مجله سلامت و محیط، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره چهارم، شماره اول، بهار ۱۳۹۰، صفحات ۶۵ تا ۷۶

کاربرد مدل HELP در تخمین میزان شیرابه تولیدی در دفنگاه زباله مطالعه موردی: محل دفن سمنان

محمد جواد ذوقی، آریامن قویدل

نویسنده مسئول: رشت، خیابان ملت، ضلع غربی باغ محتشم ، خیابان شهید سیادتی، پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی *mj_zoqi@civilEng.iust.ac.ir*

دریافت: ۸۹/۰۸/۲۴ پذیرش: ۸۹/۱۱/۲۰

چکیده

زمینه و هدف: *به علت وجود پسماندهای جامد شهری تفکیک نشده در دفنگاه زباله، شیرابه دفنگاه زباله، ترکیبات سمی و فلزات سنگین زیادی دارد. بنابراین کنترل و تصفیه این نوع شیرابه ضروری است. جهت طراحی سیستم جمع آوری و تصفیه شیرابه مراکز دفن زباله، برآورد حجم و مشخصات کیفی شیرابه مورد نیاز است. به منظور برآورد حجم شیرابه تولیدی در مراکز دفن زباله از مدل ارزیابی هیدرولوژی مراکز دفن (Hydrologic Evaluation of Landfill Performance) که به اختصار HELP نامیده می شود، استفاده می گردد. برنامه HELP یک مدل هیدرولوژیک دو بعدی است که برای بررسی بیلان آب در دفنگاه زباله، سیستم های پوشش و سایر لایه های موجود در دفنگاه زباله استفاده می‌شود. در این مقاله برای تخمین میزان شیرابه تولیدی در دفنگاه زباله شهرستان سمنان پس از پایان عمر بهره برداری از دفنگاه زباله، از نرم افزار HELP استفاده شده است.*

روش بررسی: *مدل HELP از اطلاعات هواشناسی، مشخصات خاک و پارامترهای طراحی، جهت تخمین میزان شیرابه تولیدی در دفنگاه زباله استفاده می کند. داده های هواسنجی مورد نیاز از ایستگاه سینوپتیک شهر سمنان و مشخصات خاک از آزمایش های مکانیک خاک صورت گرفته در منطقه به دست آمده است. هم چنین پارامترهای طراحی براساس طراحی صورت گرفته در دفنگاه زباله شهرستان سمنان است. این دفنگاه زباله برای پذیرش زباله شهرستان سمنان در ۲۵ سال آینده طراحی شده است.*

یافته ها: *نتایج مطالعه نشان می دهد که بارندگی بیشترین تاثیر را در افزایش تولید شیرابه و تبخیر و تعرق بیشترین تاثیر را در کاهش تولید شیرابه در دفنگاه زباله سمنان دارد. در دفنگاه زباله سمنان ۸۲٪ از بارش سالانه به علت تبخیر و تعرق به دفنگاه زباله وارد نمی شود. با توجه به خروجی مدل HELP ، در دفنگاه زباله سمنان میانگین ارتفاع شیرابه بر روی لایه مانع ۳ میلی متر و حداکثر ارتفاع شیرابه بر روی این لایه ۳۶ میلی متر است.*

نتیجه گیری: *دفنگاه زباله سمنان تحت شرایط حداقل استاندارد طراحی شده و علت ارتفاع کم شیرابه تولیدی، شرایط هواسنجی منطقه است. میزان بارندگی در منطقه احداث دفنگاه زباله کم و تبخیر و تعرق بالاست. علت تبخیر و تعرق بالا در منطقه دما و میزان تابش زیاد در محل احداث دفنگاه زباله سمنان است. تبخیر و تعرق بالا و ایجاد رواناب سطحی در سرپوش دفنگاه زباله سبب می شود، تنها حدود ۱۴/۲٪ از کل بارش در تشکیل شیرابه شرکت می کند.*

واژگان کلیدی: دفنگاه زباله، HELP، سمنان، شیرابه

کارشناس ارشد عمران(محیط زیست)، عضو هیئت علمی، پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-11]

مقدمه

تولید و مدیریت شیرابه در مراکز دفن زباله، به عنوان یکی از مهم ترین مسایل زیست محیطی در مراکز دفن زباله مطرح شده است. مهم ترین اثر زیست محیطی شیرابه مراکز دفن، آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی است (۱). شیرابه مراکز دفن از بارندگی، آب ناشی از ذوب برف و رطوبت موجود در پسماند و تجزیه بیولوژیکی زباله ها به وجود می آید. رطوبت نفوذی به دفنگاه زباله، در پسماند جریان پیدا کرده و به بستر مرکز دفن زباله هدایت می شود. به علت عبور شیرابه از میان پسماند، شیرابه مراکز دفن حاوی ترکیبات آلی و شیمیایی مختلف است.

مقدار شیرابه مراکز دفن به میزان بارندگی در منطقه، وابستگی بالایی دارند (۲). میزان شیرابه تولیدی در نواحی پر باران، بیشتر از نواحی خشک است، چرا که قسمت قابل توجهی از نزولات جوی به داخل مراکز دفن نفوذ می کنند. مشخصات و دبی شیرابه مراکز دفن زباله به عوامل مختلفی وابسته است که سبب تغییرات محسوس در میزان شیرابه تولیدی می شود (۳). این تغییرات در دبی شیرابه مراکز دفن زباله، باعث می گردد مدیریت و تصفیه شیرابه مشکل و نیازمند استفاده از فرایندهای گوناگون باشد.

مراکز دفن زباله، محل نهایی جهت انبار زباله های تجزیه پذیر یا بی استفاده هستند (۴). مثلا در کشور انگلیس، در هر سال حدود ۷۵ میلیون تن زباله در مراکز دفن زباله دفع می شود و در امریکا ۶۷٪ از زباله جامد تولیدی در سال ۱۹۹۱ به مراکز دفن زباله منتقل شده است (۵). محل دفن زباله با استفاده از سرپوش نهایی و پوشش روزانه خاک اصلاح می گردد. آخرین تکنولوژی دفن زباله، دفنگاه های بهداشتی زباله است که با استفاده از قواعد مهندسی زباله از محیط اطراف مجزا می گردد. سیستم محدود سازی زباله، به وسیله کنترل نفوذ رطوبت و انتشار گاز، از محیط زیست حفاظت می کند (۶). دفنگاه زباله به علت تجزیه زباله که سبب تولید و انتشار شیرابه و گاز می شود به طور مداوم محیط زیست و سلامت انسان را مورد خطر قرار می دهد. نفوذ شیرابه سبب آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی و انتشار گاز سبب آلودگی هوا خواهد شد. در صورت عدم طراحی مهندسی، به علت تماس سطوح آلوده با منابع آب های سطحی و زیرزمینی اثرات مخرب زیست محیطی به وجود خواهد آمد (۷).

مهم ترین دلیل تولید شیرابه در مراکز دفن زباله نفوذ نزولات جوی و آب های زیرزمینی به محل دفن زباله است. نرخ تولید شیرابه و بیوگاز در مراکز دفن زباله که در مناطق مرطوب قرار دارند، به ترتیب بین ۱۵۰-۲۰۰L/ton و ۱۰۰-۱۵۰ ton/m^3 است (۸). جهت کاهش اثرات مخرب زیست محیطی مراکز دفن زباله، محل نگه داری زباله باید توسط مرزها و موانع مناسب در قسمت های بالا و پایین دفنگاه زباله از محیط زیست جدا گردد(۹). گاز و شیرابه دفنگاه زباله که برای سلامت انسان و زندگی گیاهی و جانوری خطرناک است، می تواند زمین، منابع آب و اتمسفر را آلوده کند (۱۰).

جهت گسترش مدل های پیش بینی کننده مقدار فاضلاب تولیدی در دفنگاه زباله، مطالعات گسترده ای انجام شده است. ماکسیمم و متوسط شدت جریان شیرابه مراکز دفن با استفاده از روش WBM (Water Balance Method)(۱۱)، یا با استفاده از مدل ارزیابی هیدرولوژی مراکز دفن (Hydrologic Evaluation of Landfill Performance) که به اختصار HELP نامیده می شود، اندازه گیری شده است (۱۲). کاربردی ترین مدل در پیش بینی مقدار شیرابه تولیدی در دفنگاه زباله، مدل HELP است. کارایی این مدل در پیش بینی بلند مدت مقدار شیرابه دفنگاه زباله و مقایسه روش های مختلف دفن اثبات شده است (۱۳). از این مدل جهت تخمین میزان فاضلاب تولیدی در دفنگاه زباله و پتانسیل نفوذ فاضلاب به زیر سطح زمین استفاده شده است (۱۴). جهت بررسی بیلان آب در دفنگاه زباله شهری کویت و دانمارک از مدل HELP استفاده شده است (۱۵و۱۶). کارایی این مدل در پیش بینی میزان شیرابه تولیدی در دفنگاه زباله ای واقع در نپال، اثبات شده است (۱۷). هم چنین جهت ارزیابی میزان تاثیر پوشش

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-11]

نهایی بر فاضلاب تولیدی در دفنگاه زباله از این مدل استفاده شده است(۱۸).

از نرم افزار HELP جهت انجام محاسبه بیلان آب در سیستم سرپوش و لایه های مرزی دفنگاه زباله استفاده می گردد. با استفاده از این مدل میزان رواناب، تبخیر و تعرق زهکش و شیرابه خروجی از دفنگاه زباله با سرعت و دقت بالایی تخمین زده می شود. مدل HELP به داده های هواسنجی از قبیل فصل رویش، متوسط رطوبت نسبی، میانگین دمای ماهانه، بیشترین شاخص مساحت برگ، عمق منطقه تبخیر و عرض جغرافیایی نیاز دارد. مقادیر پیش فرض این پارامترها با توجه به آب و هوای ایالات مختلف آمریکا، در نرم افزار وجود دارد. در مدل HELP مقادیر پیش فرض برای تخلخل، ظرفیت نگه داری، نقطه پژمردگی و ضریب هدایت هیدرولیکی، اشباع خاک‌های مختلف و پسماند وجود دارد. مقادیر پیش فرض انواع خاک برای استفاده در برنامه های کاربردی مناسب است (۱۹). مدل HELP به پارامترهای طراحی دفنگاه زباله از قبیل شیب سطح، بیشترین فاصله زهکش و ضخامت لایه های مختلف، نیاز دارد. نرم افزار با استفاده از این پارامترها اقدام به محاسبه بیلان آب اجزای مختلف دفنگاه زباله کرده و برای سیستم های سرپوش مختلف میزان شیرابه تولیدی در دفنگاه زباله را محاسبه می کند.

در این مقاله جهت تخمین میزان شیرابه تولیدی در دفنگاه زباله سمنان، ارزیابی، میزان تاثیر سرپوش و داده های هواسنجی بر میزان شیرابه تولیدی، از نرم افزار HELP استفاده شده است. دفنگاه زباله سمنان در ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر سمنان واقع شده است. میزان زباله ورودی به دفنگاه زباله حدود ۴۷۸۷۰ تن در سال است. با توجه به داده های ایستگاه سینوپتیک شهرستان سمنان، میانگین سالانه رطوبت نسبی حدود ۴۰٪ و متوسط بارندگی سالانه ۱۳۵ میلی متر است. لذا با توجه به این پارامترها دفنگاه زباله در منطقه خشک قرار دارد. برنامه HELP از داده های مربوط به آب و هوا، خاک و طراحی برای تخمین روزانه، حرکت آب به داخل، در میان و به خارج دفنگاه زباله استفاده می کند. طبق طراحی انجام شده برای دفنگاه زباله سمنان، این دفنگاه دارای مساحت ۳۰ هکتار، ارتفاع دفن ۱۳/۸ متر و شیب سطحی ۱۲٪ است.

مواد و روش ها

رواناب سطحی، تبخیر و تعرق و آب زیرزمینی اجزای بیلان آب هستند که در زهکش جانبی و تولید شیرابه موثرند. کسر مجموع بارندگی روزانه از مجموع نفوذ و تبخیر و تعرق به عنوان رواناب سطحی روزانه تعریف می شود. مدل HELP از روش اصلاح شده پنمان (Penman) جهت محاسبه تبخیر و تعرق استفاده می کند(۸). این روش شامل دو مرحله جذرگیری از زمان است. در مرحله اول، میزان تبخیر خاک برابر است با میزان تقاضای تبخیری که در خاک موجود است. این تقاضا براساس انرژی است و میزان پتانسیل تبخیر و تعرق سطح تبخیر و سایه ناشی از پوشش خاک در آن موثر است. از یک مدل رشد گیاهی جهت محاسبه مجموع سایه تشکیل شده توسط گیاه، در HELP استفاده می شود. مسیر آب زیرسطحی و میزان شیرابه نفوذی به لایه های زیرزمینی به میزان زهکش قائم غیراشباع، نفوذ از لایه مانع اشباع، تراوش از ژئوممبرین و زهکش افقی در لایه های زهکشی بستگی دارد.

داده های آب و هوایی مورد نیاز

داده های تبخیر و تراوش: تبخیر از سطح دفنگاه زباله، سبب کاهش شیرابه تولیدی می گردد. مهم ترین عامل تاثیر گذار بر تبخیر، عمق منطقه تبخیر است (۲۰). عمق منطقه تبخیر، بیشترین عمقی است که ممکن است آب به وسیله تبخیر جدا شود. این مقدار، میزان نفوذ منابع آب را تعیین می کند. بنابراین، بر روی رواناب و تبخیر و تراوش مستقیم اثر می گذارد. در جایی که در سطح گیاه وجود دارد، عمق تبخیری باید حداقل معادل میانگین عمق نفوذ ریشه گیاهان تعیین شود. عمق ریشه گیاهان معمولا اندکی در زیر عمق ریشه گیاه گسترده می شود، چرا که مکش مویینه وجود دارد. انتخاب عمق تبخیر معادل عمق ریشه ممکن است باعث شود میزان تبخیر و تراوش کم

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-11]

تخمین زده شود و تخمین بالایی از زهکش در میان منطقه تبخیر زده شود. یک عمق تبخیر برای سطح سفت باید طوری تعیین شود که تبخیر مستقیم از خاک را در نظر بگیرد. این عمق تابعی از نوع خاک و جریان گرما و بخار در سطح است. عمق کشش مویرگی در سطوح بدون گیاه یا ریشه ممکن است برای شن چند اینچ باشد، در ماسه بین ۲ -۴ اینچ، در سیلت (لای و لجن) ۱۸-۸ اینچ و در رس ۶۰-۱۲ اینچ است (۲۱).

مشخصات خاک منطقه دفن، با استفاده از آزمایش مکانیک خاک به دست آمده است. نتایج آزمایش مکانیک خاک در جدول ۱ نمایش داده شده است. با توجه به نوع خاک این منطقه عمق ناحیه تبخیر بیش از ۲۰ سانتی متر است. عمق بالاترین لایه خاکی (پوشش نهایی) در این دفنگاه زباله برابر ۶۰ سانتی متر است. با توجه به این که عمق ناحیه تبخیر نباید از عمق بالاترین لایه خاکی بیشتر باشد، در دفنگاه زباله سمنان عمق ناحیه تبخیر ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شده است.

جدول۱: نتاج آزمایش مکانیک خاک در منطقه احداث دفنگاه زباله سمنان

درصد رس موجود در خاک		
عمق (m)	گمانه ۱	گمانه ۲
۰-۲	٪۲۱	٪۱۷
۲-۴	٪۱۸	٪۱۶
۴-۶	٪۲۴	٪۲۴
نتایج آزمایش خمیری ـ روانی		
۰-۲	LL=۳۲ PI=۱۳	LL=۳۳ PI=۱۴
۲-۴	LL=۳۰ PI=۱۲	LL=۳۱ PI=۱۳
۴-۶	LL=۳۴ PI=۱۵	LL=۳۷ PI=۱۷

PI: شاخص خمیری (Plasticity Index)

LL: حد روانی (Liquid Limit)

شاخص مساحت برگ ماکزیمم: افزایش شاخص مساحت برگ سبب افزایش تبخیر و تعرق از سطح دفنگاه زباله و کاهش شیرابه تولیدی می شود(۲۲). این شاخص در محیط های پوشیده از گیاه کاربرد دارد. شاخص مساحت برگ ماکسیمم، برای محیط بی گیاه صفر است. برای موقعیتی با پوشش کم علف می تواند به ۱/۰ برسد، متوسط ۲/۰، خوب ۳/۵، عالی ۵ و برای محیط های بوته زار و جنگلی متراکم می توان شاخص مساحت برگ ماکسیمم را ۵ در نظر گرفت. برنامه برای مقدار بیش از ۵ تغییر ایجاد نمی کند(۱۵). اغلب دفنگاه زباله ها سطح شان، در بهترین حالت، پوشیده از علف در حالت متوسط (۲/۵) و معمولا در شرایط کم علف است، چرا که دفنگاه زباله به عنوان یک محیط ایده آل جهت رشد گیاه به شمار نمی آید. با توجه به این که در منطقه احداث دفنگاه زباله سمنان میزان پوشش گیاهی ناچیز است، این مقدار برای دفنگاه زباله سمنان برابر صفر در نظر گرفته شده است.

زمان شروع و پایان فصل رشد: شروع فصل رشد به میانگین دمای روزانه و نوع گیاه وابسته است. زمان شروع فصل رشد میانگین دمای روزانه به بیش از ۵۰-۵۵°F (۱۰-۱۳°C) افزایش می یابد. پایان فصل رشد متوسط دمای روزانه به پایین تر از ۵۰-۵۵ °F سقوط می کند. در آب و هوای سرد شروع و پایان می تواند در دماهای پایین تر باشد و در آب وهوای گرم می تواند در دمای بالاتری رخ دهد. در مکان هایی که فصل رشد در تمام سال ادامه دارد، شروع فصل رشد باید صفر و پایان آن ۳۶۷ روز تعیین شود(۱۵). معمولا فصل رشد در ابتدای بهار آغاز و در پاییز تمام می شود. برای دفنگاه زباله سمنان با توجه به آب و هوای گرم منطقه و داده های مربوط به دما (گزارش مرحله ۱) زمان شروع و پایان فصل رشد به ترتیب ۹۸ و ۲۹۹ در نظر گرفته شده است.

میانگین سالانه سرعت باد: جهت به دست آوردن میانگین سالانه سرعت باد در منطقه احداث دفنگاه زباله، از داده های ایستگاه سینوپتیک سمنان استفاده شده است. میزان سرعت متوسط باد در ماه های مختلف سال های ۱۳۶۹-۱۳۸۲ از ایستگاه سینوپتیک سمنان اخذ شده است. با توجه به این داده ها میانگین سالانه سرعت باد در این ۱۴ سال برابر ۲/۷۳ نات یا KPH۵ است که این عدد به عنوان میانگین سالانه

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-11]

سرعت باد در منطقه احداث دفنگاه زباله سمنان، در نرم افزار اعمال شده است.

میانگین سه ماهه رطوبت نسبی: یکی دیگر از پارامترهای ورودی در نرم افزار HELP میانگین سه ماهه رطوبت نسبی است. این پارامتر با توجه به داده های ایستگاه سینوپتیک شهر سمنان به دست آمد. میانگین رطوبت نسبی در منطقه احداث دفنگاه زباله سمنان برای سه ماه اول، دوم، سوم و چهارم سال به ترتیب، ۳۲، ۲۶،۴۸ و ۵۲ است.

داده های بارندگی

مهم ترین عامل موثر بر میزان شیرابه تولیدی در دفنگاه زباله، میزان بارندگی منطقه است(۲۰). یکی از روش های ورود داده های مربوط به بارندگی در نرم افزار HELP، استفاده از گزینه های پیش فرض است. در استفاده از داده های پیش فرض باید محتاط بود، چرا که ممکن است هیچ یک از اطلاعات مربوط به ۱۰۲ پیش فرض موجود در نرم افزار نماینده سایت مورد مطالعه نباشد. از آنجا که ۱۰۲ پیش فرض موجود در نرم افزار مربوط به شهرهای امریکاست، جهت تهیه داده های بارندگی در دفنگاه زباله سمنان از گزینه بارندگی ساختگی استفاده شده است. این برنامه به طور اتفاقی برای ۱۰۰-۱ سال داده های بارندگی روزانه را برای محل معینی با تولید کننده مصنوعی تولید می کند. برای دفنگاه زباله سمنان متوسط ماهانه بارش برای ۱۴ سال به نرم افزار داده شده است، سپس نرم افزار با استفاده از تولید کننده مصنوعی، میزان بارندگی روزانه در محل احداث دفنگاه زباله را تخمین می زند.

دما

با توجه به این که گزینه های پیش فرض موجود در نرم افزار برای محل احداث دفنگاه زباله کاربرد ندارد در این قسمت نیز جهت ورود داده های مربوط به دما از گزینه دمای مصنوعی استفاده شده است. در این گزینه برنامه میزان دمای ۱۰۰-۱ سال را به طور اتفاقی برای یک محل معین تعیین می کند. تولید مصنوعی دمای روزانه با بارش رابطه ضعیفی دارد، لذا باید اول داده های مربوط به بارندگی تعیین گردد. تولید داده دما به تعداد سال هایی که داده بارش در اختیار است، محدود می شود. برای دفنگاه زباله سمنان متوسط ماهانه دما برای ۱۴ سال به نرم افزار داده شده است، سپس نرم افزار با استفاده از تولیدکننده مصنوعی، میزان دما روزانه در محل احداث دفنگاه زباله را تخمین می زند.

ملزومات داده های طراحی و خاک

داده های لایه: دراین قسمت ویژگی های طرح پروفیل دفنگاه زباله وارد می شود. در نرم افزار HELP چهار نوع لایه وجود دارد که با شماره مشخص می گردد، شماره (۱) لایه تراوش قائم، شماره (۲) زهکش جانبی، شماره (۳) مرز خاکی مانع، شماره (۴) مرز ژئوممبرین.

لایه شماره (۱): در این لایه جریان به پایین در اثر جاذبه و رو به بالا در اثر تبخیر است. نفوذ ثقلی تابعی از رطوبت و مشخصات خاک است. هدایت آبی اشباع شده در این لایه برای مواد ناهمسانگرد باید در جهت قایم تعیین شود. مهم ترین نقش این لایه تهیه ذخیره رطوبت است، لذا لایه پسماند، لایه هایی که برای کاشت گیاه و منبع تبخیر طراحی می شود در این لایه ها دسته بندی می شود. این لایه دارای قابلیت نفوذ پذیری بالاست، که جریان در آن به صورت قائم است و تا زمانی که توسط یک مرز با زهکش افقی جهت جمع آوری و سیستم برداشت مسدود نشده ادامه دارد. خاصیت این لایه تهیه ذخیره رطوبت است مانند: لایه خاک بالایی دفنگاه زباله و لایه پسماند که عموما از نوع شماره (۱) هستند.

لایه شماره (۲): این لایه ها مستقیما روی مرزها قرار دارند تا زهکش جانبی به سمت سیستم جمع آوری هدایت شود. در این لایه جریان قائم مانند لایه بالاست ولی هدایت آبی اشباع باید در جهت جانبی برای مواد ناهمسانگرد تعیین شود. شیب زهکشی تعیین شده برای زهکش جانبی باید با شیب سطح مرز زیرین در جهت جریان یکی باشد. و می تواند بین صفر تا ۵۰ ٪ متغیر باشد. طول زهکش تعیین شده برای لایه زهکش جانبی برابر است با طول تصویر افقی که نمایند مسیر جریان از تاج (قله) تا محل جمع آوری است (و فاصله در امتداد

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-11]

شیب نیست)، در شیب کمتر از ۱۰ ٪ این تفاوت ناچیز است. بین صفر تا ۱۰۰ ٪ آب جمع آوری شده در زهکش قابل باز چرخش به لایه نفوذی قائم یا لایه زهکش جانبی است. این لایه دارای نفوذ پذیری نسبتا بالاست که پایین آن به وسیله سیستم جمع آوری زهکش افقی مسدود است.

لایه شماره (۳): یک لایه با نفوذ پذیری پایین که جهت کاهش تراوش (نفوذ) به کار می رود. این لایه در حالت اشباع فقط زهکش قائم دارد. هدف این لایه کاهش زهکش قائم است. هدایت آبی اشباع در این لایه باید کمتر از سایر لایه ها باشد. هدایت آبی اشباع تعیین شده برای این لایه باید در جهت قائم مواد ناهمسانگرد باشد. تبخیر و زهکشی جانبی در این لایه وجود ندارد و فقط جریان قائمی به پایین مجاز است.

لایه شماره (۴): مرز ژئوممبرین جهت محدود کردن زهکش قائم و نفوذ استفاده می شود.

لایه های موجود در دفنگاه زباله سمنان به ترتیب از بالا به پایین عبارتند از : لایه پوشش نهایی که از نوع لایه شماره (۱) می باشد، لایه پسماند شهری این لایه نیز از نوع لایه شماره (۱) است و در کف دفنگاه زباله لایه مانع که از نوع لایه شماره (۳)است، قرار دارد. ضخامت هر یک از لایه ها نیز باید در نرم افزار وارد شود. در دفنگاه زباله سمنان طبق طراحی انجام شده برای این دفنگاه، ضخامت لایه پوشش نهایی و لایه مانع ۶۰ سانتی متر و ضخامت نهایی لایه پسماند ۱۳۲۰ سانتی متر می باشد.

مشخصات خاک: یکی از عوامل موثر بر میزان نفوذ رطوبت به دفنگاه زباله و تولید شیرابه مشخصات خاک استفاده شده در لایه های مختلف دفنگاه زباله می باشد. جهت اعمال مشخصات خاک در مدل HELP باید مقادیر تخلخل، ظرفیت نگه داری، نقطه پژمردگی و هدایت آبی اشباع خاک تعیین گردد. با افزایش تخلخل، هدایت آبی اشباع و نقطه پژمردگی نفوذ رطوبت به دفنگاه زباله سریعتر و در نتیجه میزان تبخیر کاهش می یابد. هم چنین کاهش ظرفیت نگه داری خاک، سبب افزایش نفوذ رطوبت و تولید شیرابه در دفنگاه زباله می شود (۱۸). در مدل HELP کاربر می تواند از گزینه های پیش فرض، خاک تعریف شده کاربر، یا به صورت دستی برای تعیین مشخصات خاک استفاده کند. نرم افزار شامل ۴۲ نوع خاک/ماده است. انواع بافت خاک براساس دو سیستم استاندارد طبقه بندی شده است. مشخصات پیش فرض انواع ۱۵-۱ معمولا برای لایه سطحی و خاک کشاورزی استفاده می شود. رس و سیلت در دفنگاه زباله ها عموما تواما (فشرده) استفاده می شود. انواع بافت خاک ۲۹-۲۲ خاک های فشرده است. شماره ۱۸ نماینده پسماند جامد شهری است که فشرده شده است، شماره ۱۹ پسماند مشابه است. اما ۶۵ ٪ پسماند در منطقه مرده است که در تشکیل شیرابه شرکت نمی کند. خاک ۱۶ و ۱۷ نماینده خاک رس بسیار خوب فشرده شده است که می توان جهت مرز مانع خاک استفاده کرد (۲۳). در صورتی که بافت خاک از ۴۲ گزینه پیش فرض انتخاب شود نرم افزار، مقادیر تخلخل vol/vol، ظرفیت نگه داری vol/vol، نقطه پژمردگی vol/vol و هدایت آبی اشباع cm/sec را تعیین می کند.

زمانی که از خاک پیش فرض استفاده شود در لایه خاکی اول دفنگاه زباله، برنامه هدایت هیدرولیکی اشباع را برای نیمه بالایی منطقه تبخیر (به خاطر ریشه گیاه) تعیین می کند. هدایت آبی در یک فاکتور تجربی ضرب می شود. این ضریب به وسیله ماکسیمم مساحت برگ که توسط کاربر انتخاب می شود، تعریف می گردد. مقادیر این فاکتور برای خاک سخت برابر یک است. برای خاک پوشش علفی ضعیف علفی متوسط برابر ۳ برای علفی خوب برابر ۴/۲ است. همان طور که قبلا ذکر شد، این ضریب برای دفنگاه زباله سمنان برابر صفر در نظر گرفته شده است. در جدول ۲ نتایج مربوط به آزمایش مکانیک خاک منطقه احداث دفنگاه زباله سمنان نمایش داده شده است. با توجه به این نتایج خاک شماره ۱۱ از نرم افزار، برای لایه پوشش نهایی در دفنگاه زباله سمنان مناسب می باشد. هم چنین چنانچه ۱۲٪ خاک رس به خاک منطقه افزوده شود، میزان رس موجود در خاک مخلوط شده به ۳۰٪ افزایش می یابد. در دفنگاه زباله سمنان از این خاک به عنوان خاک لایه مانع استفاده

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-11]

خواهد شد. با توجه به ضریب هدایت هیدرولیکی این خاک (10^{-7} cm/sec)، خاک شماره ۱۶ به عنوان خاک لایه مانع در دفنگاه زباله سمنان انتخاب شده است.

جدول۲: طبقه بندی خاک منطقه بر اساس استاندارد یونیفاید

عمق (m)	طبقه بندی بر اساس استاندارد یونیفاید
گمانه ۱	
۰-۲	رس با خاصیت خمیری کم CL
۲-۴	رس با خاصیت خمیری کم CL
۴-۶	رس با خاصیت خمیری کم CL
۶-۶/۴	ماسه لای دار Sm
۶/۴-۸	رس با خاصیت خمیری کم همراه با ماسه CL
گمانه ۲	
۰-۲	رس با خاصیت خمیری کم CL
۲-۴	رس با خاصیت خمیری کم CL
۴-۶	رس با خاصیت خمیری کم CL
۶-۸	رس با خاصیت خمیری کم CL

اگر برخی احجام لایه در زهکش و ذخیره سازی آب نفوذی شرکت نکند باید خواص نگه داری رطوبت خاک پایین تر گرفته شود. این حالت در لایه های کم عمق پسماند جامد شهری بیشتر اتفاق می افتد که بسیار ناهمگن و نافشرده هستند. پلاستیک موجود در پسماند در زهکشی موثر است و اجازه نمی دهد رطوبت نفوذی در پسماند بماند و در نتیجه ذخیره سازی کم می شود. بافت شماره ۱۹ برای پسماندهای جامدی که کانال (پلاستیک) زباله دارند مناسب است در این شماره فرض شده فقط ۲۵ ٪ زباله در زهکش و نگه داری رطوبت فعال است. با توجه به عمق دفنگاه زباله و درصد پلاستیک موجود در پسماند سمنان بافت شماره ۱۸ به عنوان لایه پسماند در نظر گرفته شده است.درصد رطوبت اولیه پسماند تابع ترکیب پسماند است و بین ۰/۲ vol/vol-۰/۸ است. میانگین آن ۰/۱۲ vol/vol برای پسماند جامد شهری فشرده است. این مقدار با توجه به گزارش های مرحله یک در پسماند سمنان کمتر از ۰/۱۲ vol/vol می باشد. در دفنگاه زباله سمنان جهت رعایت ضریب اطمینان درصد رطوبت اولیه پسماند برابر ۱۲٪ در نظر گرفته می شود.

عدد منحنی رواناب: عدد منحنی رواناب یک پارامتر تجربی است که برای پیش بینی میزان نفوذ و رواناب ایجاد شده از بارش استفاده می شود. در نرم افزار HELP می توان جهت تعیین عدد منحنی از سه گزینه استفاده کرد. اولین گزینه از عدد منحنی که توسط کاربر تعیین شده بدون هیچ تغییری استفاده می کند. دوم گزینه، عدد منحنی ورودی توسط کاربر را با توجه به شیب سطح و طول شیب سطح اصلاح و در برنامه اعمال می کند. در گزینه سوم کاربر از برنامه می خواهد که عدد منحنی را محاسبه کند که این عدد با توجه به شیب سطح، طول شیب، بافت خاک تشکیل دهنده بالاترین لایه لندفیل و پوشش گیاهی تعیین و محاسبه می شود. در مورد تعیین پوشش گیاهی دفنگاه زباله، تنها مقادیر قابل قبول برای پوشش گیاه عدد بین ۵-۱ است (۱- زمین سخت، ۲- پوشش علفی ضعیف، ۳- علفی متوسط، ۴- خوب، ۵- عالی). اگر گزینه محاسبه عدد منحنی به وسیله برنامه انتخاب شود، برنامه عدد منحنی را برای شیب ملایم براساس نوع پوشش گیاهی و بافت خاک لایه تعیین می کند (انواع بافت خاک که می تواند در لایه بالایی باشد ۱۸-۱ ، ۲۰ و ۲۹-۲۲ است). سپس عدد منحنی براساس شیب سطح و طول شیب اصلاح می گردد. در دفنگاه زباله سمنان برای محاسبه عدد منحنی از گزینه سوم در نرم افزار HELP استفاده شده است. با توجه به ابعاد طراحی شده برای دفنگاه زباله سمنان، در این گزینه طول زهکشی، شیب سطح و پوشش گیاهی به ترتیب ۱۵۴/۳، ٪۱/۵ و ۱ انتخاب شده است.

یافته ها

با توجه به داده های ورودی که در بالا اشاره شد شبیه سازی بیلان آب در دفنگاه زباله سمنان به وسیله نرم افزار HELP صورت گرفت. مقادیر متوسط اجزای بیلان آب برای پنج سال مختلف در جدول ۳ نمایش داده شده است. نرم افزار

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-11]

با توجه به داده های ورودی هواسنجی برای سال های مختلف، میزان هد میانگین بر روی لایه شماره ۳ را محاسبه کرده است. با توجه به جدول ۳ بیشترین بارندگی برای سال ۵ در نظر گرفته شده است، به همین علت بیشترین میزان هد میانگین و تراوش در این سال رخ داده است. مقدار بارندگی در این سال نسبت به چهار سال دیگر کمتر بوده و مقدار آن برابر ۵۷/۴ میلی متر می باشد. در سال ۴ کمترین میزان بارندگی نسبت به چهار سال دیگر در نظر گرفته شده است. حجم کم بارندگی سبب کاهش حجم رواناب و تبخیر و تعرق در این سال می گردد. هم چنین به علت ارتفاع کم بارش، رطوبت ناشی از بارندگی به سطوح پایین دفنگاه زباله و منطقه دفع پسماند نفوذ نمی یابد. لذا کلیه رطوبت ناشی از بارندگی در لایه اول دفنگاه زباله باقی مانده و تنها از طریق رواناب و تبخیر و تعرق کاهش می یابد. به همین علت بیشترین مقدار تغییر در ذخیره آب لایه اول دفنگاه زباله در سال ۴ رخ داده و برابر ۱۳/۴ میلی متر می باشد.

دارای بیشترین تاثیر در کاهش تولید شیرابه در دفنگاه زباله سمنان است. این نتایج در مطالعه انجام شده بر روی دفنگاه زباله ای واقع در کشور دانمارک نیز اثبات شده است. وسعت دفنگاه زباله واقع در دانمارک ۱۸ هکتار و میزان پسماند ورودی به آن ۴۰۰۰۰ تن در سال می باشد. در این دفنگاه زباله میزان متوسط بارندگی سالانه و متوسط تبخیر سالانه در طول پنج سال(دوره مطالعه) به ترتیب۶۹۰ و۵۶۰ میلی متر است(۱۸). به عبارت دیگر حدود ۸۱٪ از رطوبت ناشی از بارندگی به علت تبخیر و تعرق به دفنگاه زباله وارد نمی شود که این مقدار در دفنگاه زباله سمنان حدود ۸۲٪ می باشد. هم چنین در مطالعه انجام شده بر روی دفنگاه زباله ای واقع در کشور کانادا دو پوشش نهایی متفاوت به وسیله HELP مدل شده است. میزان نفوذ رطوبت ناشی از بارندگی به این دفنگاه زباله برای پوشش نهایی به ضخامت ۱/۸ و ۰/۸متر به ترتیب برابر ۵/۹٪ و ۷/۱٪ متوسط بارش سالانه است (۲۴). با توجه به جدول ۳ این مقدار در دفنگاه زباله سمنان برابر ۱۴/۲٪ متوسط بارش

جدول۳: مقادیر متوسط اجزای بیلان آب برای پنج سال مختلف

اجزای بیلان آب برای سال های ۵-۱ برحسب (mm)	سال ۱	سال ۲	سال ۳	سال ۴	سال ۵
بارندگی	۹۲/۵	۱۳۹/۱	۱۶۵/۶	۵۷/۴	۱۸۲
رواناب سطحی	۲/۲	۱۰/۱	۹/۷	۰/۳۵	۲۰/۷
تبخیر و تعرق	۸۰/۹	۱۱۵/۶	۱۵۰/۹	۴۳/۷	۱۳۹/۳
تراوش از لایه شماره ۳	۸/۵	۱۶/۴	۱۱/۱	۰	۲۲/۴
هد میانگین بر روی لایه شماره ۳	۰/۶	۱/۵۵	۱/۳	۰	۱۱/۸
تغییر در ذخیره آب	۰/۹۲	-۳	-۶	۱۳/۴	-۰/۳۵

لایه مانع دفنگاه زباله سمنان تنها از یک لایه خاک رس تشکیل شده لذا با افزایش ارتفاع شیرابه بر روی این لایه میزان نفوذ از این لایه نیز افزایش می یابد. اما با توجه به کمی بارش در منطقه، میزان این نفوذ کم بوده و به سفره های آب زیرزمینی صدمه وارد نمی کند (جدول۳). با توجه به جدول ۳ بارندگی دارای بیشترین تاثیر در افزایش تولید شیرابه و تبخیر و تعرق سالانه است. این افزایش نفوذ در دفنگاه زباله سمنان به علت ضخامت کمتر پوشش نهایی (۰/۶ متر) در این دفنگاه می باشد. حداکثر مقادیر روزانه اجزای بیلان آب برای دفنگاه زباله سمنان با استفاده از در نرم افزار HELP به دست آمده و در جدول ۴ نمایش داده شده است.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-11]

جدول۴: حداکثر مقادیر روزانه اجزای تشکیل دهنده بیلان آب

واحد	(MM)	(M^3)
بارش	۲۷/۹	۸۳۷۰
رواناب	۷/۸	۲۳۳۸/۶
تراوش از لایه شماره ۳	۰/۰۹۲	۲۷/۴۶
هد میانگین بر روی لایه شماره ۳	۳۵/۷۸	---
آب برف	۱۵/۲	۴۵۶۰

با توجه به جدول ۴ حداکثر ارتفاع شیرابه بر روی لایه مانع در دفنگاه زباله سمنان ۳۶ میلی متر می باشد که این میزان بسیار کمتر از حالت استاندارد است. بر طبق استاندارد و معیارهای طراحی دفنگاه زباله سازمان حفاظت محیط زیست امریکا چنانچه هد شیرابه بر روی لایه مانع همواره کمتر از ۲۵ اینچ یا ۶۳/۵ سانتی متر باشد، دفنگاه زباله مورد نظر نیاز به سیستم زهکشی و جمع آوری شیرابه نخواهد داشت (۲۱). ارتفاع کم شیرابه در دفنگاه سمنان به علت بارندگی کم در این منطقه می باشد. در مطالعه انجام شده بر روی دفنگاه زباله ای در ترکیه حداکثر ارتفاع شیرابه بر روی لایه مانع بیشتر از هد استاندارد (۲۵ اینچ) می باشد که این افزایش هد به علت بارندگی بالا در منطقه می باشد (۲۵). لذا در این دفنگاه از سیستم زهکش افقی بر روی لایه مانع استفاده شده است.

بحث

در طراحی انجام شده برای دفنگاه زباله سمنان از حداقل های استاندارد استفاده شده است. پوشش نهایی و لایه مانع به کار رفته در این دفنگاه زباله به ترتیب لایه به ضخامت ۶۰ سانتی متر از خاک منطقه و لایه به ضخامت ۶۰ سانتی متر از خاک دارای ۳۰٪ رس و ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع ۷-۱۰ cm/sec می باشد. با توجه به مدل سازی انجام شده توسط نرم افزار HELP ارتفاع شیرابه تولیدی در این دفنگاه در بحرانی ترین روز ۳۶ میلی متر و کمتر از حد استاندارد است. بنابراین مشخصات طراحی به کار رفته در دفنگاه زباله سمنان طبق استاندارد می باشد. این دفنگاه تحت شرایط حداقل استاندارد طراحی شده و علت ارتفاع کم شیرابه تولیدی، شرایط هواسنجی منطقه است. با استفاده از داده های هواسنجی و خاک شناسی منطقه میزان تولید شیرابه در دفنگاه زباله سمنان برای پنج ارتفاع بارندگی مختلف مدل شده است.

نتیجه گیری

طبق نتایج به دست آمده در بحرانی ترین سال میزان بارندگی در منطقه کمتر از ۱۸۲ میلی متر در سال می باشد. هم چنین از این میزان بارش حدود ۷۷٪ از طریق تبخیر و تعرق و ۸/۸٪ بوسیله رواناب سطحی از دفنگاه زباله خارج می گردد. لذا تنها حدود ۱۴/۲٪ از کل بارش در تشکیل شیرابه شرکت می کند. علت تبخیر و تعرق بالا در منطقه دما و میزان تابش زیاد در محل احداث دفنگاه زباله سمنان می باشد. با توجه به این شرایط متوسط شیرابه تولیدی در بحرانی ترین سال دارای ارتفاع ۱۱/۸ است.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-11]

منابع

1. Islam J, Singhal N. A one-dimensional reactive multicomponent landfill leachate transport model. Environmental Modelling & Software. 2002;17(6):531-43.
2. Shroff VS. An investigation of leachate production from MSW landfills in semi-arid climates [dissertation]. Alberta: University of Calgary; 1999.
3. El-Fadel M, Findikakis AN, Leckie JO. Environmental impacts of solid waste landfilling. Journal of Environmental Management. 1997;50:1-25.
4. Daniel DE. Geotechnical Practices for Waste Disposal. USA: Chapman and Hall; 1993.
5. Lober JD. Municipal solid waste policy and public participation in household source reduction. Waste Management and Research. 1996;14:125-43.
6. Robinson HD, Barr MJ, Last SD. Leachate collection, treatment and disposal. J Inst Waste Env. Management. 1992;17:321-31.
7. McBean EA, Frank FA, Farquhar GJ. Solid waste landfill engineering and design. New Jersey: Prentice Hall PTR, Englewood Cliffs; 1995.
8. Agamuthu P. Solid Waste: Principles and Management. Kuala Lumpur: University of Malaya Press; 2001.
9. Christine TH, Cossu R, Stegman R. Landfilling of Waste Barriers. London: E & FN Spon; 1994.
10. Mohamed AMO, Yong RN, Galvez-Cloutier R. Land disposal and dredged mud. In Proceeding of the Waste Disposal by Landfill. Balkema: Rotterdam and Brookfield; 1995.
11. Fenn DG, Hanley KJ, DeGeare TV. Use of the water balance method for predicting leachate generation from solid waste disposal sites. Final report. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency; 1975. Report No.: EPA/530/ SW-168.
12. Schroeder PR, Dozier TS, Zappi PA, McEmce BM, Sjostrom JW, Peyton RL. The Hydrologic evaluation of landfill performance (HELP) model: Engineering documentation for Version 3. Final report. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency Office of Research End Development; 1994. Report No.: EPA/600/R-94/1686.
13. Warith M, Li X, Jin H. Bioreactor landfills: state-of-the-art review. Emirates Journal for Engineering Research. 2005;10(1):1-14.
14. Bou-Zeid E, El-Fadel M. Parametric sensitivity analysis of leachate transport simulations at landfills. Waste Management. 2004;24:681–89.
15. Al-Yaqout, Hamoda MF. Evaluation of landfill leachate in arid climate–a case study. Environmental International. 2003;29:593–600.
16. Poulsen TG, Moldrup P, Sørensen K, Hansen JA. Linking landfill hydrology and leachate chemical composition at a controlled municipal landfill (Kåstrup, Denmark) using state-space analysis. Waste Management & Research. 2002;20:445–56.
17. Manandhar DR, Krishnamurthy V, Kasaju YS. Quantitative leachate estimation from a pilot-scale lysimeter study. International Journal of Environment and Waste Management. 2009;4:322-30.
18. Tjalfe GP. Factors affecting water balance and percolate production for a landfill in operation. Waste Management & Research. 2005;23:72–78.
19. Schroeder PR, Lloyd CM, Zappi PA, Aziz NM. The hydrological evaluation of landfill performance (help) model, user's guide for version 3. Final report. Cincinnati: Risk Reduction Engineering Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency; 1994. Report No.: EPA/600/R94/168a.
20. Abdulhussain A, Guo J, Liu Z, Pan Y, Wisaam S. Review on landfill leachate treatments. Journal of Applied Sciences Research. 2009;5(5):534-45.
21. U.S. Environmental Protection Agency. Solid waste disposal facility criteria technical manual. Final report. Washington, DC: Solid Waste and Emergency Response, USEPA; 1993. Report No.: EPA/530-R-93-017.
22. Pauliukonis N, Schneider R. Temporal patterns in evapotranspiration from lysimeters with three common wetland plant species in the eastern United States. Aquatic Botany. 2001;71:35–46.
23. Schroeder PR, Dozier TS, Zappi PA, McEnroe BM, Sjostrom JW, Peyton RL. The hydrological evaluation of landfill performance (help) model, user's guide for version 3. Final report. Cincinnati: Risk Reduction Engineering Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency; 1994 Sep. Report No.: EPA/600/R-94/168a.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-11]

24. O'Kane Consultants Inc. Technical memorandum-Regina Fleet Street landfill proposed expansion–conceptual decommissioning and reclamation plan for inclusion in the EIS. Final report. O'Kane Consultants Inc; 2008 Sep.

25. Yalcin F, Demirer GN. Performance evaluation of landfills with the HELP (hydrologic evaluation of landfill performance) model: Izmit case study. Environmental Geology. 2002;42(7):24-38.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-11]

Prediction of landfill leachate amount using HELP model Case study: Semnan landfill

***Zoqi M.J., Ghavidel A.**
Department of Environmental Research Institute of Jihad Daneshgahi,Guilan, Iran

Received; 15 November 2010 Accepted; 9 February 2010

ABSTRACT

Background and Objectives:. Owing to the non-seperated municipal solid wastes the leachate form in land fills contain high amounts of heavy metalls and toxic substances Hence, leachate treatment is a serious problem. In order to design leachate treatment and collection systems, estimation of quality and quantity of leachate is of high necessity. Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) Model was used to estimate leachate generation in the lined landfill cells for a variety of conditions. The HELP program is a quasi-two-dimensional hydrologic model for conducting water balance analysis of landfills, cover systems, and other solid waste containment facilities. In this paper HELP program is used to predict leachate generating in Semnan landfill after its operational life.

Materials and Methods: HELP model use weather, soil and design data to estimate leachate quantity. The meteorological data were obtained from semnan Atmospheric Data Centre. Soil mechanics examinations in the landfill area were applied to achieve soil data. In addition, design parameters were based on Semnan landfill design specifications. Semnan landfill capacity is designed so as to accommodate municipal solid wastes generated during the next 25 years.

Results: In this study result indicated that precipitation and evapotranspiration has the most influenced on leachate generation increase and decrease, respectively. 82% of annual precipitation isn't percolated into Semnan landfill due to evapotranspiration. HELP Model simulations were indicated that the maximum and average value of leachate height above barrier layer is 36 and 3mm, respectively.

Conclusion: Semnan landfill is designed under minimum standard condition. Therefore, low height of leachate generated is due to area weather. The precipitation amount is low while the evapotranspiration amount is high in this area. High evapotranspiration is due to high temperature and solar radiation in Semnan landfill area. High evapotranspiration in the landfill cap caused 14.2% of the precipitation to infiltrate into the wastes and became leachate.

Key words: Landfill, HELP, Semnan; Leachate

***Corresponding Author:** *mj_zoqi@civileng.iust.ac.ir*
Tel: *+98 131 13232407* ***Fax:*** *+98 131 13232407*

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-11]