به نام خدا

روش های مدیریت شیرابه لندفیل؛ طراحی سیستم زهکشی شیرابه و اجرای آن

مهندس سید رضا ناقدی (کارشناس ارشد مهندسی عمران- محیط زیست)

1-مقدمه

دفع مواد زائد جامد شهری، مسئله ای اساسی در سرتاسر جهان، به خصوص در کشور های در حال توسعه می‌باشد. اثرات محیط زیستی و اجتماعی مواد زائد جامد در سال‌های اخیر توجهات زیادی را به خود جلب کرده است. دفن بهداشتی چه در کشور های توسعه یافته و چه در کشور های در حال توسعه ساده ترین و ارزانترین روش دفع مواد زائد جامد به شمار می رود. اگرچه، ذخیره هرگونه مواد جامد در لند فیل پتانسیل مشکلات محیط زیستی و اجتماعی را ایجاد می کند.

یکی از مشکلات مهم در طراحی و نگهداری مخازن دفن زباله، مدیریت شیرابه ای است که پس از عبور آب از درون زباله ها ایجاد می شود. شیرابه از ترکیبات مختلف آلی و غیر آلی که ممکن است به صورت محلول یا معلق باشند تشکیل شده است و با توجه به ماهیت ترکیبات آن ها پتانسیل آلودگی آب های سطحی و زیر زمینی را دارند.

حرکت افقی شیرابه در اماکن دفن زباله های شهری می تواند باعث خروج شیرابه از سطح خاک در نقاط کم ارتفاع شده و باعث آلودگی آب های سطحی شود، و حرکت قائم شیرابه از لایه های مختلف زیر مدفن نه تنها باعث آلودگی خاک شده بلکه در صورت بالا بودن سطح آب های زیر زمینی باعث آلودگی آب های زیر زمینی می گردد که این آب ها معمولا مهم ترین منبع تامین آب یک منطقه بوده و در صورت آلودگی سلامت استفاده کنندگان به خطر خواهد افتاد.

فاکتورهای بسیاری در تولید و ترکیب شیرابه موثر هستند. یک فاکتور مهم شرایط آب و هوایی محل مخزن زباله است. به طور مثال در جایی که شرایط آب و هوایی به گونه ای است که سطح بارندگی بالاست، آب بیشتری وارد مخازن شده و بنابراین شیرابه بیشتری تولید می شود. فاکتور دیگر موقعیت هندسی مخزن زباله است که مدل خروجی و تعادل آب درون سایت را تحت تاثیر قرار می دهد.

2-مدیریت شیرابه

با توجه به خطرناک بودن شیرابه، ضرورت مدیریت و جمع آوری صحیح آن احساس می شود. برای مدیریت شیرابه روش های متفاوتی وجود دارد که در ادامه نام آن ها ذکر می شود و هر کشوری بنا به امکانات و زباله های تولیدی بایستی از یک یا چند روش استفاده کند.

روش های معمول شامل: تصفیه شیرابه و سپس دفع ، تبخیر شیرابه، گردش مجدد شیرابه، کنترل حرکت شیرابه و تخلیه شیرابه به شبکه جمع آوری فاضلاب شهری می باشد.

اکنون مفصلا به هر یک از این روش ها می پردازیم.

2-1تصفیه شیرابه

جایی که تبخیر وگردش مجدد شیرابه استفاده نمی گردد و دفع مستقیم شیرابه به تاسیسات تصفیه فاضلاب ممکن نیست قدری پیش تصفیه یا تصفیه کامل شیرابه لازم است.چون خصوصیات شیرابه جمع آوری شده می تواند به طور خیلی گسترده متنوع باشد ،تعدادی از روشهای انتخابی به منظور تصفیه شیرابه استفاده شده است.ولی تقریبا تمام روش هایی که برای تصفیه فاضلاب به کار می روند برای تصفیه شیرابه می توان استفاده نمود. نوع سیستم تصفیه انتخابی برای تصفیه شیرابه اولا به خصوصیات شیرابه ،ثانیا به موقعیت فیزیکی وجغرافیایی محل دفن بستگی دارد.

روشهای نوین و موجود در تصفیه شیرابه در سه دسته کلی قرار میگیرند.

2-1-1-تصفیه بیولوژیکی شامل : تصفیه هوازی، تصفیه بی هوازی

تصفیه بی هوازی شیرابه برای خاتمه پروسهای که در محل آغاز شده، بکار میرود؛ بخصوص جهت تصفیه خروجیها با مواد آلی بسیار قوی مانند جریانهای شیرابه از محلهای دفن جدید مناسب میباشد . بر خلاف پروسه هوازی، تجزیه بیهوازی انرژی راذخیره کرده و جامدات بسیار کمتری تولید مینماید، در حالیکه از سرعت واکنش کمتری برخوردار است.

2-1-2-تصفیه فیزیکی/ شیمیایی شامل: شناور سازی ، انعقاد و لخته سازی، ترسیب شیمیایی، جذب، اکسیداسیون شیمیایی، فرار سازی با هوا

شناورسازی برروی کاهش کلوئیدها، یونها، ماکرومولکولها، میکروارگانیسمها و الیاف تمرکز یافته است. Zouboulis و همکارانش، استفاده از شناور سازی در یک ستون را به عنوان یک مرحله پیش تصفیه برای حذف بقایای اسیدهای هیومیک(ترکیبات غیر قابل تجزیه) از شیرابه در محل های دفن مطالعه نمودند که تحت شرایط بهینه، تقریبا 60 ٪ حذف اسید هیومیک حاصل می شود.

انعقاد و لخته سازی: می تواند به طور موفقیت آمیزی برای تصفیه شیرابه محل دفن پیر و تثبیت شده بکار رود و یا به طور گسترده ای بعنوان پیش تصفیه شیرابه و یا پیش از مرحله اسمز معکوس و یا بیولوژیکی و یا بعنوان مرحله زلالسازی نهائی برای حذف مواد آلی غیر قابل تجزیه بیولوژیکی استفاده شوند. در این فرآیند سولفات آلومینیوم، سولفات فرو، کلرید فریک و سولفات- کلروفریک معمولا بعنوان منعقد کننده استفاده می شوند.

ترسیب شیمیایی: در تصفیه شیرابه بطور گسترده بعنوان پیش تصفیه برای حذف مقادیر بالای نیتروژن آمونیاکی استفاده شده است.

جذب: جذب آلاینده ها برستون کربن فعال و به شکل پودر، کاهش بیشتری را در میزانCOD نسبت به روش های شیمیایی تامین می کند. عیب اصلی این روش، نیاز به تولید مکرر ستون ها یا بطور معادل مصرف کربن فعال پودری است. جذب به وسیله کربن فعال در طول تصفیه بیولوژیکی برای تصفیه مؤثر شیرابه استفاده می‌شود.

اکسیداسیون شیمیایی: روشی است که بطور گسترده برای تصفیه ترکیبات مقاوم موجود در شیرابه کاربرد دارد و اخیرا بر روی پروسه اکسایش پیشرفته متمرکز شده اند که اغلب آنها بجز ازن زنی ساده (O3) ، از ترکیبی از اکسیدان های قوی بعنوان مثالO3 و H2O یا پرتوتابی بعنوان مثال اولتراویوله (UV)، اولتراسونیک(US)، پرتاب الکترون(EB)، و یا کاتالیست (انتقال یون های فلزی یا فوتوکاتالیست ها) استفاده می‌کنند.

فرارسازی با هوا: امروزه روشهای متداول برای حذف غلظت بالایNH4-N تکنولوژی های موجود در تصفیه فاضلاب می باشد.

سطوح بالای نیتروژن آمونیومی معمولا در شیرابه یافت میشود و فرارسازی میتواند به طور موفقیت آمیزی برای حذف این آلایندهها به کار رود. برای اینکه روش کارآمد باشد، بایدPH بالا استفاده شده و فاز گازی آلوده نیز با

HClیا H2SO4 تصفیه گردد.

2-1-3-تصفیه با استفاده از فرایندهای غشایی در شیرابه محل دفن شامل :میکروفیلتراسیون، اولترافیلتراسیون، نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس

میکروفیلتراسیون(MF): همیشه بعنوان روشی موثر برای حذف کلوئیدها و ذرات معلق مدنظر است . همچنین بعنوان پیش تصفیه برای فرایند دیگر غشایی(RO- NF- UF) و واحد کمکی در تصفیه شیمیایی است، ولی به تنهایی نمی تواند استفاده شود .

اولترا فیلتراسیون(UF): برای حذف ماکرومولکولها و ذرات با وزن مولکولی بالا از شیرابه که باعث گرفتگی و اشکال در غشاهای اسمز معکوس می شود، بکار می رود .همچنین ممکن است بعنوان وسیله ای برای تفکیک مواد آلی بکار رود.

بیورآکتور غشایی : ترکیب تکنولوژی جداسازی غشایی و بیورآکتور است که امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته و در سیستم های فشرده وبا غلظت بیومس زیاد شرکت می کند وبا تولید لجن اندک ، خروجی با کیفیت عالی حاصل می نماید .این روش به طور گسترده ای برای تصفیه فاضلاب صنعتی و تصفیه شیرابه به کار رفته است.

نانوفیلتراسیون (NF): بعنوان راه حل چند منظوره در راه رسیدن به اهداف مختلف تصفیه آب مانند کنترل مواد آلی و معدنی و آلودگی های میکروبی است.

مطالعات اندکی بر روی استفاده از NF در تصفیه شیرابه صورت گرفته است .طبق بررسی های انجام گرفته حدود 60 الی 70 درصدCOD و 50 درصدآمونیوم توسطNF قابل حذف است .روشهای فیزیکی در ترکیب با نانوفیلتراسیون میتوانند نتایج قابل قبولی در حذف CODشیرابه(70 تا 80 درصد)بدست دهند.

اسمز معکوس(RO): یکی از امیدبخش ترین و کارآمدترین روشهای نوین تصفیه شیرابه به حساب می آید . مطالعات گوناگونی هم در مقیاس آزمایشگاهی و هم صنعتی برای جداسازی آلاینده ها از شیرابه محل دفن توسط

RO صورت گرفته است .ضریب عدم پذیرش پارامترهایCOD و فلز سنگین به ترتیب بیش از 98و 99 درصد گزارش شده است.

2-2-تبخیر شیرابه

دراین روش شیرابه را وارد برکه های تبخیر لاینرشده نموده تا به مرور زمان تبخیر گردد. این روش یکی از ساده ترین سیستم های مدیریت شیرابه است. روش تبخیر مزایای فراوانی دارد از جمله رعایت استانداردهای خروجی

با واحدهای عملیاتی کمتر نسبت به تصفیه خانه های معمول که دارای واحدهای عملیاتی و فرایندی بیشتری می باشد.

2-3-تخلیه شیرابه به شبکه های جع آوری فاضلاب شهری

درجاهائیکه محل دفن نزدیک شبکه جمع آوری فاضلاب واقع شده است یا جاهایی که فاضلابرو تحت فشار برای اتصال سیستم جمع آوری شیرابه محل دفن به یک سیستم جمع آوری فاضلاب می تواند استفاده گردد، اغلب شیرابه به شبکه جمع آوری فاضلاب تخلیه می گردد. دربسیاری از موارد یک عمل پیش تصفیه و استفاده و یا استفاده از چند روش تصفیه برای کاهش مقدار ترکیبات آلی شیرابه قبل از اینکه به فاضلابرو تخلیه شود ، ضروری است.

2-4- گردش مجدد شیرابه

یک روش موثر برای تصفیه شیرابه، جمع آوری وبازگردش شیرابه از محل دفن می باشد. هنگامی که شیرابه به به محل دفن برگردانده می شود غلظت اجزاء ترکیبی آن دراثر فعالیت های بیولوژیکی وسایر واکنش های فیزیکی وشیمیایی دردرون محل دفن زباله اتفاق می افتد ، کاهش می یابد .مزیت عمده بازکردش شیرابه به محل دفن ،بهبودی گاز محل دفن است که حاوی متان می باشد. این شیوه که ابتدا با همکاری سازمان ملل و دانشگاه فوکوکا در ژاپن انجام گرفته است، به روش فوکوکا معروف شده است و در کشورهای دیگر نظیر مالزی هم اجرا شده است.

اساس روش فوکوکا بر اساس یک فرآیند سادۀ فیزیکی بنا نهاده شده است . با بهره گیری ازاختلاف دمای موجود بین داخل و خارج محل دفن، که بر اثر انجام فرآیندهای تجزیه و فساد پدید آمده، هوا از طریق زهکش‌های تعبیه شده به داخل و میان لایه های زباله بطور طبیعی جریان پیدا می کند. این عمل ضمن کاهش شدید سرعت تولید گاز متان، موجب بهبود کیفیت شیرابه و همچنین تسریع واکنش های بیوشیمیایی و کوتاه شدن دوران فعالیت مدفن می گردد .همچنین در این روش با تزریق مجدد شیرابه به درون مدفن، که به روش "بازیافت شیرابه "معروف است، با بهره گیری از خاصیت ذاتی خود پالایشی(self-purify) لایه های زبالۀ مدفون شده به تثبیت زباله در مراحل اولیه کمک زیادی می شود. برقراری یک جریان دائمی شیرابه در داخل مدفن موجب واکنشهای بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی مختلفی می شود که علاوه بر کاهش میزان COD و BOD 5،TOC سبب تبدیل اسیدهای آلی موجود در شیرابه به گاز متان و دی اکسیدکربن می گردد که تأثیرات بسیار مثبتی در بهبود کیفیت شیرابه به همرا ه خواهد داشت. در ایران با توجه به بالا بودن درصد مواد

آلی در زایدات خانگی (حدود ۶۵ درصد) و در نتیجه بالا بودن حجم شیرابه و گاز تولیدی، به نظر می رسید طرح فوکوکا با توجه به اجرای سطحی آن، به خصوص در نقاطی که دارای سطح آب زیر زمینی نسبتاً بالایی هستند (مثل شهرهای شمالی و جنوبی کشور)، می توانست یک طرح قابل اجرا و بسیار مناسب باشد.

لازم به ذکر است که طرح دفن نیمه هوازی به روش فوکوکا برای اولین بار در مردادماه ۱۳۷۷ با همت سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران و پشتیبانی فنی و مالی دفتر اسکان بشر سازمان ملل متحد(Habitat)

و دانشگاه فوکوکای ژاپن در شکلی نمایشی در منطقه ای به وسعت ۲ هکتار و به صورت" روش سطحی" اجرا (Area Method) گردیدکه البته بعدها با اضافه نمودن ۷ هکتار دیگر از شکل آزمایشی خارج و به عنوان یک محل دفن واقعی مورد استفاده قرار گرفت .

2-5-کنترل حرکت شیرابه

همانگونه که شیرابه به داخل لایه زیرین نفوذ می کند به واسطه عمل فیلتراسیون وجذب سطحی توسط اجزاء تشکیل دهنده خاک اغلب اجزاء شیمیایی وبیولوژیکی از آن جدا می شود وبه طور کلی این عمل به خواص خاک ودرصد رس موجود درآن بستگی دارد. به دلیل احتمال خطری که درورود شیرابه به آبهای زیر زمینی وجود دارد، بهترین روش کنترل ، حذف یا نگه داشتن شیرابه درتوده زباله دفن شده می باشد.هنگامی که بازیابی گاز انجام می گردد نگهداری شیرابه درتوده زباله دفن شده بسیار با اهمیت است زیرا میزان رطوبت مورد نیاز باید درحد 60-50درصد نگداری شود که به مراتب بیشتر از حالت نرمال 25-20 درصد بوده وبرای تولید بیشترین مقدار گاز موثر خواهد بود.

3-سیستم های زهکشی شیرابه

بررسی های بعمل آمده در کشورهای صنعتی نشان می دهد که منابع آب زیر زمینی و سطحی در اطراف محل های دفن آلوده شده اند. در مدیریت شیرابه ها دو فاکتور مهم هستند: فاکتور اول جلوگیری از ورود رواناب ها به داخل محل دفن و سلول ها و فاکتور دوم زهکشی و جمع آوری شیرابه هستند. سیستم های زهکشی و جمع آوری شیرابه قبل از پر کردن محل دفن ساخته می شوند.این سیستم عبارت از یک لایه زهکش با مواد دانه ای با نفوذ پذیری زیاد و لوله های جمع آوری و هدایت شیرابه است. جدول یک فاکتورهای مهم در سیستم های زهکشی شیرابه را نشان می دهد.

جدول شماره (۱): فاکتورهای مهم در سیستم زهکشی شیرابه

مؤلفه	کاربرد
لایه زهکشی	لایه ای از شن با هدایت هیدرولیکی بالا جهت زهکشی افقی مایع به سمت لوله های زهکشی. این لایه زمان تماس شیرابه با زباله را کاهش می‌دهدوباید ضخامت آن حداقل ۳۰ cm وهدایت هیدرولیکی نیزحداقل ۱×۱۰^{-۳} cm/sec باشد.
شیب	جهت کمک به حرکت افقی شیرابه، شیب باید حداقل ۲٪ پس از نشستهای درازمدت باشد.
زهکشهای فرانسوی و سفالها	شیرابه هدایت شده و جمع شده در لوله ها را حداکثر نموده و در لوله جمع می کند. مواد مورد استفاده در زهکشهای فرانسوی باید از شن گرد با زوایای ناچیز و ضریب یکنواختی کمتر از ۴ و حداکثر قطر ذرات ۵ cm تشکیل شده باشد و یک لایه شن با حداقل عمق ۱۵ cm قبل از قرار دادن لوله های سفالی باید ریخته شود. حداقل ۱۵ cm در بالای لوله، اطراف لوله مورد استفاده از دو یا چند ردیف شکاف در محلهای ساعت ۲ و ۱۰ تشکیل شود. حداقل شیب ۰/۵٪ و حداقل قطر ۱۵ cm می باشد.
لایه فیلتر	یک لایه فیلتر جهت جلوگیری از ورود ریزدانه ها به لایه زهکش در بالای لایه زهکش ساخته می شود.
مواد زاید جامد	با هدایت هیدرولیکی ۱×۱۰^{-۵} cm/sec این مقدار معمولاً برای زباله های خرد نشده است و اغلب زباله هایی که کم کوبیده شده اند برای این کار مناسبند.

1-3-نمونه سیستم زهکشی

حال برای بررسی دقیق تر به بررسی سیستم زهکشی لندفیل شهرستان بابل می پردازیم. شیرابه تولیدی در محل دفن شامل دوقسمت شیرابه اولیه و شیرابه ثانویه می باشد. شیرابه اولیه ناشی از رطوبت موجود در پسماندهاست در حالیکه منشا شیرابه ثانویه نزولات جوی می باشد. با توجه به جمعیت شهر بابل، میزان پسماند تولیدی روزانه در این شهر 136 تن می باشد،از طرفی 83.6٪ زباله های تولیدی مواد فساد پذیر و مرطوب تشکیل می دهد و متسط درصد رطوبت زباله های فساد پذیر 70٪ می باشد. در اینصورت میزان تولید شیرابه های اولیه به صورت زیر می باشد.

جدول شماره (۲): میزان شیرابه اولیه و خصوصیات زباله در محل دفن زباله شهرستان بابل

مشخصات	مقدار
میزان رطوبت	۷۹/۵m³/روز
حجم زباله به صورت غیرمتراکم	۵۳۰/۷m³/روز
دانسیته زباله در حالت غیرمتراکم	۲۷۰Kg/m³
دانسیته زباله در حالت متراکم	۸۰۰Kg/m³
ظرفیت نگهداری زباله در محل (غیرمتراکم)	۰/۶cm/cm
ظرفیت نگهداری زباله در محل (متراکم)	۰/۳۹۸cm/cm
حجم آب قابل نگهداری زباله درحالت غیرمتراکم	۸۱/۰۹m³/روز
حجم زباله به صورت متراکم	۱۷۰m³/روز
میزان آب قابل نگهداری درزباله درحالت متراکم	۶۷/۶۶m³/روز
میزان شیرابه تولیدی در حالت متراکم	۱۱/۸m³/روز
دبی شیرابه تولیدی در حالت متراکم	۰/۱۳۶lit/ثانیه

با توجه به سابقه هواشناسی منطقه، نوع پوشش زباله و خاک رس موجود در محل و ضریب رواناب و ظرفیت نگهداری آب در خاک و با استفاده از نرم افزار WBM بیشترین میزان شیرابه ثانویه نیز معادل با 107.92 میلی متر در ماه به دست آمده است که با توجه به مساحت سه هکتاری لندفیل این میزان برابر با 0.000043 لیتر بر هر متر مربع بر ثانیه است.

3-1-1-طراحی پی ها

جهت طراحی پی های لندفیل،سه مورد برای خاک منطقه باید بررسی گردد:

1. آنالیز ظرفیت باربری پی ها
2. آنالیز نشست
3. آنالیز پایداری

با توجه به این که خاک رس منطقه مورد نظر از نوع رس بیش تحکیم یافته می باشد، از نظر آنالیز نشست مشکلی وجود ندارد. همچنین ظرفیت باربری خاک منطقه نیز بالا بوده و از بار ناشی از پسماند ها بسیار بیشتر می باشد. اما مشکل اصلی در این طراحی آنالیز پایداری می باشد که بایستی با توجه به نتایج آزمایشات مکانیک خاک و مدلسازی ها از حد اکثر شیب مجاز شیروانی استفاده کرد. در مورد مکان دفن زباله شهرستان بابل، این مقدار40٪ بدست آمده است.

3-1-2-طراحی آسترها

براساس مطالعات ژئوتکنیکی، حد اقل هدایت هیدرولیکی خاک منطقه $2.97 * 10^{-7}$ و حداکثر آن $2.90 * 10^{-4}$ سانتی متر بر ثانیه می باشد. معیار هدایت هیدرولیکی در مورد لایه نفوذناپذیر حداقل 10^{-7} سانتی متر بر ثانیه می باشد و ضخامت حداقل آن یک متر است. برای تامین مواد لازم در این لایه باید خصوصیات زیر لحاظ گردد:

حد روانی بیشتر از 30٪ و کمتر از 90٪، شاخص خمیری بیشتر از 15٪ و کمتر از 65٪، درصد عبوری از الک 0.074 میلیمتر بیشتر از 50٪، درصد رس بیشتر از 25٪.

در طی اجرا آستر رعایت موارد زیر ضروری است:

1. حداقل محتوای رطوبت در طی جایگذاری
2. استفاده از ماشین آلاتی مانند سیستم های دینامیکی نظیر غلتک پاچه بزی یا لغزنده
3. حداکثر ضخامت هر لایه
4. حداقل تعداد گذرها.

رعایت موارد 4 گانه مذکور جهت حصول اطمینان دستیابی به نفوذ پذیری مورد نظر و وجود حد اکثر 5٪ خلل و فرج هوا در خاک می باشد.

3-1-3-طرح سیستم زهکشی

این سیستم متشکل از سه مولفه اصلی با مشخصات زیر است:

- لایه با نفوذ پذیری بالا: این لایه متشکل از سنگدانه های با دامنه ابعاد 16 تا 32 میلیمتر می باشد که باید گد گوشه بوده و آهکی نباشند. در محل لندفیل شهرستان بابل این سنگ ها یافت نمی شوند. بنابر این باید از قراضه ها و یا سنگ شکن های اطراف به محل آورده شوند. ضخامت این لایه 30 سانتی متر می باشد و در سراسر محل دفن قرار می گیرد.حدود 10500 متر مکعب سنگدانه برای مساحت 3.5 هکتاری لند فیل نیاز است.
- سیستم جمع آوری: متشکل از لوله های سفالی است. به دلیل عدم تولید این نوع لوله در ایران باید از لوله های بتنی PE یا PVC استفاده کرد. در مورد لوله های PVC ممکن است شیرابه اثرات مخرب بر بتن داشته یا باعث تغییر شکل، خزش یا گیختگی شوند. برای جلوگیری از این شرایط بهتر است لوله در زیر زمین قرار داده شود.بدین منظور به اندازه قطر لوله در زیر آن از مصالح درشت دانه ریخته می

شود. سپس لوله در درون کانال قرار گرفته و روی آن به اندازه قطر لوله مجددا از مصالح درشت ریخته خواهد شد. لذا به ضخامت آستر به اندازه سه برابر قطر لوله افزوده خواهد شد.

- آستر به ضخامت یک متر از خاک رسی کوبیده با ضریب هدایت هیدرولیکی کمتر از 10^{-7} سانتی متر بر ثانیه.

4-منابع

1. Bagheri M, Bazvand A, Ehteshami M, Application of artificial intelligence for the management of landfill leachate penetration into groundwater, and assessment of its environmental impacts, *Journal of Cleaner Production* (2017), doi: 10.1016/j.jclepro.2017.02.157.

2 . فتح پور کاشانی،مرتضی؛ اکبر پور نیک قلب رشتی، عباس؛ *سیستم جمع آوری شیرابه مدفن های بهداشتی با استفاده از مصالح ژئوسنتتیک* ، دومین کنگره بین المللی معماری، سازه و توسعه شهری؛ تبریز؛ 2014

3 . فخاریان، کاظم؛ عالمی، رسول؛ عبدی، مرتضی؛ *بررسی پایداری محل دفن مواد زائد جامد شهری به روش فوکوکا در کهریزک تهران* ، 1384

4 . عبدلی، محمد علی؛ معتمدی مهر، شهریار؛ *زمین دفن بیوراکتوری*؛هشتمین همایش ملی بهداشت محیط ، 1384

5 . توکلی شیرازی، نیما؛ *بررسی رویکردهای متفاوت مدیریت و ساماندهی شیرابه در اماکن دفن بهداشتی مواد زائد جامد* ، چهارمین کنفرانس آب، پساب و پسماند ،1392

6 . عبدلی، محمد علی؛ *سیستم های جمع آوری شیرابه در محل های دفن مواد زائد جامد شهری مطالعه موردی: شهرستان بابل*؛مجله محیط شناسی ش 28 ، 1380