رواناب خاک سطحی)، همچنین نحوه تعریف لایه زباله در نرم‌افزار HELP به عنوان عامل طراحی، مورد بررسی قرار گرفت. علاوه بر آن، در طراحی پوشش نهایی از یک لایه ژئوممبران استفاده گردید و در ادامه این لایه حذف گردیده و یک لایه از خاک رس متراکم با ضخامت‌های متفاوت جایگزین شده و میزان شیرابه تولیدی در هر دو حالت مقایسه گردید.

جدول ۱- برآورد میزان شیرابه تولیدی مراکز دفن در مطالعات پیشین

منطقه مورد مطالعه	سال انجام پژوهش	روش مورد عمل در برآورد شیرابه	نسبت بارش موثر در تولید شیرابه (درصد)	متوسط بارش سالانه (mm)	متوسط دمای سالانه (°C)	لایه ژئوممبران در پوشش نهایی	منابع
سمنان (ایران)	۲۰۱۰	HELP	۱۴/۲۰	۱۲۷/۳۲	۱۴/۰	ندارد	(۱۳)
تهران (ایران)	۲۰۱۰	HELP	۵۰/۸۷	۱۹۶/۰۰	۱۷/۴	ندارد	(۱۴)
آتیکا (یونان)	۱۹۹۹	HELP	۴۲/۸۰	۳۹۰/۰۰	۱۸/۹	ندارد	(۱۵)
تسالونیکی (یونان)	۲۰۰۲	مطالعات میدانی	۵۲/۱۰	۴۴۴/۰۰*	۱۶/۰	ندارد	(۱۲)
ازمیت (ترکیه)	۲۰۰۲	HELP	۵۵/۰۲	۸۷۵/۶۰	۱۴/۷	دارد	(۱۱)
رم (ایتالیا)	۲۰۱۳	HELP	۳۱/۷۲	۷۲۳/۷۵	۱۷/۰	دارد	(۱۶)
غزه (فلسطین)	۲۰۱۳	HELP WBM	۳۵/۲۰ ۳۹/۶۵	۳۲۲/۰۰	۲۲/۵	ندارد	(۱۷)
رشت (ایران)	۲۰۱۵	Visual HELP	۸۱/۹۵	۱۳۳۷۰/۰۰	۱۶/۰	ندارد	(۱۸)
غزه (فلسطین)	۲۰۱۷	HELP	۳۹/۴۰	۳۴۲/۱۰	۲۱/۷	ندارد	(۱۹)
تونس (تونس)	۲۰۱۷	HELP	۳۵/۰۰	۳۴۷/۰۰	۱۹/۰	دارد	(۲۰)
بابل (عراق)	۲۰۱۸	HELP	۳۸/۵۷	۱۰۱/۹۰	۲۳/۸	ندارد	(۲۱)

*: متوسط بارش در سال مورد مطالعه (در پژوهش مربوط به تسالونیکی – یونان)

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-21]

مواد و روش‌ها

- معرفی نرم‌افزار HELP

برنامه کامپیوتری ارزیابی هیدرولوژیکی عملکرد مرکزدفن (HELP)، یک مدل شبه دو بعدی جهت مدل‌سازی حرکت آب است. این مدل، داده‌های آب و هوا، خاک و طراحی را دریافت کرده و از تکنیک‌هایی استفاده می‌کند که تاثیرات ذخیره سطحی، ذوب برف، رواناب، نفوذ، تبخیر و تعرق، رشد گیاهی، ذخیره رطوبت خاک، زهکشی زیرسطحی‌جانبی، بازچرخش شیرابه، زهکشی قائم غیراشباع، تراوش از میان خاک، ژئوممبران یا لاینرهای کامپوزیت سیستم‌های مرکز دفن، را در برآورد شیرابه تولیدی منظور نماید. محیط این نرم‌افزار تحت DOS بوده و در فضایی تلفیقی بین داده‌های ورودی توسط کاربر و محاسبات انجام گرفته به‌وسیله نرم‌افزار، اطلاعات را تجزیه و تحلیل می‌نماید (۲۲).

با توجه به اینکه این نرم‌افزار تحت DOS هست قابلیت اجرا در محیط ویندوزهای بالاتر از ۷ را ندارد (۲۳). جهت رفع این مشکل می‌توان از نرم‌افزار DOS Box استفاده نمود. نرم‌افزار DOS Box به‌صورت یک برنامه کمکی عمل می‌نماید و با استفاده از آن می‌توان نرم‌افزارهای تحت DOS از جمله HELP را در ویندوزهای بالاتر اجرا نمود. اساس مدل HELP، در نظر گرفتن یک بیلان آبی است که برای این منظور داده‌های بارش، رواناب سطحی، تبخیر و تعرق و نفوذ مورد نیاز هست. در این میان اطلاعات بارش توسط کاربر وارد شده و محاسبات رواناب و تبخیر و تعرق به‌وسیله HELP و با روش‌های SCS و Penman انجام می‌گیرد. در مورد ویژگی‌های خاک و پسماند نیز، برنامه HELP نیاز به مقادیر تخلخل کل، ظرفیت میدانی، نقطه پژمردگی و هدایت هیدرولیکی اشباع هر لایه از خاک، پسماند و یا مواد دیگر در پروفیل مرکز دفن دارد. روش تجربی در محاسبه مقادیر میزان نگهداشت آب در خاک (ظرفیت میدانی و نقطه پژمردگی) و هدایت هیدرولیکی اشباع هر لایه، به‌کارگیری معادلات تجربی گزارش شده توسط Schroeder و همکاران در سال ۱۹۹۴، است (۱۰).

علاوه بر آن، کاربر می‌تواند به صورت دستی از بین ۴۲ نوع خاک پیش فرض تعریف شده در نرم‌افزار، گزینه مورد نظر خود را انتخاب نماید. همچنین این امکان وجود دارد که کاربر لایه‌ای را با ویژگی‌های مدنظر خود برای نرم‌افزار تعریف نماید (۱۰).

- آماده‌سازی داده‌های ورودی نرم‌افزار HELP

داده‌های بارش از بخش داده‌های سینوپتیک رایگان – پورتال سازمان هواشناسی کشور، تهیه شدند (۲۴). اطلاعات بارش در طی دو ساعت از شبانه‌روز (۰۳ و ۱۵) ثبت می‌گردد ولی از آنجا که نرم‌افزار HELP داده‌های بارش را به‌صورت روزانه دریافت می‌کند، اطلاعات مذکور در نرم‌افزار اکسل به داده‌های روزانه تبدیل گردید. سپس با استفاده از کدنویسی در محیط MATLAB، فایل اکسل به یک فایل Notepad تبدیل می‌شود. در ادامه فرمت فایل نهایی به D۴* تغییر یافته و آماده معرفی به نرم‌افزار HELP می‌گردد. البته می‌توان این اطلاعات را به صورت دستی به برنامه وارد کرد اما چون تعداد سال‌های مورد مطالعه ۳۰ سال است، این کار بسیار سخت خواهد بود. انتخاب زمان ۳۰ ساله برای انجام مطالعه، به دلیل ثابت بودن اقلیم در طول دوره زمانی ۳۰ سال هست.

تابش ورودی بر سطح عمود بر جهت تابش خورشید در منطقه بالای اتمسفر زمین، ثابت خورشیدی نامیده می‌شود و حدود ۰/۰۸۲۰ MJ/m^2-min برآورد شده است (۲۵، ۲۶). لیکن شدت تابش محلی به زاویه جهت تابش با سطح عمود بر اتمسفر بستگی دارد. این زاویه در طول روز تغییر کرده و تابع عرض جغرافیایی و فصل سال است. تابش خورشیدی ورودی به یک سطح افقی در بالای اتمسفر زمین، تابش فرازمینی (Extraterrestrial Radiation (Ra) نامیده می‌شود. کسری از مقدار تابش نفوذ یافته به درون اتمسفر به وسیله گازها، گرد و غبار و ابرها پراکنده شده، انعکاس یافته و یا جذب می‌شود. مقدار تابش ورودی به یک سطح افقی، تابش خورشیدی (Solar

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-21]

(or Shortwave Radiation (Rs) نامیده می‌شود. تابش خورشیدی را می‌توان با پیرانومتر، تابش‌سنج یا نورسنج اندازه‌گیری نمود. هنگامی‌که پیرانومتر در دسترس نباشد، تابش خورشیدی را به‌طور معمول با استفاده از تعداد ساعات آفتابی برآورد می‌کنند. ساعات آفتابی واقعی با آفتاب نگار کمبل- استوکس اندازه‌گیری می‌شود. تابش فرازمینی برای هر روز از سال در عرض‌های جغرافیایی مختلف، با استفاده از عدد ثابت خورشیدی، زاویه میل خورشید (Solar Declination) و زمان به صورت معادله ۱ برآورد می‌شود.

$$R_a = \frac{24(60)}{\pi} G_{sc} dr(\omega_s \sin(\varphi)\sin(\delta) + \cos(\varphi)\cos(\delta)\sin(\omega_s)) \quad (۱)$$

که در آن، R_a: تابش فرازمینی روزانه (MJ/m^2-day)؛ G_{sc}: ثابت تابش خورشیدی (مساوی با ۰/۰۸۲۰ MJ/m^2-min)؛ d_r: معکوس فاصله نسبی زمین تا خورشید (معادله ۲)؛ ω_s: زاویه ساعت غروب خورشید (Sunset Hour Angle) برحسب رادیان (معادله ۳)؛ φ: عرض جغرافیایی برحسب رادیان؛ و δ: زاویه میل خورشیدی برحسب رادیان (معادله ۴)؛ است (۲۶).

$$dr = 1 + 0.033\cos(0.0172J) \quad (۲)$$

$$\omega_s = \arccos(-\tan\varphi \tan\delta) \quad (۳)$$

$$\delta = 0.409\sin(0.0172J - 1.39) \quad (۴)$$

در معادلات فوق منظور از J (شماره ژولیان)، شماره روز از سال بین ۱ (اول ژانویه) تا ۳۶۵ یا ۳۶۶ (آخر دسامبر) است (۲۶). بدین ترتیب می‌توان تابش خورشیدی (Rs) را با استفاده از معادله آنگستروم (معادله ۵) محاسبه نمود.

$$R_s = (a_s + b_s \frac{n}{N})R_a \quad (۵)$$

که در آن: R_s: تابش خورشیدی یا تابش طول موج کوتاه (MJ/m^2-day)؛ n: تعداد ساعات واقعی آفتابی (ساعت – قابل دسترس از اطلاعات ایستگاه سینوپتیک)؛ N: حداکثر ساعات آفتابی در روز (ساعت - قابل محاسبه توسط معادله ۶) (۲۶)؛ $\frac{n}{N}$: ساعات آفتابی نسبی (بدون واحد)؛ a_s: کسر تابش فرازمینی ورودی به سطح زمین در روزهای ابری؛ و b_s: کسر تابش فرازمینی ورودی به سطح زمین در روزهای صاف (n=N)؛ هستند (۲۶).

$$N = \frac{24}{\pi}\omega_s \quad (۶)$$

ضرایب رابطه آنگستروم (یعنی a_s و b_s) طبق شرایط اتمسفری (رطوبت و گرد و غبار) و زاویه میل خورشید (عرض جغرافیایی و ماه) تغییر می‌کنند. چنانچه داده‌های خورشیدی واقعی در دسترس نباشد و یا ضرایب آنگستروم واسنجی نشده باشند، مقادیر a_s و b_s به‌ترتیب معادل ۰/۲۵ و ۰/۵ توصیه شده‌اند (۲۶).

در مطالعه حاضر داده‌های تابش خورشیدی با کاربرد معادلات ۱ تا ۶، پس از دریافت اطلاعات مربوط به تعداد ساعات آفتابی از اداره کل هواشناسی کشور برای ایستگاه سینوپتیک ارومیه، برآورد شده است. سپس با استفاده از کدنویسی در نرم‌افزار MATLAB، فایل اکسل به یک فایل Notepad تبدیل می‌شود. در ادامه فرمت فایل نهایی به D۱۳* تغییر یافته و آماده معرفی به نرم‌افزار HELP می‌گردد.

داده‌های دمای ورودی به نرم‌افزار، از طریق پورتال سازمان هواشناسی کشور استخراج گردید و پس از آماده‌سازی مشابه قبل، فرمت فایل نهایی به D۷* تغییر یافت.

مقادیر تبخیر و تعرق، با وارد کردن داده‌های اولیه (شامل عمق تبخیر منطقه، شاخص حداکثر سطح برگ، شماره ژولیان برای شروع کاشت، شماره ژولیان برای پایان کاشت، متوسط سرعت باد روزانه برحسب مایل بر ساعت (بدون

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-21]

در نظر گرفتن جهت باد) و درصد رطوبت نسبی متوسط سه ماهه اول، دوم، سوم و چهارم سال)، توسط نرم‌افزار HELP محاسبه می‌گردد. موارد عمق تبخیر منطقه، شاخص حداکثر سطح برگ، و تاریخ‌های مربوط به شروع و پایان کاشت براساس ویژگی‌های منطقه مطالعاتی و دریافت اطلاعات از اداره کل منابع طبیعی استان آذربایجان غربی تعیین گردید. متوسط سرعت باد روزانه و درصد رطوبت نسبی متوسط سه ماهه، از داده‌های سینوپتیک رایگان پورتال سازمان هواشناسی کشور تهیه شدند. متوسط سرعت باد سالانه ۴/۴۷ مایل بر ساعت تعیین گردید؛ درصد رطوبت نسبی سه ماهه نیز برای همه سال‌های مورد مطالعه بررسی گردید و پس از میانگین‌گیری به ترتیب اعداد ۶۶/۰۹، ۵۴/۰۲، ۴۷/۶۱ و ۶۵/۴۸ درصد به‌دست آمد. فرمت فایل ذخیره شده برای تبخیر و تعرق به‌صورت D۱۱.* بود.

- معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان ارومیه (مرکز استان آذربایجان غربی) واقع بین ۴۴ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۷ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۰ دقیقه عرض شمالی، در جلگه‌ای به طول ۷۰ و عرض ۳۰ km در کنار دریاچه ارومیه گسترده است. این جلگه از رسوبات رودخانه‌های باراندوز، شهرچای، روضه‌چای و نازلوچای که همه ساله آن را مشروب می‌سازند، پوشیده شده است. محل تخلیه زباله‌های شهری شهرستان ارومیه زمینی است به مساحت ۷۷/۵ ha که در شمال شرقی ارومیه و در نزدیکی روستای نازلو واقع شده است. این مرکز از سال ۱۳۷۶ تاکنون زائدات شهری ارومیه و نقاط همجوار را پذیرش نموده است. فاصله سایت دفن پسماندهای شهری ارومیه از محدوده قانونی شهر حدود ۱۷ km بوده و در مسیر ارومیه ـ سرو قرار دارد. در محل دفن مذکور پسماند شهرهای ارومیه، سرو، سیلوانا، قوشچی، نوشین شهر و روستاهای تابعه دفن می‌شود که براساس گزارش معاونت پژوهشی دانشگاه ارومیه در سال ۱۳۹۶، جمعیت آنها به‌ترتیب ۷۵۰۷۹۶ نفر، ۱۸۵۹ نفر، ۱۶۴۰ نفر، ۲۸۴۲ نفر، ۸۶۴۲ نفر و ۲۹۰۸۷۱ نفر بوده و پسماند تولیدی سالیانه هر کدام به‌ترتیب ۲۰۲۹۷۰، ۴۸۰، ۵۳۰، ۱۸۱۰، ۲۵۲۵ و ۳۶۰۹۷ تن هستند (۲۷). اطلاعات کیفی پسماند مناطق مورد مطالعه نیز در جدول ۲ آورده شده است.

- سناریوهای مورد مطالعه

میزان شیرابه تولیدی در مراکز دفن به میزان بارندگی در منطقه، آب ناشی از ذوب برف، رطوبت موجود در توده پسماند و نرخ انجام تجزیه بیولوژیکی زباله‌ها، بستگی دارد (۲۸). براساس مطالعات جدول ۱، کمیت شیرابه تولیدی در مراکز دفن، وابستگی بالایی به میزان بارندگی در منطقه داشته است. میزان شیرابه تولیدی در نواحی پرباران، بیشتر از نواحی خشک است، چرا که قسمت قابل توجهی از نزولات جوی به داخل مراکز دفن نفوذ خواهند نمود (۱۳). بدین جهت در سناریوی اول مطالعه حاضر، رابطه بین بارش و تولید شیرابه بررسی می‌گردد. از سوی دیگر، نرم‌افزار HELP از عدد منحنی رواناب (Curve Number) به‌عنوان یکی از داده‌های ورودی استفاده می‌نماید. بنابراین در سناریوی دوم، میزان اهمیت این عدد در شیرابه‌زایی مطالعه می‌گردد چرا که تعیین عدد مذکور، ارتباط مستقیمی با پوشش گیاهی و نفوذپذیری خاک محل دارد، به‌عنوان یکی از معیارهای مهم در زمان مکان‌یابی مرکز دفن مطرح است. از طرفی خصوصیات ژئوتکنیکی پوشش فوقانی مرکز دفن و تاثیر آن بر میزان رواناب و نفوذ، می‌تواند کمیت شیرابه تولیدی را دستخوش تغییر نماید. در اکثر طراحی‌های مراکز دفن، به منظور ممانعت از ورود آب ناشی از بارش به داخل مرکز دفن، از پوشش‌های نفوذناپذیر در لایه نهایی بهره‌گیری می‌شود (۱۱)، با این وجود، هزینه بالای تامین و نصب چنین لایه‌هایی، طراحان را به سمت بهره‌گیری از سیستم جمع‌آوری کارآمد شیرابه (در کف مرکز دفن) و تصفیه متعاقب آن، سوق داده است. در سناریوی سوم، با عنایت به اهمیت حضور ژئوممبران در پوشش نهایی، راهکارهای جایگزینی این لایه با سایر مصالح، جهت کاهش هزینه‌های

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-21]

جدول ۲- آنالیز فیزیکی پسماندهای شهری شهرستان ارومیه طی سال ۱۳۹۶ (۲۷)

نوع پسماند	منطقه (درصد)		
	ارومیه	شهرهای اقماری	روستاهای تابعه
مواد غذایی / فسادپذیر	۶۸/۳۶	۶۸/۸۷	۵۳/۰۸
کاغذ و مقوا	۴/۵۸	۶/۴۵	۹/۱۴
PET	۰/۹۵	۰/۵۲	۰/۷۸
PE / PP	۹/۵۱	۱۰/۹۱	۶/۰۲
Other Plastics (Mixed)	۰/۶۸	۰/۹۰	۰/۴۷
منسوجات / پارچه	۴/۱۱	۲/۰۸	۱۶/۸۵
فلزات آهنی	۰/۳۶	۰/۲۹	۰/۰۸
فلزات غیرآهنی	۰/۱۸	۰/۱۱	ناچیز
چوب و زائدات باغبانی	۰/۵۴	۰/۱۶	۰/۱۱
شیشه	۱/۱۹	۱/۷۸	۱/۶۸
دورریزهای بهداشتی	۶/۲۳	۲/۲۰	۷/۳۶
زائدات ویژه / خطرناک	۰/۷۵	۰/۷۱	۰/۸۱
چرم و لاستیک	۰/۳۲	۱/۳۱	۲/۳۴
خاک و نخاله ساختمانی	۰/۹۸	۲/۶۷	ناچیز
زائدات الکترونیکی	ناچیز	۰/۰۲	ناچیز
زائدات بسته‌بندی کامپوزیت	۱/۲۵	۱/۰۲	۱/۲۷

بهره‌برداری، بررسی می‌شود. در شبیه‌سازی لندفیل در نرم‌افزار HELP، حداکثر می‌توان ۲۰ لایه را معرفی نمود (۱۰)، به همین دلیل در سناریوی چهارم تاثیر تجمیع لایه‌های زباله (شکل ۲) در یک لایه، بر شبیه‌سازی نرم‌افزار و خروجی‌های آن بررسی گردیده است.

- مشخصات مرکز دفن طراحی شده

در محاسبه مساحت زمین مورد نیاز جهت دفن، عواملی همچون نرخ تولید زباله، جمعیت تحت پوشش، چگالی مواد فشرده شده در محل دفن و نوسانات آنها در طول زمان، تاثیرگذار هستند.

دوره طرح (فاصله زمانی بین شروع تا پایان بهره‌برداری از مرکز دفن) براساس اسناد بالادستی و سند چشم‌انداز و همچنین ملاحظات و توصیه‌های فنی مربوط به انتخاب محل دفن، عموما در محاسبات ۱۵ تا ۲۵ سال و در شرایط خاص، ۵ سال در نظر گرفته می‌شود (۲۹). با عنایت به وجود فضای خالی حدود ۱۰ هکتاری در قسمت شرقی محل دفن فعلی شهرستان ارومیه (سایت نازلو)، در مطالعه حاضر نسبت به طراحی کلی یک مدفن بهداشتی-مهندسی برای دوره حدود ۳ ساله، جهت بررسی میزان شیرابه تولیدی در این محل اقدام شده است. مساحت موجود می‌بایست زمین مورد نیاز برای مواردی همچون سطوح حائل، خاکریزها، جاده‌های دسترسی و امکانات جانبی نظیر باسکول، انبار

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-21]

تجهیزات و تاسیسات جمع‌آوری یا تصفیه شیرابه را شامل گردد. پیشنهاد شده است که به منظور به‌دست آوردن کل زمین مورد نیاز از ضریب ۱/۲۵ تا ۲ استفاده شود (۶). بنابراین زمین موجود صرفا برای دفن پسماند از ۱۰ ha به حدود ۸ ha کاهش خواهد یافت.

پیش‌بینی جمعیت تحت پوشش در دوره طرح، اولین قدم در محاسبه حجم پسماند تولیدی است. برای این منظور از روش رشد هندسی استفاده گردید (معادله ۷) (۳۰).

$$P_n = P_0(1+r)^n \qquad (۷)$$

که در آن: P_n= جمعیت در سال مورد نظر؛ P_0= جمعیت کنونی؛ r = ضریب رشد سالیانه؛ و n = دوره طرح؛ است. در این مطالعه جمعیت کنونی یا P_0، معادل جمعیت شهری شهرستان ارومیه در سال ۱۳۹۵ فرض گردیده است. ضریب رشد سالیانه براساس افزایش جمعیت مابین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ محاسبه گردید (براساس سالنامه‌های آماری استان آذربایجان غربی). بر این اساس، در زمان شروع بهره‌برداری، جمعیت شهرستان ارومیه ۷۸۰۸۱۰ نفر، سرو ۱۹۸۴ نفر، سیلوانا ۱۶۹۳ نفر، قوشچی ۲۹۵۶ نفر، نوشین شهر ۹۱۹۲ و روستاهای تابعه ۳۰۸۷۶۱ نفر بوده و نرخ رشد نیز برای هرکدام به ترتیب ۱/۹۸، ۳/۳۰، ۱/۱۶، ۱/۹۹، ۳/۱۳ و ۰/۴۵ درصد است (فرض گردید سال شروع بهره‌برداری از مرکز دفن، سال ۱۳۹۸ باشد)، ذکر شده است. بدین ترتیب با در دست داشتن جمعیت تحت پوشش و سرانه تولید زباله می‌توان وزن زائدات تولیدی از ابتدای شروع بهره‌برداری لندفیل تا هر زمان دلخواه را محاسبه نمود. محاسبات پیش‌بینی جمعیت در جدول ۳ آورده شده است.

با توجه به وزن مخصوص اولیه پسماند شهری دفن شده در نواحی هدف، شرایط محلی مرکز دفن و ماشین‌آلات تراکم متداول محلی، موارد زیر قابل ذکر است:

با استفاده از اعداد نمونه‌وار ارائه شده در مرجع (۶) و با در دست داشتن مقادیر وزن هر کدام از ترکیبات در جریان پسماند شهری ارومیه (جداول ۲ و ۴)، وزن مخصوص فشرده شده در لندفیل به‌ترتیب معادل ۶۴۱/۱۷ kg/m^3، ۶۷۱/۴۳ kg/m^3 و ۵۶۰/۴۵ kg/m^3 برای شهر ارومیه، شهرهای اقماری و روستاهای تابعه به‌دست خواهد آمد. با میانگین‌گیری وزن‌دار این ارقام (مطابق با وزن کل زائدات تولیدی)، وزن مخصوص مورد عمل در طراحی لندفیل متمرکز معادل ۶۲۸/۴۲ kg/m^3 به‌دست می‌آید. نبود ماشین آلات سنگین مختص تراکم پسماند در منطقه و تفاوت شیوه‌های بهره‌برداری از مراکز دفن در ایران و آنچه مدنظر مرجع (۶) بوده است؛ همچنین در جهت ضریب اطمینان، استفاده از وزن مخصوص ۵۰۰ kg/m^3 برای ادامه محاسبات را منطقی می‌نماید.

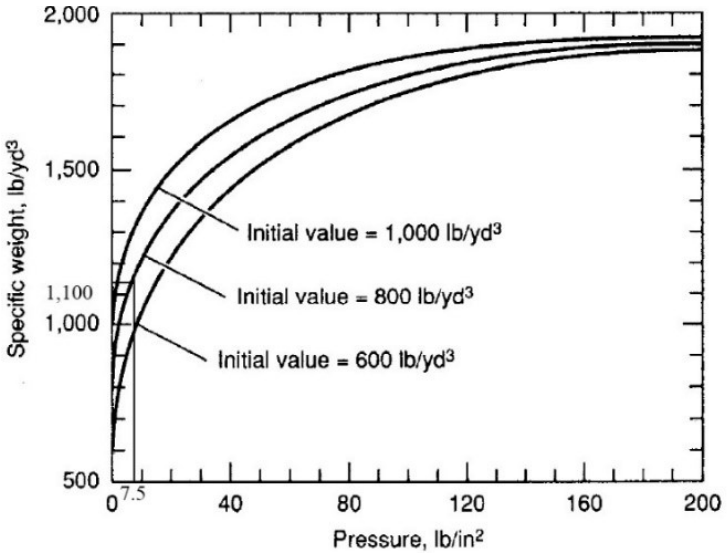
جدول ۳- پیش‌بینی جمعیت در دوره طرح

منطقه	نرخ رشد جمعیت (٪)	برآورد جمعیت در سال (نفر)				
		۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲
ارومیه	۱/۹۸	۷۸۰۸۱۰	۷۹۶۲۶۵	۸۱۲۰۲۵	۸۲۸۰۹۷	۸۴۴۴۸۷
روستاهای تابعه	۰/۴۵	۳۰۸۷۶۱	۳۱۰۱۴۸	۳۱۱۴۹۱	۳۱۲۷۸۷	۳۱۴۰۳۳
سرو	۳/۳۰	۱۹۸۴	۲۰۵۰	۲۱۱۸	۲۱۸۸	۲۲۶۰
سیلوانا	۱/۱۶	۱۶۹۳	۱۷۲۱	۱۷۴۸	۱۷۷۶	۱۸۰۵
قوشچی	۱/۹۹	۲۹۵۶	۳۰۱۵	۳۰۷۵	۳۱۳۶	۳۱۹۸
نوشین شهر	۳/۱۳	۹۱۹۲	۹۴۸۰	۹۷۷۶	۱۰۰۸۳	۱۰۳۹۸

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-21]

با در نظر داشتن شرایط طراحی و عمق متوسط دفن (در اینجا حدود ۱۰ m یا نصف فاصله کف لایه اول زباله تا بالای لایه آخر پوشش نهایی)، فشار سربار وارده از طرف لایه ۱۰ m فوقانی از ۷/۵ lb/in^2 (lb: پوند جرمی است) تجاوز نخواهد کرد (توضیح: فرض کنید مکعبی به مساحت قاعده ۱ m^2 و ارتفاع ۱۰ m حاوی پسماند با چگالی فشرده شده ۰/۵ tonne/m^3 (tonne: تن متریک معادل ۱۰۰۰ کیلوگرم است) وجود داشته باشد. وزن توده معادل ۵ tonne بوده و فشار سربار در قاعده مکعب معادل ۵ tonne/m^2 یا ۷/۱۱ lbf/in^2 (lbf: پوند نیرو است) خواهد بود). در نتیجه انتظار می‌رود وزن مخصوص پسماند در لایه‌های زیرین تحت فشار سربار افزایش یافته و تا حدود ۱۱۰۰ lb/yd^3 یا معادل ۶۵۰ kg/m^3 افزایش یابد (نمودار ۱). لازم بذکر است، در اینجا دلیل انتخاب ۱۰ m به‌عنوان مبنای محاسبه فشار سربار، ارتفاع کلی لندفیل قابل اجرا از نظر ملاحظات پایداری ژئوتکنیکی بوده است.

براساس محاسبات فوق می‌توان گفت نشست توده پسماند باعث کاهش حجم و در پی آن کاهش ارتفاع ۲۰ تا ۲۵ درصدی پسماند در لایه‌های زیرین خواهد شد. در توضیح لازم به ذکر است پس از تجزیه ترکیبات آلی، حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد وزن اولیه پسماند از دست می‌رود. کاهش وزن موجب کاهش حجم پسماند شده و بر اثر بروز این پدیده، حجمی اضافی در مرکز دفن برای پذیرش پسماند بیشتر آزاد می‌گردد (تاثیر تجزیه). همچنین وزن مخصوص پسماند در مراکز دفن با افزایش وزن و ارتفاع توده فوقانی افزایش می‌یابد. بنابراین وزن مخصوص متوسط به ارتفاع توده پسماند بستگی دارد (تاثیر توده سربار). حداکثر وزن مخصوص پسماند را می‌توان به صورت تابعی از فشار سربار تعریف کرد (نمودار ۱). مکانیزم‌های رفتاری نشست شامل (۱) تراکم فیزیکی: در اثر اعوجاج مکانیکی، خمیدگی، خردشدگی و جهت‌گیری دوباره پسماند؛ (۲) نشست جای‌گرفتگی (Raveling Settlement): در اثر حرکت اجزای ریز به درون فضاهای خالی مابین اجزای درشت‌تر؛ (۳) تحکیم و رفتار ویسکوز: پدیده‌ای دربرگیرنده ساختار پسماند و اجزای مجزا؛ (۴) نشست حاصل از تجزیه: در اثر تجزیه بیولوژیکی مواد آلی؛ و (۵) فروپاشی ترکیبات: در اثر تغییر فیزیکی-شیمیایی مانند خوردگی، اکسیداسیون و تجزیه مواد معدنی هستند (۳۱).



نمودار ۱- وزن مخصوص به‌صورت تابعی از وزن مخصوص اولیه پسماند و فشار سربار توده فوقانی

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-21]

براساس محاسبات انجام شده، پسماند تولیدی روزانه شهرستان ارومیه (حدود ۹۰۵ تن متوسط تولید روزانه در دوره ۳ سال و ۲ ماهه طرح)، حجمی معادل m^3 ۱۳۹۲/۳۱ را در مرکز دفن پس از تحکیم اشغال خواهد نمود. جهت طراحی مقطع لندفیل، با توجه به وضعیت زمین موجود، اندازه‌ها بر روی زمین انتخاب گردیده (شکل ۱) و همچنین با عنایت به شرایط منطقه از نظر ایجاد آلودگی بصری و پایداری ژئوتکنیکی، ارتفاع m ۲۴ برای آن (از کف پوشش زیرین تا روی پوشش نهایی) در نظر گرفته شد. بدین ترتیب حجم لندفیل طراحی شده m^3 ۱۶۰۶۲۵۴ خواهد بود و کفایت پذیرش ۳ سال و ۲ ماه (۱۱۵۴ روز) زائدات منطقه طرح را خواهند داشت.

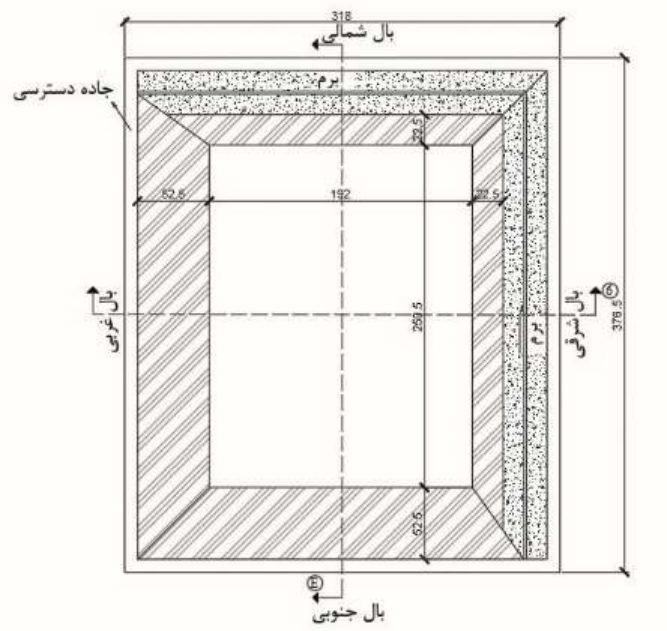
در مقاله حاضر به منظور تحلیل پایداری لندفیل از بسته نرم‌افزاری GeoStudio،۲۰۱۸ استفاده گردید (۳۲). بدین منظور ابتدا خاک محلی مورد بررسی قرار گرفت و مشخصات آن به همراه سایر مصالح مورد نیاز در طراحی و اجرای مرکز دفن، در جدول ۴ آورده شده است (۲۷). همواره در طراحی لندفیل میزان پایداری و نشست آن از اهمیت بالایی برخوردار است. از این‌رو در این قسمت، پایداری ترانشه‌های دوطرف خاکبرداری (بال‌های جنوبی و غربی) و برم موجود (در هنگام بهره‌برداری از مرکز دفن، جهت حفظ پایداری سازه‌ای شیب ایجاد شده توسط توده پسماند در جبهه‌ای که به دیواره طبیعی تکیه ندارد، از خاکریز متراکم پله‌ای شکل به نام برم استفاده می‌شود) در بال‌های شمالی و شرقی؛ همچنین میزان نشست در اطراف لوله اصلی جمع‌آوری شیرابه، مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است در تمامی حالات برای حصول دقت بیشتر، از روش مورگنسترن-پرایس و حالت Entry and Exit به منظور به‌دست آوردن ضریب اطمینان پایداری استفاده شده است. همچنین جهت اطمینان از پایداری دراز مدت، با در نظر گرفتن منابع مختلف عدم اطمینان که در برآورد پارامترهای ژئوتکنیکی وجود دارد، فاکتور اطمینان قابل قبول در محدوده ۱/۵ تا ۳ در نظر گرفته شده است. فاکتور اطمینان بصورت نسبت مقاومت برشی موجود (S) به نیروی برشی مورد نیاز برای تعادل (τ)، تعریف می‌شود.

فاکتور اطمینان برای لغزش شیب خارجی برم (۳۳ درصد)، قبل از بارگذاری ۲/۵ و پس از بارگذاری (یعنی پس از تکمیل مرکز دفن) معادل ۲/۴ به‌دست آمد که قابل قبول است. برای بررسی شرایط لغزش شیب داخلی برم (۵۰ درصد)، با توجه به اینکه حضور لاینر با مصالح دارای مقاومت بیشتر، باعث پایداری بیشتر برم می‌گردد، لذا حالت بحرانی‌تر (یعنی بدون وجود لاینر و پیش از بارگذاری) ملاک عمل قرار گرفت. مقدار فاکتور اطمینان در این حالت برابر با ۲/۴ به‌دست آمد. نتایج بررسی لغزش در شیروانی خاکبرداری‌ها تا شیب ۱ به ۳، حاکی از پایدار بودن آنها در حالت بحرانی است.

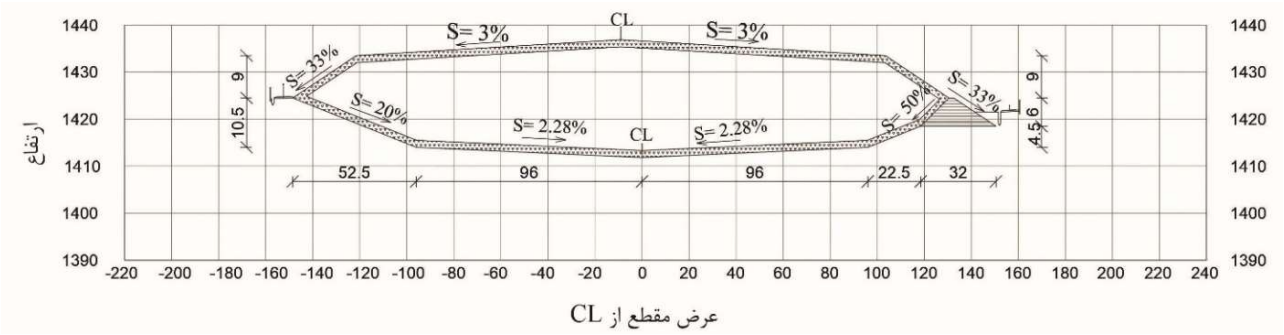
جدول ۴- مشخصات مصالح موجود در منطقه و بکار برده شده در تحلیل‌ها

مشخصات مصالح	چسبندگی (kPa)	زاویه اصطکاک داخلی	وزن مخصوص (kN/m^3)	مدول الاستیسیته (kPa)	نفوذپذیری (m/s)
خاک محلی	۵/۵	۲۷	۱۷/۶	۸۰۰۰	$۱/۹ \times ۱۰^{-۴}$
رس (پتوی رسی)	۳۵	۵	۱۸/۵	۱۰۰۰۰	$۱/۰ \times ۱۰^{-۷}$
ماسه	۳	۲۵	۱۸	۵۰۰۰۰	$۱/۰ \times ۱۰^{-۴}$
لایه شنی (زهکش)	۵	۴۵	۱۹	۱۰۰۰۰۰	$۲/۰ \times ۱۰^{-۳}$
زباله	۱۵ تا ۲۰	۲۰-۳۵	۴/۵ تا ۵/۵	۴۰۰	$۲/۵ \times ۱۰^{-۲}$
سنگ بستر	۱۰۰	۳۰	۲۰	۵۰۰۰۰۰۰	$۶/۰ \times ۱۰^{-۷}$

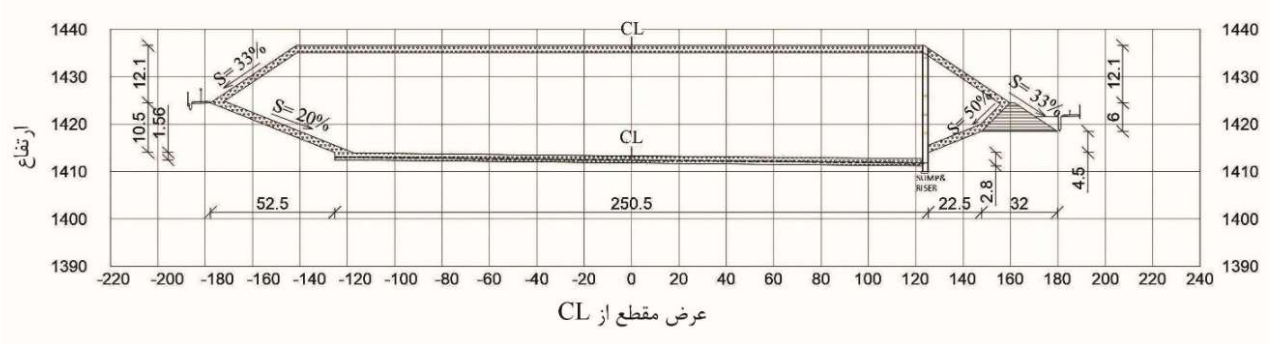
[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-21]



(الف)



(ب)



(ج)

شـــکل ۱- الف) پلان مرکز دفن طراحی شـــده، ب) نیم‌رخ عرضی مرکز دفن در مقطع ۶، ج) نیم‌رخ طولی مرکز دفن در مقطع E (توجه: اعداد برحســـب m هستند)

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-21]

در بررسی پایداری زباله دفن شده در شیب ۳۳ درصد فوقانی و ضریب ایمنی لغزش مربوط، نرم‌افزار GeoStudio اجرا گردید و برای شیب ۱ به ۳ زباله دفن شده و ارتفاع ماکزیمم ۲۴ m، همچنین سست‌ترین حالت مصالح زباله، ضریب ایمنی معادل ۲/۶ برای ترانشه چپ و ۲/۷ برای ترانشه راست، به‌دست آمد که در حدود قابل قبول هستند. از آنجا که بحرانی‌ترین حالت کشش لایه ژئوممبران در کف مرکز دفن، در زیر لوله اصلی جمع‌آوری شیرابه اتفاق می‌افتد، لذا نمودار نشست در اطراف لوله مذکور در نمودار ۲ ترسیم شده است. ماکزیمم مقدار نشست لایه رسی برابر با ۱۲/۳ mm بوده که با توجه به نمودار تنش کرنش ژئوممبران، هیچگونه گسیختگی در طول ژئوممبران رخ نخواهد داد.

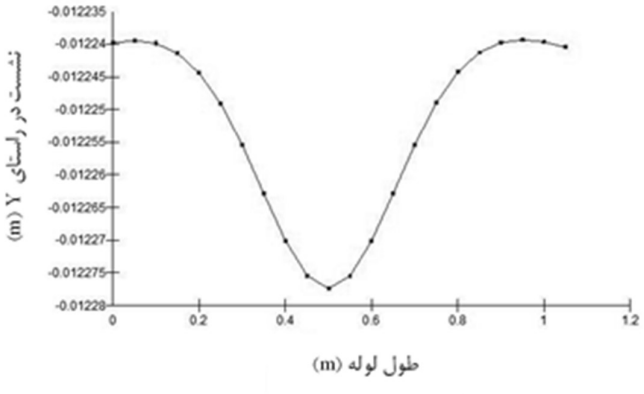
در نهایت، مشخصات لایه‌های مرکز دفن طراحی شده در شکل ۲ قابل مشاهده است. این لایه‌بندی جهت تعیین کمیت شیرابه تولیدی، به نرم‌افزار HELP تعریف شده است. لازم به ذکر است در مرحله بهره‌برداری، ضخامت هر لیفت (لایه زباله به همراه خاک پوششی آن)، براساس وزن پسماند ورودی روزانه، عرض مناسب جبهه کاری و ارتفاع موثر عملکرد ماشین آلات تراکم، تعیین خواهد شد. در نمودار ۳ با توجه به محدودیت تعریف حداکثر ۲۰ لایه در نرم‌افزار HELP، ضخامت لیفت‌ها انتخاب شده است.

یافته‌ها

- خروجی‌های نرم‌افزار HELP و بررسی سناریوها

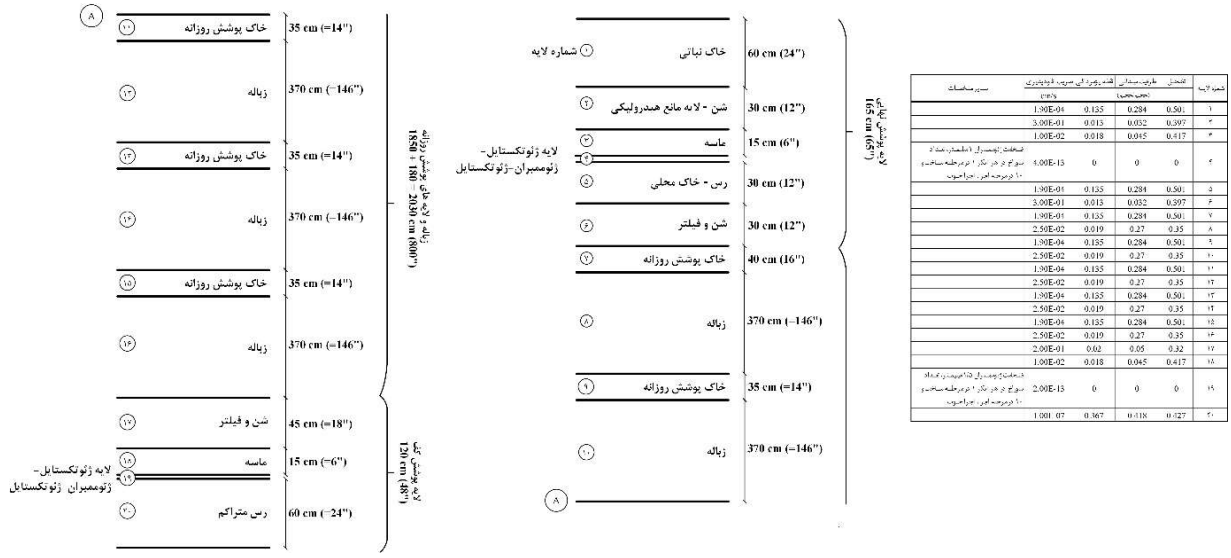
با اجرای نرم‌افزار HELP برای داده‌های هواشناسی ۳۰ ساله شهرستان ارومیه و داده‌های طراحی (شکل ۲)، نتایج حاصل در جدول ۵ آورده شده است.

به منظور بررسی سناریوی یک، با استفاده از خروجی نرم‌افزار HELP، نمودار بارش سالانه در مقابل شیرابه نفوذ یافته به زیر مرکز دفن در هر سال، رسم گردید (نمودار ۳-الف). براساس نمودار ۳-الف، میان بارش و شیرابه نفوذ یافته به زیر مرکز دفن در بعضی از سال‌ها رابطه مستقیم وجود دارد (به عنوان نمونه طی سال‌های ۵ تا ۷ و ۸ تا ۱۴)، اما در برخی از موارد نظیر مابین سال‌های ۱۵ و ۱۶، باوجود کاهش میزان بارش، شیرابه‌زایی روند صعودی داشته و افزایش چشمگیری پیدا کرده است. با توجه به طراحی شکل ۲، مرکز دفن متشکل از ۲۰ لایه است در واقع بارش ورودی به مدفن در ابتدا توسط لایه‌های آن جذب می‌گردد و در صورت اشباع رطوبتی لایه‌ها، بارش ورودی به‌صورت شیرابه به خاک زیرین نفوذ می‌نماید به همین جهت نمی‌توان انتظار داشت بارش در کوتاه مدت بر شیرابه‌زایی تاثیر داشته باشد. برای بررسی بهتر این موضوع، اطلاعات مربوط به سال ۱۵ به صورت ماهانه استخراج گردید و نمودار مربوط به آن مطابق نمودار ۳-ب رسم شد.



نمودار ۲- نشست لایه رسی در زیر لوله جمع آوری شیرابه

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-21]



شماره لایه	بافت	ضخامت (cm)	هدایت هیدرولیکی اشباع (cm/sec)	تخلخل حجمی	ظرفیت میدانی حجمی	نقطه پژمردگی حجمی
۱	ماسه	60	1.90E-01	0.417	0.045	0.018
۲	ژئوممبران HDPE	0.15	2.00E-13	0	0	0
۳	ماسه	30	1.90E-01	0.417	0.045	0.018
۴	ماسه	15	1.90E-01	0.417	0.045	0.018
۵	ماسه	30	1.90E-01	0.417	0.045	0.018
۶	ماسه	30	1.90E-01	0.417	0.045	0.018
۷	خاک لوم شنی	40	3.00E-01	0.437	0.157	0.067
۸	زباله	370	1.00E-01	0.671	0.283	0.133
۹	ژئوتکستایل	0.1	2.00E-01	0.5	0.45	0.4
۱۰	خاک لوم شنی	35	3.00E-01	0.437	0.157	0.067
۱۱	زباله	370	1.00E-01	0.671	0.283	0.133
۱۲	خاک لوم شنی	35	3.00E-01	0.437	0.157	0.067
۱۳	زباله	370	1.00E-01	0.671	0.283	0.133
۱۴	شن	45	1.90E-01	0.417	0.045	0.018
۱۵	ماسه	15	1.90E-01	0.417	0.045	0.018
۱۶	ژئوتکستایل	0.1	2.00E-01	0.5	0.45	0.4
۱۷	ژئوممبران HDPE	0.15	2.00E-13	0	0	0
۱۸	ژئوتکستایل	0.1	2.00E-01	0.5	0.45	0.4
۱۹	رس متراکم	60	1.00E-07	0.427	0.118	0.367

شـکل ۲- اطلاعات طراحی سناریوی پایه ورودی نرم‌افزار HELP

جدول ۵- خروجی نرم‌افزار HELP (متوسـط ۳۰ ساله)

پارامتر	ارتفاع (mm/year)	حجم (m^3/year)
بارش	۳۰۱/۵۰	۲۰۱۸۱/۹۱
رواناب	۱۴/۹۹	۱۰۰۹/۵۰
تبخیر و تعرق	۲۳۲/۴۱	۱۵۵۲/۱۴
زهکشی جانبی از لایه ۳	۳۲/۵۱	۲۱۷۵/۱۴
نفوذ/شیرابه از میان لایه ۴	۲۳/۱۱	۱۵۴۶/۷۲
زهکشی جانبی از لایه ۱۸	۲۲/۸۶	۱۵۳۷/۱۴
نفوذ/شیرابه از میان لایه ۲۰	ناچیز	۲/۹۷

در سـناریوی دو، ابتـدا بـا در نظـر گرفتـن میـزان نفوذپذیری و فـرض زمیـن بـدون پوشـش گیاهـی، بـرای CN عـدد ۸۰ انتخـاب شـد. در ادامـه، بـا تغییـر نـوع پوشـش گیاهـی عـدد CN متناسـب بـا آن در نظـر گرفتـه شـد (۲۵). ایـن پارامتـر چـون مسـتقیما بـه نـوع پوشـش گیاهـی و میـزان نفوذپذیری خـاک محـل وابسـته اسـت می‌توانـد به‌عنـوان یـک معیـار مناسـب در زمـان مکان‌یابـی مرکـز دفـن مطـرح باشـد. آنالیز حساسـیت بـرای ایـن پارامتر انجـام گردید که نتایـج آن طبق نمودار ۳-ج آورده شـده اسـت.

در تحلیـل سـناریوی سـه، ابتدا لایـه ژئوممبران واقـع در لایه ۴ (نمـودار ۳) حـذف گردیـد و پـس از اجـرای نرم‌افـزار HELP، میـزان شـیرابه خروجـی از کـف لندفیـل ۰/۰۰۹۱ ft^3/tonne اندازه‌گیـری شـد کـه نسـبت بـه حالـت اولیـه (درحضـور لایـه ژئوممبـران) معـادل ۰/۰۰۵۱ ft^3/tonne، بـا رشـد ۷۸/۴۶ درصدی مواجـه گردیـده اسـت. ایـن موضـوع نشـان می‌دهـد کـه حذف لایـه ژئوممبران از پوشـش نهایی به دلیـل ملاحظات اقتصادی منطقـی نیسـت چـون عـلاوه بـر مشـکلات زیسـت‌محیطی، سـبب افزایـش میزان شـیرابه زهکشـی شـده نیز می‌گـردد در

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-21]

این صورت باید ضمن افزایش اقطار لوله‌های جمع‌آوری، تاسیسات تصفیه شیرابه نیز متناسب با حجم شیرابه تولیدی افزایش یابد. سپس برای رفع مشکل افزایش مقدار شیرابه، به جای لایه ژئوممبران، لایه خاک رس متراکم با نفوذپذیری 1×10^{-7} cm/s با ضخامت‌های مختلف جایگزین گردید. نتایج در نمودار ۳-د آورده شده است.

جهت بررسی سناریوی چهارم، پس از تجمیع تمام لایه‌های زباله و خاک پوششی با حفظ مشخصات طراحی از قبیل ارتفاع کلی لندفیل در حالت پایه (نمودار ۳) تعداد لایه‌های لندفیل از ۲۰ به ۱۲ لایه کاهش یافت (توضیح: در شکل ۲ لایه‌های شماره ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۶ –مربوط به پسماند- با یکدیگر تلفیق شده و تحت شماره ۸ به نرم‌افزار تعریف گردید، لایه‌های شماره ۷، ۹، ۱۱، ۱۳ و ۱۵ –مربوط به خاک پوشش روزانه- پس از تلفیق تحت شماره ۷ به نرم‌افزار تعریف گردید و نهایتا لایه‌های ۱۷ تا ۲۰ شکل ۲ تحت شماره‌های جدید ۹ تا ۱۲ معرفی شدند). پس از اجرای دوباره نرم افزار در این حالت معلوم گردید شیرابه خروجی از کف لندفیل ۱۰۴/۹۳۰ ft^3/year خواهد بود که با حالت پایه که ۱۰۴/۹۳۲ ft^3/year است، تفاوت چندانی ندارد. این موضوع سبب تسهیل روند اجرای نرم‌افزار برای طراحان می‌گردد چون در طراحی مراکز دفن ممکن است لایه‌بندی بیش از ۲۰ لایه باشد که با توجه به محدویت نرم‌افزار HELP، در این صورت امکان مدلسازی وجود ندارد.

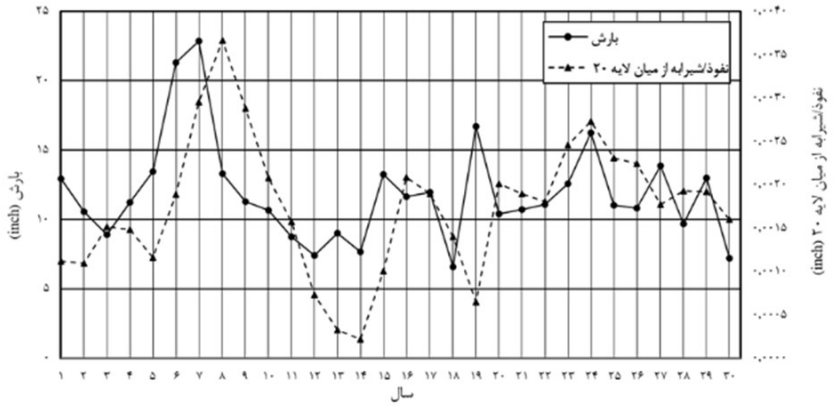
بحث

با توجه به جدول ۱، می‌توان نتیجه گرفت مشخصات هیدرولوژیکی منطقه یکی از عوامل تاثیرگذار در میزان تولید شیرابه در مراکز دفن هست (مشارکت بارش در تولید شیرابه در مطالعات پیشین از ۱۴ تا ۵۵ درصد گزارش شده است) و در هر منطقه‌ای که بارش بیشتری وجود داشته، کمیت شیرابه تولیدی بیشتر بوده است. در صورتی‌که بارش در مناطق یکسان باشد، سایر شرایط هیدرولوژیکی و طراحی سبب تفاوت میزان شیرابه‌زایی می‌گردند. در مقایسه با مطالعات جدول ۱، میزان بارش شهرستان ارومیه تقریبا با آتیکا و غزه مشابه بوده با این حال میزان شیرابه‌زایی ارومیه از هر دو کمتر است. این موضوع می‌تواند ناشی از دو دلیل باشد، دلیل اول، وجود لایه ژئوممبران در پوشش نهایی مرکز دفن طراحی شده شهرستان ارومیه است که از نفوذ بارش به داخل لندفیل جلوگیری می‌کند. دلیل دوم، میزان زیاد تبخیر و تعرق در منطقه ارومیه نسبت به دو منطقه دیگر است. میزان تبخیر و تعرق در غزه ۵۷/۸۸ درصد و در آتیکا ۵۵/۶۰ درصد هست که سبب نفوذ بیشتر بارش به داخل لندفیل و همچنین افزایش شیرابه‌زایی شده است. در سناریوی اول، مطابق با نمودار ۳-ب، با وجود اینکه در طی ماه‌های ۷ الی ۹ سال شماره ۱۵، بارش صفر بوده است، لیکن شیرابه‌زایی وجود دارد که این مطلب با یافته‌های محققان دیگر در خصوص وجود رابطه مستقیم بین بارش و تولید شیرابه در تضاد است (۱۵). از این رو جهت بررسی بهتر موضوع، رابطه موازنه بین میزان بارش نشت کرده به داخل لندفیل و میزان شیرابه خروجی از کف آن از ابتدای سال مذکور تا انتهای ماه ششم نوشته شد. براساس محاسبات معلوم گردید بخشی از میزان بارش نشت یافته در داخل لندفیل باقیمانده و از آن خارج نشده است. لذا می‌توان نتیجه گرفت میزان شیرابه تولیدی علاوه بر بارش، از محتوای رطوبت داخل لندفیل که از مدت‌ها قبل در آن نفوذ کرده و هنوز خارج نشده است، تاثیر می‌پذیرد. به همین دلیل بین میزان بارش و شیرابه‌زایی به تنهایی رابطه خاصی دیده نمی‌شود (نمودار ۳-الف).

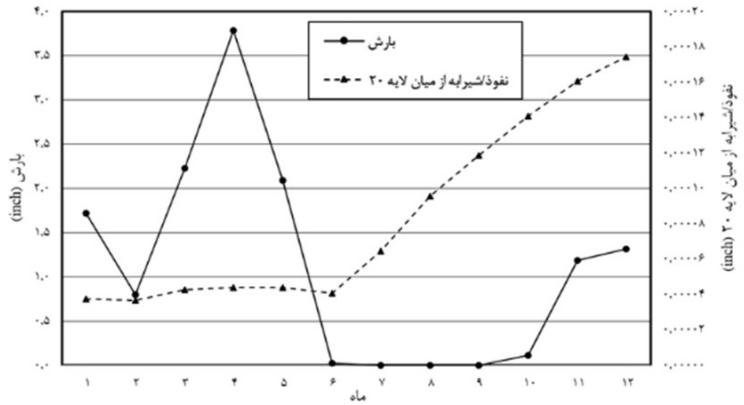
در بررسی سناریوی دوم همانگونه که در نمودار ۳-ج ملاحظه می‌گردد، میزان شیرابه‌زایی با عدد منحنی روناب رابطه معکوس دارد و با تغییر آن از ۷۰ تا ۹۰، میزان شیرابه با تغییری در حدود ۲۳ درصد همراه خواهد شد. لذا نوع پوشش گیاهی منطقه با تاثیری که بر CN می‌گذارد، اهمیت بسزایی در میزان تولید شیرابه خواهد داشت.

در تحلیل سناریوی سوم می‌توان گفت با توجه به نمودار

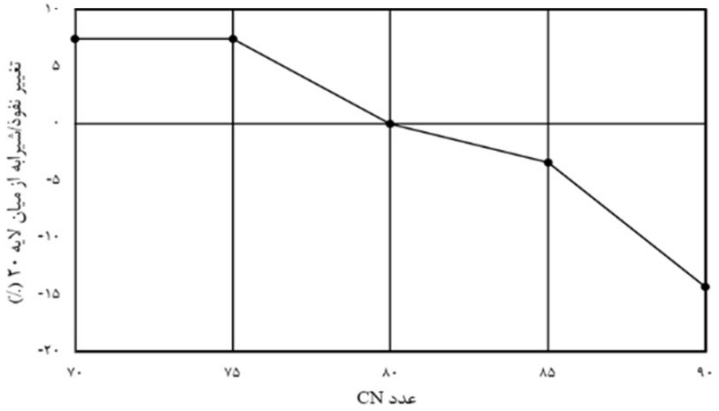
[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-21]



(الف)



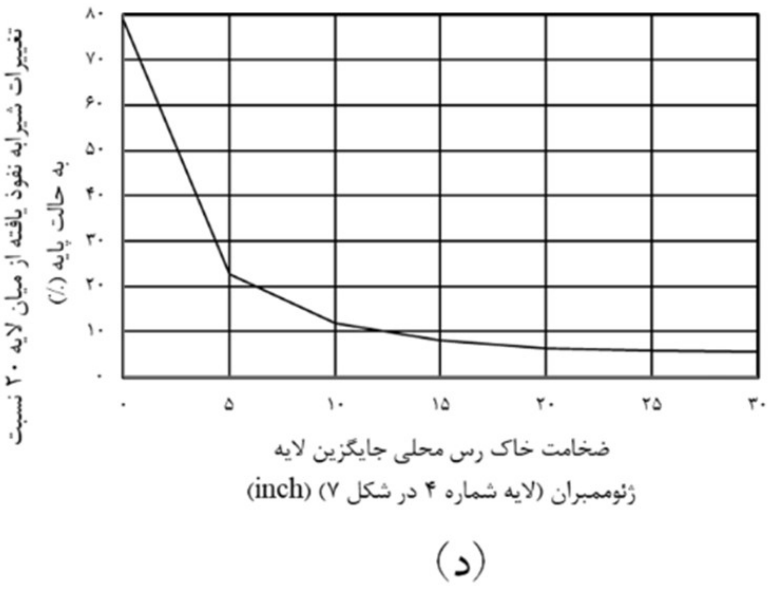
(ب)



(ج)

نمودار ۳- الف) رابطه میان بارش و میزان شـیرابه نشـت یافته از کف لندفیل، ب) رابطه میان بارش و میزان شـیرابه نشت یافته از کف لندفیل در سـال ۱۵، ج) رابطه میزان شـیرابه نفوذ یافته از میان لایه ۲۰ با تغییر عدد منحنی رواناب (نسـبت به CN=۸۰) د) میزان شیرابه نفوذ یافته از میان لایه ۲۰ نسـبت به ضخامت خاک رس محلی جایگزین

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-21]



ادامه نمودار ۳- الف) رابطه میان بارش و میزان شیرابه نشت یافته از کف لندفیل، ب) رابطه میان بارش و میزان شیرابه نشت یافته از کف لندفیل در سال ۱۵، ج) رابطه میزان شیرابه نفوذ یافته از میان لایه ۲۰ با تغییر عدد منحنی رواناب (نسبت به CN=۸۰) د) میزان شیرابه نفوذ یافته از میان لایه ۲۰ نسبت به ضخامت خاک رس محلی جایگزین

۳-د، حضور لایه‌ای با مشخصات مشابه با ژئوممبران برای کنترل میزان نفوذ بارش ضروری به نظر می‌رسد لذا پس از اجرای دوباره نرم‌افزار HELP می‌توان گفت در حالت بهینه با جایگزین نمودن حدود ۷۶ cm از خاک رس متراکم بجای لایه ژئوممبران، شیرابه‌زایی به میزان ۵/۴۶ درصد از حالت پایه بیشتر خواهد بود. از طرف دیگر، اجرای چنین لایه‌ای (رس متراکم شده) در بخش فوقانی مرکز دفن بدلیل ارتجاعی بودن بستر، از نظر اجرایی مشکلاتی را به همراه خواهد داشت. نتایج جایگزینی خاک محلی بدون تراکم (با مشخصات مذکور در جدول ۴) به جای لایه ژئوممبران در لایه ۴، حاکی از آن بود که حتی در ضخامت‌های تا ۱/۷ m، افزایش شیرابه نفوذ یافته به زیر مرکز دفن نسبت به تن پسماند دفن شده، را به همراه خواهد داشت.

ذکر این نکته ضروری است که در این حالت حجم مفید لندفیل برای پذیرش پسماند کاهش یافته (حدود m^3 ۱۰۰۰۰۰) و شیرابه تولیدی نیز بیشتر از حالت مبنا (حضور لایه ژئوممبران) به دست می‌آید. به منظور مقایسه نتایج، مقدار شیرابه خروجی از لایه ۲۰ به ازای تن پسماند دفن شده در دو حالت (با حضور ژئوممبران و جایگزینی خاک رس در ضخامت‌های مختلف)، محاسبه گردیده است.

براساس نتایج، جهت تامین شرایط بهینه از نظر کاهش کمیت شیرابه تولیدی باید جوانب مختلف داده‌های هواشناسی، خاک و طراحی در نظر گرفته شود. ابتدا می‌بایست در مرحله مکان‌یابی تمامی معیارهای طرح در نظر گرفته شود بدین جهت، طبق نتایج سناریوی دوم عدد منحنی رواناب که ناشی از نوع پوشش گیاهی منطقه و نفوذپذیری خاک محل است باید به عنوان یکی از معیارهای با وزن بالا در نظر گرفته شود. در مرحله طراحی، استفاده از لایه ژئوممبران در پوشش نهایی اجتناب ناپذیر است چون تاثیر به سزایی در کاهش میزان شیرابه‌زایی و در صورت حذف آن به دلیل ملاحظات اقتصادی باید جایگزین مناسب نظیر خاک رس متراکم در نظر گرفته شود. همچنین در مرحله مدلسازی کمیت شیرابه، با توجه به اهمیت مقدار بارش، بایستی نسبت به صحت

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-21]

داده‌های ورودی بررسی بیشتری انجام داد چرا که در صورت استفاده از داده‌های اشتباه نتایج شبیه‌سازی نیز قابل استناد نخواهد بود.

طبق نتایج خروجی سناریوی چهارم در اثر تجمیع لایه‌های مشابه میزان شیرابه‌زایی ۰/۰۰۲ $ft^3/year$ کاهش خواهد یافت بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که محدودیت نرم‌افزار HELP در تعداد لایه‌ها مشکل خاصی را در تخمین میزان شیرابه تولیدی ایجاد نمی‌کند و می‌توان بدون ایجاد خطای قابل توجه در محاسبه مقدار شیرابه، کلیه لایه‌های پسماند را با همدیگر و تمامی لایه‌های خاک پوشش روزانه را نیز با همدیگر در شبیه‌سازی پروفیل لندفیل، در نرم‌افزار HELP تعریف نمود. بنابراین تجمیع لایه‌ها، راهکار مناسبی جهت تسهیل روند اجرای نرم‌افزار HELP، به منظور شبیه‌سازی شرایط صحیح مرکز دفن طراحی شده است.

نتیجه‌گیری

یکی از ملزومات مدیریت جامع شیرابه در مراکز دفن، تخمین میزان شیرابه تولیدی است. همچنین می‌بایست پارامترهای ورودی در داده‌های هواشناسی، خاک و طراحی بررسی و در جهت کاهش شیرابه بهینه گردند. بارش در بلندمدت، مهمترین پارامتر موثر بر شیرابه‌زایی است که باید داده‌های مربوطه به دقت جمع‌آوری و وارد نرم‌افزار گردند. در بین ویژگی‌های خاک منطقه، با افزایش عدد منحنی رواناب (متاثر از پوشش گیاهی منطقه و نفوذپذیری خاک محل) میزان شیرابه تولیدی کاهش می‌یابد. تبعات ناشی از حذف لایه ژئوممبران پوشش نهایی (به جهت ملاحظات اقتصادی)، در افزایش میزان شیرابه چشمگیر بوده و می‌بایست در صورت حذف، لایه مناسب نظیر خاک رس متراکم، جایگزین گردد. تجمیع لایه‌های مشابه، راهکار مناسبی به منظور مدلسازی بیش از ۲۰ لایه در نرم‌افزار HELP به شمار می‌آید.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه با عنوان "مدلسازی کمی شیرابه تولیدی در مراکز دفن و ارائه راه حل عملی در تصفیه آن- مطالعه موردی: مرکز دفن پسماند شهرستان ارومیه" در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۹ است که با حمایت دانشگاه ارومیه اجرا شده است.

References

1. Agwu M. Issues and challenges of solid waste management practices in Port-Harcourt City, Nigeria-A behavioural perspective. American Journal of Social and Management Sciences. 2012;3(2):83-92.
2. Abdoli M, Tavakoli B, Menhaj M. Hazardous waste management as an approach for conservation of nature and urban environment. Geographical Landscape (Human studies). 2011;15(6):88-101 (in Persian).
3. Qasim SR, Chiang W. Sanitary Landfill Leachate: Generation, Control and Treatment. Boca Raton: CRC Press; 1994.
4. Malakootian M, Jafarzadeh Haghighi fard N, Ahmadian M, Loloei M. Influence of fenton process on treatability of Kerman City solid waste leachate. Iranian Journal of Health and Environment. 2010;3(2):123-34 (in Persian).
5. Mousavi S, Parvaneh M. Evaluating the effect of powdered activated carbon (PAC) on the efficiency of leachate treatment by aerobic sequencing batch reactor (ASBR). Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(2):197-210 (in Persian).
6. Rhyner CR, Schwartz LJ, Wenger RB, Kohrell MG. Waste Management and Resource Recovery. Boca Raton: CRC Press; 1995.
7. Malakootian M, Izanloo H, Messerghany M, Emam-

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-21]

jomeh MM. Electro coagulation efficiency in removal of COD from the Qom landfill leahate. Iranian Journal of Health and Environment. 2012;5(2):201-10 (in Persian).
8. Jemec A, Tišler T, Žgajnar-Gotvajn A. Assessment of landfill leachate toxicity reduction after biological treatment. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 2012;62(2):210-21.
9. Faham M, Akbary Z, Foadi H, Hajibabaei M. Practical software in estimating generated leachate in landfills. Conference of Environmental Planning and Management; 2017; Tehran (in Persian).
10. Schroeder PR, Aziz N, Lloyd C, Zappi P. The hydrologic evaluation of landfill performance (HELP) model: user's guide for version 3. Washington DC: United States Environmental Protection Agency; 1994.
11. Yalcin F, Demirer G. Performance evaluation of landfills with the HELP (hydrologic evaluation of landfill performance) model: Izmit case study. Environmental Geology. 2002;42(7):793-99.
12. Tatsi A, Zouboulis A. A field investigation of the quantity and quality of leachate from a municipal solid waste landfill in a Mediterranean climate (Thessaloniki, Greece). Advances in Environmental Research. 2002;6(3):207-19.
13. Zoqi MJ, Ghavidel A. Prediction of landfill leachate amount using HELP model Case study: Semnan landfill. Iranian Journal of Health and Environment. 2011;4(1):65-76 (in Persian).
14. Alimohammadi P, Shariatmadari N, Abdoli M, Ghiasinejad H, Mansouri A. Analysis of Help Model Application in Smi-Arid Areas, Study on Tehran Test Cells. International Journal of Civil Engineering. 2010;8(2):174-86 (in Persian).
15. Fatta D, Papadopoulos A, Loizidou M. A study on the landfill leachate and its impact on the groundwater quality of the greater area. Environmental Geochemistry and Health. 1999;21(2):175-90.
16. Pantini S, Verginelli I, Lombardi F. A new screening model for leachate production assessment at landfill sites. International Journal of Environmental Science and Technology. 2014;11(6):3-16.
17. Alslaibi TM, Abustan I, Mogheir YK, Afifi S. Quantification of leachate discharged to groundwater using the water balance method and the Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) model. Waste Management & Research. 2013;31(1):50-59.
18. Nakhaei M, Amiri V, Rezaei K, Moosaei F. An investigation of the potential environmental contamination from the leachate of the Rasht waste disposal site in Iran. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 2015;74(1):233-46.
19. Abunama T, Othman F, Alslaibi T, Abualqumboz M. Quantifying the Generated and Percolated Leachate through a Landfill's Lining System in Gaza Strip, Palestine. Polish Journal of Environmental Studies. 2017;26(6):55-61.
20. Frikha Y, Fellner J, Zairi M. Leachate generation from landfill in a semi-arid climate: A qualitative and quantitative study from Sousse, Tunisia. Waste Management & Research. 2017;35(9):940-48.
21. Chabuk A, Al-Ansari N, Ezz-Aldeen M, Laue J, Pusch R, Hussain HM, et al. Two scenarios for landfills design in special conditions using the HELP model: A case study in Babylon Governorate, Iraq. Sustainability. 2018;10(1):125.
22. USEPA. Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) Model 2017. Washington DC: United States Environmental Protection Agency; 2017 [cited 2019 Dec 18]. Available from: https://www.epa.gov/land-research/hydrologic-evaluation-landfill-performance-help-model.
23. Berger KU. On the current state of the Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) model. Waste Management. 2015;38:201-209.
24. Iran Meteorological Organization. Iran Meteorological Organization Portal. Tehran: Iran Meteorological Organization; 2019 [cited 2019 Dec 18]. Available from: http://www.irimo.ir/.
25. Alizadeh A. Principles of Applied Hydrology. Mashhad: Imam Reza; 2012 (in Persian).
26. Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome: Food and Agriculture Organization; 1998.
27. Urmia University. Research Project develop an applicable scenario for the production of municipal waste management in the cities of Serow, Silvana,

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-21]

Ghoshchi and Noushin Shahr and to provide a suitable model for the management of waste produced in the dependent villages. Urmia: Urmia University; 2017.
28. Shroff VS. An investigation of leachate production from MSW landfills in semi-arid climates [dissertation]. University of Calgary: Calgary; 1999.
29. Iran's Municipalities and Village Administrators. User guide for construction and management of sanitary landfills for municipal waste. Tehran: Iran's Municipalities and Village Administrators; 2015 (in Persian).
30. Statistical Center of Iran. Portal of Statistical Center of Iran. Tehran: Statistical Center of Iran; 2019. Available from: https://www.amar.org.ir/ (in Persian).
31. O'leary P, Tchobanoglous G, Kreith F. Handbook of Solid Waste Management. New York: McGraw-Hill; 2002.
32. Geo-Slope. GeoStudio 2018. Canada: Geo-Slope; 2019. Available from: https://www.geoslope.com/products/geostudio.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-21]

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

Original Article

Modeling the effects of hydrological characteristics and design of municipal waste landfill on the leachate rate: a case study of Urmia city

Milad Ghaffariraad, Mehdi Ghanbarzadeh Lak*
Department of Civil Engineering, School of Engineering, Urmia University, Urmia, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 30 June 2020
Revised: 16 September 2020
Accepted: 20 September 2020
Published: 21 September 2020

Keywords: Landfill, Municipal waste, Leachate, Modeling, Hydrological characteristics

***Corresponding Author:**
m.ghanbarzadehlak@urmia.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: One of the major challenges facing landfill operation is the pollution caused by leachate infiltration beneath the landfill site. Comprehensive leachate management requires knowledge of production rate and factors affecting it Therefore, in this study, HELP software was used to calculate leachate quantity and analyze input data.

Materials and Methods: After designing a landfill by the existing conditions in Urmia city, the quantity of leachate was calculated using HELP software. Then, in different scenarios, the effects of precipitation, Curve number, and removal of the geomembrane layer on leachate production -were investigated. Finally, the impact of similar layer aggregation on the simulation process was discussed.

Results: According to the results, 7.67% of precipitation is converted to leachate. NO significant correlation was observed between precipitation and leachate production in a short period of time due to the absorption of rain by landfill layers. However, for the long term, as the absorption capacity was reached leachate produced. With increasing the Curve number from 70 to 90, leachate production decreased by 23%. Also, the removal of geomembrane from the final coating increased the amount of leachate by 78.46%. Furthermore, by replacing a 76cm dense clay layer instead of capping geomembrane layer, the same leachate generation rate was observed. Re- running the software after layer aggregation showed a slight difference in leachate estimation compared to the baseline state.

Conclusion: Leachate generation modeling and identifying influential parameters with the aim of HELP software, may be helpful in landfill leachate management prior to its construction.

Please cite this article as: Ghaffariraad M, Ghanbarzadeh Lak M. Modeling the effects of hydrological characteristics and design of municipal waste landfill on the leachate rate: a case study of Urmia city. Iranian Journal of Health and Environment. 2020;13(2):263-82.

Copyright © 2020 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-21]