



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

تخلیه آنتی اکسیدان از ژئوممبران پلی اتیلن با تراکم بالا تحت شرایط شبیه

سازی شده محل دفن زباله

چکیده

آزمون های پیری تسریع شده به منظور بررسی آنتی اکسیدان ها از ژئوممبران پلی اتیلن با تراکم بالا توصیف شده اند. اثرات دما، فشار بالا، و گردش مداوم شیرابه در پیری ژئوممبران ها در سیستم های لاینر کامپوزیت بررسی می شوند. نرخ تخلیه آنتی اکسیدان (به ترتیب ۰,۰۵، ۰,۱۹ و ۰,۴۱ در ۵۵، ۷۰، و ۸۵ °C) به دست آمده برای لاینر شبیه سازی شده محل دفن زباله در ۲۵۰ کیلو پاسکال فشار عمودی به طور مداوم کمتر از مقدار به دست آمده از آزمون غوطه وری شیرابه سنتی در همان ژئوممبران است (۰,۱۲، ۰,۳۹، و ۱,۱ ماه، ۵۵، ۷۰، و ۸۵ °C). این اختلاف منجر به افزایش قابل توجهی در زمان تخلیه آنتی اکسیدان در دمای لاینر محل دفن زباله معمولی (۳۵ °C) با ۴۰ سال پیش بینی شده بر اساس داده ها از آزمون های شبیه ساز لاینر محل دفن زباله، در مقایسه با ۱۵ سال پیش بینی شده برای ژئوممبرین مشابه بر اساس آزمون غوطه وری شیرابه می شود. در این آزمایشات، تبلور و ککش نشاندهنده کرنش افزایش یافته ژئوممبران در مراحل اولیه از پیری بود و پس از آن در طول دوره آزمایش نسبتاً ثابت باقی ماند. هیچ تغییر قابل توجهی در خواص ژئوممبران در دوره آزمایش وجود نداشت.

سرعنوان های موضوعی پایگاه CE: دوام، Geomembranes، محل های دفن زباله، لاینرهای محافظ، عمر خدمات، دما، مواد زائد جامد، اکسیداسیون.

کلمات کلیدی نویسنده: استقامت، Geomembranes، محل های دفن زباله، لاینرهای محافظ، عمر خدمات، دما، HDPE، ضایعات جامد شهری.

مقدمه

یک سیستم پایه لاینر دفن زباله های مدرن جامد شهری (MSW) معمولی، از بالا به پایین، شامل: لایه شیرابه زهکشی / جمع آوری، لایه محافظ ژئوتکستایل بافته نشده سوزن-پانچ شده (GT) و لاینر کامپوزیت ژئوسنتتیک، به طور معمول شامل ژئوممبران با ضخامت ۱,۵ یا ۲,۰ میلی متر و یا لاینر رسی ژئوسنتتیک (GCL) و یا لاینر فشرده خاک رس و یا هر دو می شود. به علت مقاومت عالی آنها در برابر جریان افقی و مهاجرت پخش کننده آلاینده های غیر آلی، geomembranes پلی اتیلن با تراکم بالا (HDPE) به طور گسترده به عنوان بخشی از لاینر کامپوزیت در محل های دفن زباله مدرن استفاده می شوند. (Rowe et al. 2004; Bouazza et al. 2007; Rowe et al. 2009; Brachman and Gudina 2008a,b; Saidi et al. 2008; al. 2008). اگر چه، عملکرد طولانی مدت لاینر ژئوممبران تحت شرایط میدانی مشخص نیست، طول عمر بالقوه آلوده محل های دفن زباله به احتمال زیاد به اندازه قرن ها خواهد بود (Rowe et al. 2004). ژئوممبران باید به طور دقیق به عنوان یک مانع انتشاری و هیدرولیک موثر در سراسر طول عمر بالقوه آلوده محل دفن زباله تشکیل شود. برخی بررسی های میدانی (Brady et al. 1994; Schmidt et al. 1984; Rollin et al. 1994; Maisonnette et al.; Rowe et al. 2003; al. 1997) شواهدی را فراهم نموده اند که ژئوممبران HDPE می تواند پیری یا تنزل را گذشت زمان تجربه نماید.

ژئوممبران های HDPE می توانند به علت اکسیداسیون، استخراج، تخریب اشعه ماوراء بنفش، و تخریب حرارتی، دستخوش تخریب قرار گیرند. در این میان، اکسیداسیون پلیمر به عنوان مهم ترین مکانیسم تخریب در نظر گرفته می شود. (Hsuan and Koerner 1995). با پیشرفت اکسیداسیون، خواص فیزیکی و مکانیکی ژئوممبران کاهش می یابد که در نهایت منجر به خرابی ژئوممبران می شود. به منظور محدود کردن اکسیداسیون پلی اتیلن، تثبیت کننده های مناسب (آنتی اکسیدان ها) به رزین های مورد استفاده برای تولید ژئوممبرین اضافه می شوند. رایج ترین انواع آنتی اکسیدان های اضافه شده به HDPE geomembranes همراه با محدوده درجه حرارت موثر آنها توسط King و Fay (۱۹۹۴) و Hsuan and Koerner (۱۹۹۸) و توصیف شده اند. Viebke et al. (۱۹۹۴) و Hsuan and Koerner (۱۹۹۸)، تنزل اکسیداتیو را به صورت فرآیندی سه مرحله ای توصیف نموده اند. مرحله I شامل

تخلیه آنتی اکسیدان ها می شود که توسط واکنش های شیمیایی از آنتی اکسیدان ها با اکسیژن، رادیکال های آزاد و یا از دست دادن هیدروپروکساید و / افت یا فیزیکی توسط نفوذ، تبخیر، استخراج، و یا شستشو ایجاد می شود (Sangam and ;Gedde et al. 1994; Hsuan and Koerner 1998; Haider and Karlsson 2002)

Rowe 2002; Dopico Garcia et al. 2004). در مدت مرحله ۱، خواص مهندسی ژئوممبران به میزان قابل توجهی تغییر نمی کند. مرحله II، زمان القاء تا شروع تخریب است و پس از اینکه آنتی اکسیدان ها تخلیه می شوند شروع می شود. پایان مرحله II مربوط به زمانی است که اکسیداسیون باعث اولین تغییر قابل اندازه گیری در ژئوممبران می شود. در مرحله III، اکسیداسیون باعث تغییرات قابل ملاحظه ای در خواص فیزیکی و مکانیکی می شود که در نهایت به خرابی ژئوممبران منجر خواهد شد. خرابی در این زمینه به کاهش در ویژگی های مهندسی (به عنوان مثال، مقاومت در برابر لاینرس، ترک، تنش شکست کششی، و کرنش شکست کششی) به یک مقدار مشخص اشاره می کند. مقدار تعریف کننده پایان مرحله III تا حدودی ذهنی است و تعاریف مختلف انتخاب من را بسته به شرایط مهندسی می کند. دو مقدار بیشتر مورد استفاده شده متناظر با ۵۰ درصد از مقدار اولیه و یا مقدار مشخص شده است (دومی برای محصولاتی منصفانه تر است که مقدار اولیه آنها، مانند مقاومت در برابر تنش-ترک به طور قابل توجهی بیش از حداقل مقدار مشخص شده است). عمر خدمات ژئوممبران HDPE به عنوان مجموع مدت زمان سه مرحله بالا در نظر گرفته می شود.

به علت زمان طولانی مورد نیاز برای به دست آوردن نتایج از شرایط واقعی، آزمایشگاه، تست پیری برای ارزیابی اجزای عمر ژئوممبران را تسریع نمود. اغلب به طور معمول، آزمایشات غوطه وری برای ارزیابی تخلیه آنتی اکسیدان (مرحله I) برای HDPE geomembranes استفاده می شود. (به عنوان مثال Hsuan and Koerner 1998; Jacob 2003; Gulec et al. 2004; Rimal et al. 2004; Sangam and Rowe 2002; Muller and a, b 2009; Rowe and Rimal 2008b; Rowe et al. 2008; Rimal and Rowe ; Jeon et al. 2008 را ببینید). آزمایشات غوطه وری توسط پرورش ژئوممبرین در محیط های مورد علاقه، به عنوان مثال، هوا، آب، شیرابه، زهکشی معدن اسید، و یا سوخت جت انجام می شود. انتظار می رود زمان پیش بینی شده تخلیه آنتی

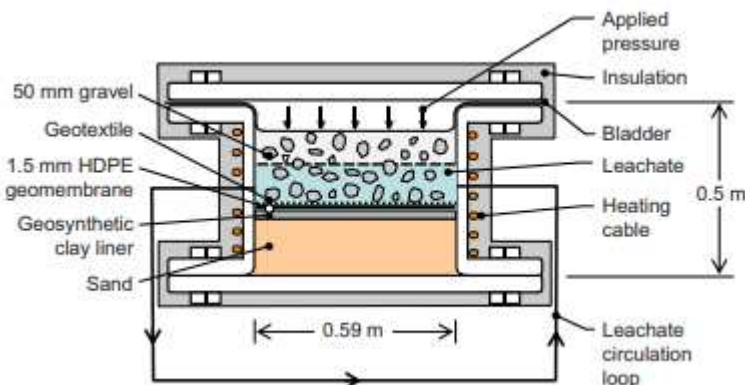
اکسیدان از آزمون غوطه وری زمان تخلیه واقعی نسبت به اکثر برنامه های کاربردی میدانی دست کم گرفته شود، زیرا هر دو طرف ژئوممبران در معرض شیرابه قرار می گیرند. زمان تخلیه آنتی اکسیدان واقعی به احتمال زیاد در محل های دفن زباله طویل تر خواهد بود، به این دلیل، در مناطقی که در آن هیچ چاله ای در ژئوممبران وجود دارد، تنها یک طرف از ژئوممبران در معرض شیرابه محل دفن زباله قرار خواهد گرفت. با این حال، تنها سه مطالعات پژوهشی در نوشته ها وجود دارد (Hsuan and Koerner 1998; Rowe and Rimal 2008a,b) که برای بررسی پیری ژئوممبران در شرایط شبیه سازی شده لاینر تلاش نموده اند، همانطور که در زیر مورد بحث قرار گرفته است.

Hsuan and Koerner (۱۹۹۸) شتاب تست پیری را با استفاده از ژئوممبران HDPE 1.5 میلی متر در چهار دمای بالا (۵۵، ۶۵، ۷۵، و ۸۵ °C) تحت فشار ۲۶۰ کیلو پاسکال در حالت عمودی انجام دادند. یک لایه شن و ماسه خیس اشباع شده با ضخامت ۱۰۰ میلی متر در بالا ژئوممبرین و ژئوممبرین قرار گرفته روی شن و ماسه خشک وجود دارد. زمان عمر آنتی اکسیدان (مرحله I) در ۲۰۰-۲۱۵ سال در ۲۰ °C در این مطالعه پیش بینی شد. هیچ تغییری در خواص دیگر ژئوممبران (ویژگی های چگالی، شاخص ذوب شدن (MI) یا کشش) در دوره پیری ۲۴ ماه مشهود نبود. لازم به ذکر است که این مورد برای کاربرد مخزن آب در منطقه خشک (که در آن آب در بالا وجود دارد، اما شن و ماسه خشک زیر ژئوممبرین قرار دارد) نسبت به محل های دفن زباله که در آن لاینر خاک رس نزدیک به اشباع زیر ژئوممبرین و شیرابه محل دفن در بالای آن وجود خواهد داشت، قابل اجراتر است.

Rowe و Rimal (2008b)، تخلیه آنتی اکسیدان ها را از ژئوممبران ۱.۵-HDPE mm در دماهای ۲۶، ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درجه برای یک لاینر ترکیبی شبیه سازی شده بررسی نمودند. شعاع داخلی و ارتفاع دستگاه آزمایش تقریباً ۱۵۰ و ۱۷۰ میلی متر به ترتیب بود. لاینر ترکیبی شامل (از بالا به پایین): شن (۱۹ میلیمتر اسمی) لایه، یک لایه محافظ GT (در معرض شیرابه دفن زباله مصنوعی MSW)، ژئوممبران HDPE 1.5 میلی متر، و GCL هیدراته روییک لایه شن و ماسه مرطوب. آنها زمان تخلیه آنتی اکسیدان را در حدود ۱۳۵ سال در ۲۰ °C برای

ژئوممبرین خاص مورد بررسی قرار گرفته پیش بینی نمودند. خواص کششی و MI هیچ تغییر قابل توجهی در دوره آزمایش ۳۵ ماهه را نشان نداد.

برای مقایسه با رفتار با استفاده از یک لایه محافظ GT سنتی که توسط Rowe و Rimal استفاده می شود (B۲۰۰۸)، Rowe و Rimal (۲۰۰۸a) تخلیه آنتی اکسیدان ها را برای دو لایه حفاظت مختلف مورد بررسی قرار دادند: (۱) یک لایه شن و ماسه ۱۵ میلی متر با ضخامت بالاتر از GT و (۲) GCL اشباع شده بالاتر از GT. همه متغیرهای دیگر (دما، اندازه دستگاه، نوع شیرابه، نوع شن، و غیره) مانند قبل بودند. زمان تخلیه آنتی اکسیدان ها به اندازه ۱۸۰ و ۲۳۰ سال به ترتیب برای ماسه و لایه های حفاظتی GCL در ۲۰ درجه در مقایسه با ۱۳۵ سال برای لایه حفاظتی GT رایج محاسبه شد. این نتایج نشان می دهد که ماسه اضافی یا لایه حفاظت GCL می تواند برای عملکرد طولانی مدت ژئوممبران های HDPE سودمند باشد. GCL به بهترین شکل عمل نمود زیرا محتولیان شیرابه (فلزهای باقیمانده و مواد فعال سطحی) را از تماس مستقیم با ژئوممبران تضعیف نمود. لایه های حفاظتی اصلاح شده، پتانسیل شار انتشاری به سمت بیرون آنتی اکسیدان ها را از ژئوممبران کاهش داد.



شکل ۱. سطح مقطع از طریق GLLS

بررسی های ذکر شده در بالا، همه دارای محدودیت هایی با توجه شبیه سازی شرایط میدانی در محل دفن زباله MSW می باشند. به طور مثال، Hsuan and Koerner (۱۹۹۸) یک ژئوممبران را به تنهایی (یعنی نه یک لاینر ترکیبی) در تماس با آب در یک طرف (نه شیرابه) بررسی نمودند. Rowe and Rimal (۲۰۰۸a,b)، سیستم لاینر کامل را شبیه سازی نمودند اما لاینر را برای ژئوممبران اعمال ننمودند. هرچند شیرابه استفاده شده توسط

Rowe and Rimal (۲۰۰۸, a, b)، هر دو هفته جایگزین می شد، هیچ چرخشی از شیرابه در دوره جایگزینی دو هفته ای وجود نداشت.

اخیراً دستگاه آزمایشگاهی جدید و رویه های آزمایشی برای شبیه سازی شرایط مواجهه شیمیایی، دما و فیزیکی توسعه یافته است که برای یک سیستم لاینر پایه دفن زباله MSW در میدان انتظار می رود (Brachman et al. 2008). هدف از این مقاله، برای اولین بار، بررسی تخلیه آنتی اکسیدان ها تحت شرایط دفن زباله شبیه سازی شده، شامل جریان شیرابه مصنوعی در بالای لایه محافظ لاینر اعمال شده مشابه با چیزی است که در میدان انتظار می رود.

بررسی آزمایشی

GLLS

آزمایشات پیری تسریع یافته با استفاده از یک شبیه سازی طویل کننده لاینر ژئوسنتتیک طراحی شده خاص (GLLS) انجام شد. شکل ۱ نشان دهنده سطح مقطع عمودی از طریق GLLS است. GLLS یک مجرای فشار فولادی استوانه ای دارای قطر داخلی ۵۹۰ میلی متر و ارتفاع ۵۰۰ میلی متر است. آزمایشات گزارش شده در اینجا با یک فشار عمودی ۲۵۰ کیلوپاسکال انجام شد (معادل با تقریباً ۲۰ متر ضایعات) که توسط متورم نمودن تیغه لاستیکی از بالا با هوای فشرده اعمال شد. برای محدود نمودن اصطکاک مرزی در سمت دیواره GLLS، یک پرداخت اصطکاک شامل دو ورقه پلی اتیلن ۰٫۱ میلی متری نازک با گریس یاتاقان با دمای بالا روغنکاری شد. با این پرداخت، زاویه اصطکاک واسطه در سمت GLLS، کمتر از ۵ درجه است (Tognon et al 1999) و منجر به بیش از ۹۵٪ فشار عمودی اعمال شده می شود که روی ژئوممبران عمل می کند (Brachman and Gudina 2002). آزمایشات در سه دمای بالا رفته توسط بسته بندی کابل های گرمایشی حول محیط بیرونی بخش استوانه ای GLLS انجام شدند. بر اساس آزمایشات نمونه اولیه، نوع و طول کابل گرمایشی و سیستم عایق بندی برای حفظ دماهای نقطه ای در ژئوممبران در ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درجه در ۱°C انتخاب شدند (Brachman et al. 2008)

جدول ۱. خواص اولیه ژئوممبران بررسی شده

خواص	روش	واحد	انحراف استاندارد + میانگین مقدار
ضخامت اسمی			
زمان القای اکسیداتیو استاندارد			
فشار زمان القا اکسیداتیو			
تبلور			
MI (21.6 kg/190°C)			
تراکم			
مقاومت تک نقطه ای در برابر تنش-ترک			
خواص کششی (جهت دستگاه)			
قدرت در عملکرد			
قدرت در شکست			
کرنش در عملکرد			
کرنش در نقطه شکست			
خواص کششی (جهت متقابل دستگاه)			
قدرت در عملکرد			
قدرت در شکست کیلو نیوتن / متر			۴۳,۷ ± ۶,۱
کرنش در عملکرد			۱۸,۵ ± ۰,۴۰
کرنش در نقطه شکست			

لایبر ترکیبی شبیه سازی شده

لایبر کامپوزیت مورد آزمایش قرار گرفته (از بالا به پایین) شامل: یک لایه شن درشت دانه با ضخامت ۱۵۰ میلی متر، یک لایه محافظت GT، ژئوممبران HDPE دست نخورده با ضخامت 1.5 میلی متر، و GCL پوشش دهنده لایه پایه شن و ماسه فشرده با ضخامت ۱۵۰ میلی متر (شکل ۱). این شن، ۵۰ میلی متر سنگ آهک خرد اسمی معمول استفاده شده در لایه های جمع آوری زباله های دفن شده در انتاریو، کانادا بود و به صورت فشرده نشده در وزن مخصوص ظاهری ۱,۵ g/cm³ قرار داده شد. GT بافته نشده پانچ شده با سوزن با ضخامت ۴,۱ میلی متر ASTM 2008h، یک جرم در واحد سطح ۵۸۰ g/m² ASTM 2008g، و مقاومت کششی و ازدیاد طول ۱۶۹۰

نیوتن و ۴۵-۱۰۵ بود (ASTM 2008e). ژئوممبران HDPE با Internatiuonal Solmax ، Varennes ، Qubec ساخته شد. جدول ۱ خواص اولیه ژئوممبرین را نشان می دهد. GCL دارای یک حامل بافته شده فیلم تقسیم شده و GTS بافته نشده پوششی بود و تحت فشار ۲۰ کیلو پاسکال به مدت ۱۵ روز قبل از قرار دادن آن در GLLS هیدراته شد. جرم در واحد سطح برای GCL (ASTM 2008f) ، GT حامل (ASTM 2008g)، و پوشش GT (ASTM 2008g) ۳,۶۶ kg/m² ، ۱,۰۵ ، و ۲۰۰ g/m² بود. متوسط ضخامت GCL هیدراته در حدود ۹-۱۲ میلی متر بود. یک مهر و موم بنتونیت در لبه بیرونی ژئوممبران دایره ای در GLLS برای جلوگیری از نشت شیرابه به زیر ژئوممبرین قرار داده شد. شن و ماسه متوسط ضعیف درجه بندی شده با وزن مخصوص ۲,۶۷ به عنوان لایه پایه استفاده شد. شن و ماسه در محتوای آب ۷,۵٪ (ظرفیت میدانی برای این شن و ماسه) در شش لایه فرعی با استفاده از زمین کوب تخت از سمت پایین با یک چگالی خشک از ۱,۶۵ g/cm³ متراکم شد.

شیرابه مصنوعی

شیرابه مصنوعی مورد استفاده در این مطالعه با مخلوط کردن فلزات کم و ضروری، سورفاکتانت، و عامل کاهنده در آب مقطر تولید شد که در جدول ۲ جزئیات آن آمده است. این شیرابه بر اساس مطالعه انجام شده توسط Rowe و همکاران (۲۰۰۸) انتخاب شد که نشان دادند که این ماده شامل اجزای شیرابه MSW (به عنوان مثال، فلزات کم و سطحی) می شود که روی پیری geomembranes HDPE تاثیر می گذارند.

برای شبیه سازی سناریوی ممکن در محل دفن زباله که در آن شیرابه به طور مداوم از طریق یک سیستم جمع آوری شیرابه جمع آوری می شود، شیرابه در این مطالعه به طور کامل با شیرابه های تازه تهیه شده، هر دو هفته جایگزین شد. فرکانس ۲ هفته ای تجدید شیرابه که در این مقاله اتخاذ شد بر اساس یک مطالعه بود که در فرکانس های مختلف تجدید شیرابه در تخلیه آنتی اکسیدان مورد بررسی قرار گرفت. (Rowe ۲۰۰۸). شیرابه در GLLS به طور مداوم بین دوره های ۲ هفته ای رفع خستگی با استفاده از یک پمپ گردش خارجی (شکل ۱) مخلوط شد. چندین کارآزمایی مخلوط کردن با تغییر پیکربندی پورت و سرعت جریان گردش برای اطمینان از اینکه سیستم ترکیب یکنواخت و مناطق دور از جریان راکد شیرابه را در GLLS ارائه می دهد، انجام شد (Brachman و

همکاران . ۲۰۰۸). نتایج حاصل از ترکیب آزمایش نشان داد که نرخ جریان ۲۲۵ میلی لیتر / دقیقه در حلقه چرخه، بهترین نتیجه ترکیب را تولید می کند و این میزان در مطالعه حاضر به تصویب رسید.

جدول ۲. ترکیب شیرابه مصنوعی

Component	Concentration (mg/L) (except where noted)
Trace metal solution ^{a,b} (mL/L)	1
Surfactant, Igepal CA720 (mL/L)	5
E_h (adjusted by $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) (mV)	~-120
Composition of trace metal solution	
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2,000
H_3BO_3	50
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	50
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	40
$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	500
$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	50
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$	30
$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	150
$\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	500
H_2SO_4 (mL/L)	1

a یک ترکیب محلول با فلز کم.

b اصلاح شده از Hrapovic (۲۰۰۱)، ۱ میلی لیتر از محلول فلز بسیار کم در ۱ شیرابه مصنوعی اضافه شد.

روش های آزمون

سطح وجود آنتی اکسیدان در ژئوممبرین به طور معمول از نظر زمان القاء اکسیداتیو (OIT) ژئوممبران ارزیابی می شود. Hsuan and Koerner 1995, 1998; Surmann et al. 1997; ; ۱۹۹۵. Maisonneuve et al. 2003; Gulec et al. 2004; Rimal et al. 2004; Sangam and Rowe 2002; Muller and Jacob 2003; Rimal 2008a,b; Rowe et al. 2008, 2010 Rowe and (STD-OIT) استاندارد OIT های آزمون (ASTM 2008j) در 200°C در ۳۵ کیلوپاسکال با استفاده از ابزارهای کالری متر TA سری Q 100 اسکن دیفرانسیل (DSC) مجهز به یک نمونه بردار اتوماتیک انجام شد. آزمون های OIT با فشار بالا (HP-OIT) (ASTM 2008k) در 150°C و ۳۵۰۰ کیلو پاسکال با استفاده از DSC ابزار ۲۹۱۰ TA انجام شد.

درجه تبلور geomembranes مطابق با ASTM E794 (ASTM 2008i) با استفاده از یک DSC اندازه گیری شد که برای اندازه گیری STD-OIT مورد استفاده قرار گرفت. درصد تبلور با تقسیم حرارت اندازه گیری شده فوزیون ژئوممبرین ها از گرمای هم جوشی از ۱۰۰٪ نمونه HDPE بلوری محاسبه شد i.e., 293 J/g [Brandrup et al. 1999].

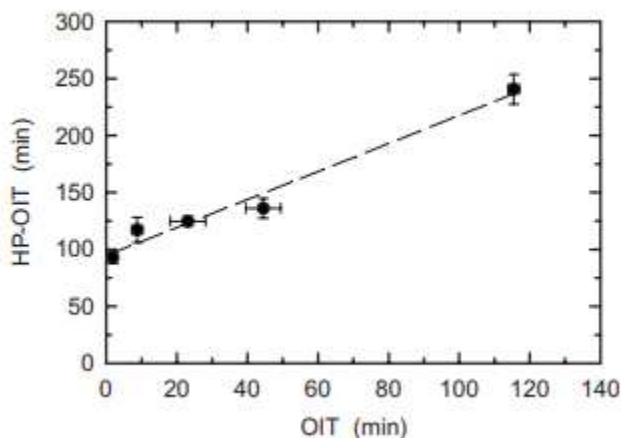
آزمون MI، یک آزمایش کیفی برای ارزیابی وزن مولکولی پلیمر های مختلف است و می تواند برای نظارت بر تغییرات در وزن مولکولی به علت تخریب اکسیداتیو مورد استفاده قرار گیرد (Koenner 1998 و husan). اکسیداسیون در پلیمر می تواند سبب ارتباط متقابل یا واکنش های زنجیره ای در پلیمر (Koenner و husan 1998) شود. به طور کلی، نتایج واکنش ارتباط متقابل، کاهش مقدار MI است، در حالی که یک واکنش زنجیره ای بریدگی باعث افزایش در مقدار MI می شود. شاخص ذوب Dynisco (مدل D4002) برای اندازه گیری MI در ASTM D1238 (ASTM 2008a) ژئوممبران مطابق با مورد استفاده قرار گرفت. تست کشش مطابق با ASTM D6693 (ASTM 2008c) (نوع IV) با استفاده از نمونه های دمبل شکل در یک دستگاه تست کششی Zwick Roell (مدل Z020) در نرخ کرنش ۵۰ میلی متر / دقیقه انجام شد. ده نمونه تکراری در هر رخداد نمونه برداری مورد آزمایش قرار گرفتند: پنج تا در طول جهت دستگاه و پنج تا در جهت متقابل و میانگین در هر جهت گزارش شد.

نتایج و بحث

آزمایش STD-OIT در مقابل آزمایش HP-OIT در سنجش تخلیه آنتی اکسیدان

این امکان وجود دارد که درجه حرارت مورد استفاده در تست STD-OIT (۲۰۰ °C) بتواند برخی از آنتی اکسیدان ها را بخار نماید (به عنوان مثال، آمین های تاخیر یافته و thiosynergists) مورد استفاده در فرمولاسیون برخی از geomembranes. برای ارزیابی اینکه آیا این مشکل برای ژئوممبرین مورد استفاده در این مطالعه وجود دارد یا خیر، نتایج تست های HP-OIT با تست STD-OIT (شکل ۲) مقایسه شد. رابطه خطی بین HP-OIT و STD-OIT حاکی از این بود که هیچ thiosynergists یا آمین تاخیر یافته در ژئوممبرین مورد بررسی قرار

گرفته وجود ندارد (Husan و Koerner 1998) و آزمون STD-OIT یا آزمون HP-OIT می تواند برای ارزیابی تخلیه آنتی اکسیدان ها برای این ژئوممبران استفاده شود.



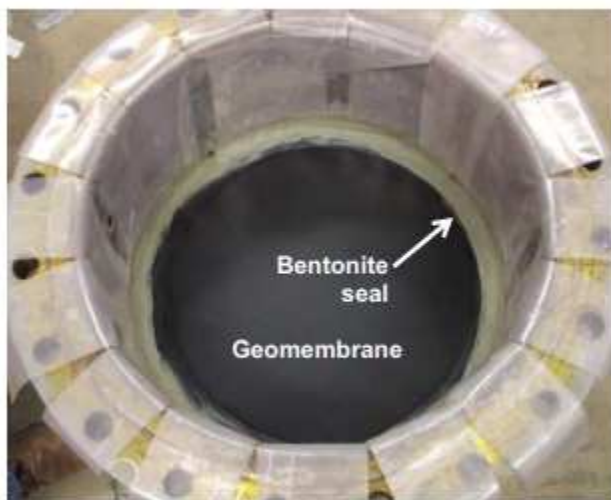
شکل ۲. HP-OIT و Std-OIT در 85°C

انواع آنتی اکسیدان های مورد استفاده در فرمولاسیون ژئوممبران توسط تولید کننده فراهم نشد. برای فراهم نمودن شواهدی مستقیم در حمایت از تداخل ذکر شده در بالا، یک نمونه ژئوممبران دست نخورده به Ciba Testing Services، شهر Tarry, N,Y برای تجزیه تحلیل آنتی اکسیدان ها فرستاده شد. نتایج حاکی از عملکرد آنتی اکسیدان های زیر در ژئوممبران بود: فنول تاخیر یافته (Irganox 1010 and Irganox 1076) و فسفیت ها (Islam 2009) Irgafos 168 PO₃ and Irgafos 168 PO₄. ماکزیمم دمای موثر این آنتی اکسیدان ها ۳۰۰ درجه است. هیچ پایدارکننده نوبری آمین تاخیر یافته ای (HALS) یا thiosynergists وجود ندارد (که ماکزیمم دمای موثر آن در گستره ۱۵۰ تا ۲۰۰ باشد) در ژئوممبران شناسایی نشد. نتیجتاً، نتایج توصیف شده در بخش های زیر بر اساس آزمایشات Std-OIT است.

تغییرات فضایی OIT در آزمایش GLLS

ظهور فیزیکی ژئوممبران HDPE قبل و بعد از انجام آزمایش در اشکال ۳ و ۴ به ترتیب نشان داده شده است. به علت لاینرس عمودی اعمال شده و دمای آزمایش، تغییرات شکل های پایدار متعدد در تمام نمونه های ژئوممبران بعد از تکمیل یک آزمایش مشهود هستند (شکل ۴). نتیجتاً، نمونه ها برای آزمایشات OIT از چندین موقعیت

نزدیک و در بین تماس های شن و ماسه ها برای ارزیابی تغییرپذیری OIT بین این موقعیت ها گرفته شده است. شکل ۴ نشان دهنده موقعیت های نمونه برداری OIT برای آزمایش GLLS ۲ ماهه در ۷۰ درجه است. در هر موقعیت نمونه برداری، حداقل سه نمونه تکراری آزمایش شد و مقادیر متوسط OIT با توجه به فاصله از دیواره داخلی GLLS ترسیم شدند (شکل ۵). متوسط مقادیر OIT برای موقعیت های تماس بین شن و ماسه ها (۶۵۴,۶ دقیقه برای آزمایشات GLLS ۲ ماهه در ۷۰ درجه) برای موقعیت های شن و ماسه در نزدیکی هم کم بود (۶۵۴,۶ دقیقه برای آزمایشات GLLS ۲ ماهه در ۷۰ درجه). این تفاوت به این علت است که جریان کمتری از شیرابه در نزدیکی شن و ماسه ها وجود دارد. هرچند با توجه به انحراف معیار نتایج، نمی توان نتیجه گرفت که تفاوت در مقادیر متوسط OIT به دست آمده برای تماس های نزدیک شن و ماسه و تماس های بین شن و ماسه از نظر آماری چشمگیر باشد.



شکل ۳. عکس نشاندهنده درون یک GLLS بعد از قرار دادن ژئوممبران. چسب بنتونیت حول محیط ژئوممبران برای جلوگیری از نشت شیرابه.



شکل ۴. عکس آزمایش GLLS ۲ ماهه در ۷۰ درجه که نشاندهنده موقعیت های نمونه برداری دایره وار به صورت توپر (برای تماس شن و ماسه در نزدیکی هم) و خطوط نقطه نقطه (برای تماس های بین شن و ماسه). پورت های ورودی و خروجی شیرابه توسط فلش ها نشان داده شده اند.

شکل ۵. نشان داد که تفاوت معنی داری در مقادیر OIT از مرکز به لبه بیرونی GLLS وجود ندارد. نتایج مشابه برای همه تست های دیگر GLLS (Islam ۲۰۰۹) مشاهده شد. با توجه به این ژکه هیچ تفاوت ظاهری معنی داری بین مقدار OIT تماس زیر و بین شن وجود نداشت، مقدار OIT گزارش شده در ادامه این مقاله بر اساس متوسط مقدار OIT با توجه به هر دو است.

تخلیه آنتی اکسیدان در دماهای بالا برده شده

مقادیر OIT، با نرخ فزاینده تخلیه OIT با افزایش دمای، با زمان کاهش یافت، (شکل 6a) همانطور که در مطالعات دیگر مشاهده شده است (Hsuan and Koerner 1995, 1998; Sangam; Hsuan and Guan 1998; Rowe and Rimal 2008a,b; Rowe et al. 2008, 2010; ۲۰۰۴ and Rowe 2002; Gulec et al). مقادیر OIT با مقدار باقیمانده در حدود ۱,۵ دقیقه بعد از حدود ۷-۸ ماه در ۸۵ درجه سانتیگراد کاهش یافت. در ۷۰ درجه، OIT در ۲۱ ماه به مقدار تعادل نزدیک شد. در ۵۵ درجه، مقادیر OIT تا انتهای دوره گزارش، به مقدار

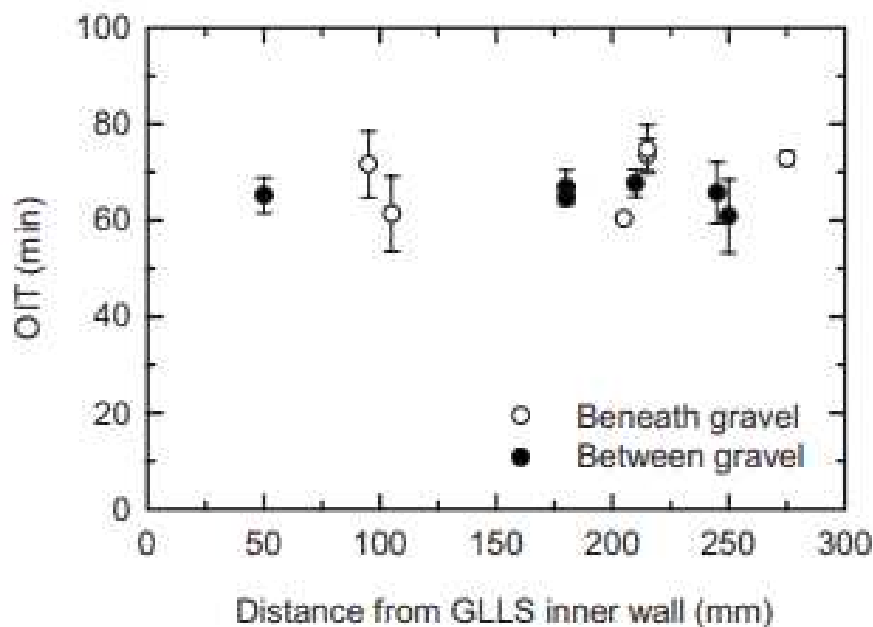
باقیمانده نرسید (۲۱ ماه)، هر چند داده های مختلف برای میسر نمودن ارزیابی نرخ تخلیه OIT در هر دما به صورت نشان داده شده در زیر جمع آوری نشد.

تخلیه OIT می تواند توسط رابطه میرایی مرتبه اول توصیف شود (Hsuan and Koerner 1998):

$$OIT_t = OIT_o e^{-st} \quad (1)$$

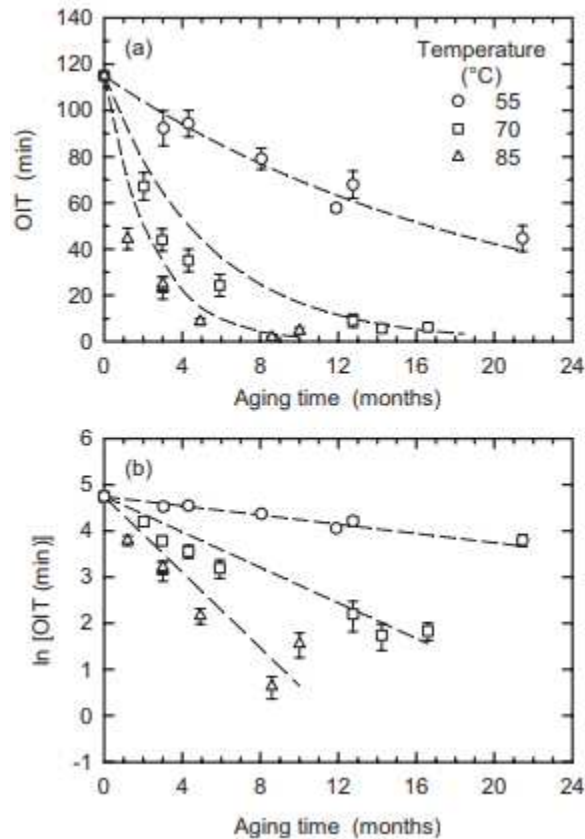
با در نظر گرفتن لگاریتم طبیعی در هر دو طرف، این تبدیل می شود به

$$\ln(OIT_t) = -st + \ln(OIT_o) \quad (2)$$



شکل ۵. تغییرات فضایی OIT بعد از ۲ ماه از ۷۰ درجه سانتیگراد. میله های خطا نشان دهنده انحراف استاندارد

نتایج آزمون در هر موقعیت.



شکل ۶. تغییرات در (a) OIT؛ (b) در OIT با زمان در ۵۵ و ۷۰، ۸۵ درجه

که در آن $OIT_t = OIT$ در زمان t (دقیقه)؛ $OIT_o = \text{initial OIT (min)}$ ؛ $s = \text{نرخ تخلیه آنتی اکسیدان ها (معکوس ماه)}$ ؛ $t = \text{زمان مواجهه (ماه)}$. تغییر در $\ln(OIT)$ با زمان در ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درجه در شکل 6(b) نشان داده شده است. شیب خطوط رگرسیون خطی، نرخ تخلیه آنتی اکسیدان را در هر دما ارائه می دهد (جدول ۳). باید توجه نمودن که تخلیه آنتی اکسیدان ها از یک ژئوممبران HDPE وابسته به عوامل مختلف است، به طور مثال، نوع آنتی اکسیدان های حاضر، مقادیر نسبی و کلی آنتی اکسیدان ها، نوع رزین پلیمر و غیره. تخمین مرتبه اول (زمانی که لگاریتم OIT به صورت شکل 6(b) و شکل ۷ نشان داده شده است، ترسیم می شود، خطی است) سازگار با رویکرد استفاده شده توسط محققان در تجزیه تحلیل نتایج OIT است (Hsuan and Koerner 1995, 1998; Sangam and Rowe 2002; Gulec et al. 2004; Rowe and Rimal ;1995, 1998).

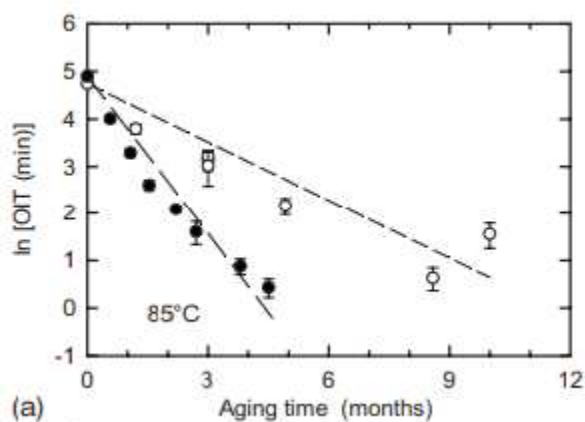
Rimal and Rowe (2009 a,b) از تئوری انتشار برای مدلسازی تخلیه OIT استفاده نمودند و آنها تناسب بهتری را با داده های زمان اولیه نسبت به آنچه توسط یک تخمین مرتبه اول به دست آمده بود، به دست آوردند. آنها تایید نمودند که تناسب ضعیف رابطه مرتبه اول با داده های OIT در مدت مرحله اول پیری، به علت پراکندگی آزمایشی ساده نیست، بلکه به خاطر رفتار فیزیکی واقعی مرتبط با تخلیه آنتی اکسیدان ها ناشی از انتشار است. هرچند، آنها نشان دادند که انتشار به سمت بیرون آنتی اکسیدان ها می تواند توسط یک رابطه خطی بین $\ln(\text{OIT})$ و زمان تخمین زده شود و بنابراین یک مبنای نظری برای رویکرد تجربی اقتباس شده گسترده فراهم شد که در مقاله کنونی استفاده می شود. به علت تفاوت بین تئوری انتشار و تخمین مرتبه اول نوعاً استفاده شده، یک تناسب مرتبه اول برای داده های اولیه، پیش بینی بهتری را از زمان تخلیه آنتی اکسیدان ها ارائه می دهد.

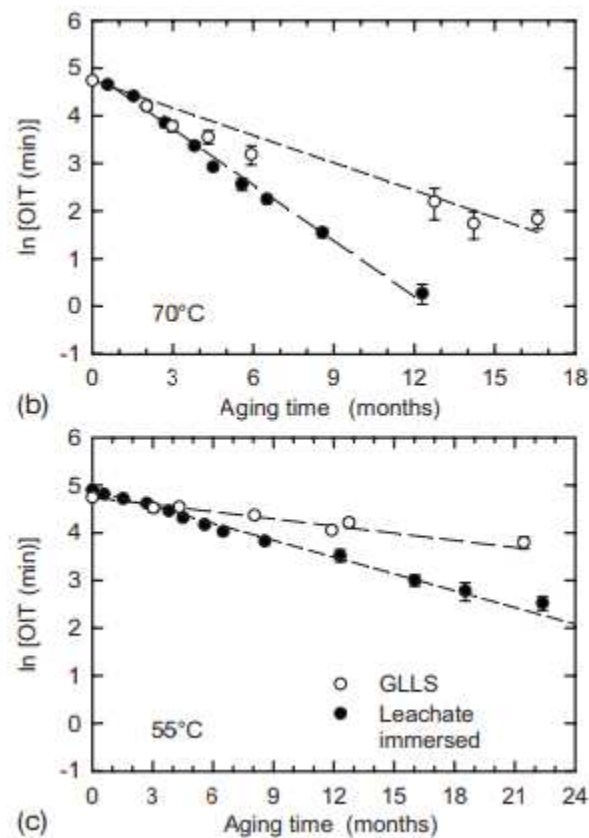
جدول ۳. مقایسه نرخ های تخلیه آنتی اکسیدان ها بین GLLS و ژئوممبران های غوطه ور شده شیرابه (رند شده

با دو رقم معنی معنی دار)

Temperature (°C)	Antioxidant depletion rate (month ⁻¹)	
	GLLS	Leachate immersed ^a
85	0.41	1.1
70	0.19	0.39
55	0.05	0.12

a داده ها از Rowe و همکاران (۲۰۱۰)





شکل ۷. تغییرات در $\ln(\text{OIT})$ با زمان در (a) ۸۵ درجه؛ (b) ۷۰ درجه؛ (c) ۵۵ درجه برای نمونه های پیر شده GLLS و نمونه های غوطه ور شده شیرابه از یک ژئوممبران. داده های غوطه ور شده شیرابه از Rowe و همکاران (۲۰۱۰) هستند.

مقایسه تخلیه OIT بین GLLS، غوطه وری شیرابه و دیگر آزمایشات لاینر ترکیبی در نوشته ها

ژئوممبران استفاده شده در آزمایشات GLLS (مقاله کنونی) نیز در آزمایش غوطه وری شیرابه توصیف شده توسط Rowe و همکاران (۲۰۱۰) استفاده شد. شکل ۷، مقایسه تغییرات در OIT با زمان برای GLLS و ژئوممبران غوطه ور شده در شیرابه در ۸۵ درجه است. باید توجه نمود که OIT اولیه ژئوممبران با داشتن تفاوت سنی ۲٫۵ سال در زمان بین آغاز سری های آزمایشات مختلف متفاوت بود که در مدت آن زمان OIT از ۱۳۴ به ۱۱۵ دقیقه در دمای اتاق کاهش یافت. جدول ۳، نشان دهنده نرخ تخلیه آنتی اکسیدان برای ژئوممبران های غوطه ور شده در شیرابه و GLLS است. نرخ تخلیه آنتی اکسیدان به طور سازگاری برای ژئوممبران GLLS در مقایسه با ژئوممبران غوطه ور شده در شیرابه در تمام دماها کمتر بود. به طور مثال، نرخ تخلیه آنتی اکسیدان برای ژئوممبران های غوطه

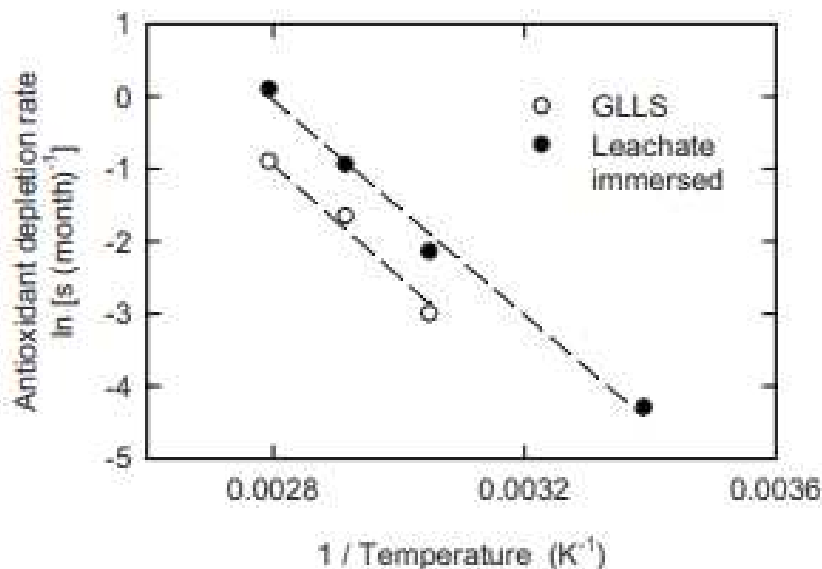
ور شده در شیرابه و GLLS به ترتیب ۰,۴۱ و ۱,۱ در دمای ۸۵ درجه بود. تخلیه آنتی اکسیدان کمتر در ژئوممبران GLLS ناشی از این حقیقت در نظر گرفته می شود که (۱) ژئوممبران در آزمایشات GLLS تنها از یک طرف در مواجهه با شیرابه قرار می گیرد، در حالیکه از هر دو طرف در آزمایشات غوطه وری و (۲) ساخت تمرکز آنتی اکسیدان ها در لایه حفاظتی GT بالاتر و در لایه GCL پایین قرار می گیرد که گرادیان غلظت و در نتیجه شار انتشاری آنتی اکسیدان ها را به سمت بیرون کاهش می دهد. قابلیت تکرار آزمایشات GLLS توسط انجام یک آزمایش تکراری در ۸۵ درجه (آزمایش ۳ ماهه) کنترل شد و داده های OIT در شکل ۷ ترسیم شد. از نظر آماری هیچ تفاوت چشمگیری در سطح اعتماد ۹۵٪ در مقادیر میانگین OIT بین دو آزمایش GLLS ۳ ماهه وجود داشت که نشان می دهد که این آزمایشات در یک چارچوب آزمایشی، قابل تکرار بودند.

نرخ تخلیه آنتی اکسیدان های مشاهده شده در آزمایشات کنونی (مثلاً ۰,۰۵ و ۰,۴۱ در ۵۵ و ۸۵ درجه به ترتیب؛ جدول ۳) ۲,۳ و ۲,۹ برابر بزرگتر از مقدار گزارش شده توسط Husan و Koerner (۱۹۹۸) بود (مثلاً ۰,۰۲۲ و ۰,۱۴ در ۵۵ و ۸۵ درجه به ترتیب؛ جدول ۴) برای دماهای قابل مقایسه بود. هرچند ژئوممبران های مختلف آزمایش شدند (OIT-Std و HP-OIT به ترتیب ۸۱ و ۲۱۰ دقیقه برای ژئوممبران آزمایش شده توسط Husan و Koerner (۱۹۹۸) و ۱۱۵ و ۲۴۱ دقیقه به ترتیب برای ژئوممبران در مطالعه حاضر بود)، تفاوت در نرخ تخلیه ابتدائاً به این حقیقت نسبت داده می شود که آزمایشات Husan و Koerner (۱۹۹۸) در سمت ژئوممبران از یک طرف و ماسه خشک در طرف دیگر در مقایسه با شیرابه از یک طرف و GCL اشباع شده در طرف دیگر در آزمایشات حاضر دارای آب بودند. برای مقایسه، در مطالعات غوطه وری، مطالعات غوطه وری توصیف شده توسط Sangam و Rowe (2002)، آنتی اکسیدان تخلیه شده ۲,۳ و ۳,۲ برابر برای ژئوممبران غوطه ور شده در شیرابه نسبت به GLLS در ۵۵ و ۸۵ درجه سریع تر بود. Rowe و همکاران (۲۰۰۸) ۳,۵ برابر نرخ تخلیه آنتی اکسیدان ها را برای ژئوممبران های غوطه ور شده در شیرابه نسبت به ژئوممبران های غوطه ور شده در آب در ۸۵ درجه، سریع تر دیدند.

جدول ۴. نرخ تخلیه آنتی اکسیدان در نوشته ها برای Geomembranes مختلف در لاینرهای شبیه سازی شده

محل دفن زباله در دماهای مختلف مورد استفاده

شرط قرار گرفتن در معرض و مرجع	دما (°C)	نرخ تخلیه آنتی اکسیدان
ژئوممبران ۱,۵ میلی متر با شن و ماسه اشباع شده با آب در بالا و شن و ماسه خشک زیر با لاینرس طبیعی ۲۶۰ کیلو پاسکال، استاندارد اولیه OIT = 80.5 دقیقه و HP-OIT = 210 دقیقه (Koenner 1998 و husan)		
ژئوممبران ۱,۵ میلی متر مورد استفاده در لاینر کامپوزیت شبیه سازی شده با وجه بالا ساخته شده از ژئوممبران در معرض شیرابه MSW مصنوعی و در وجه پایین در معرض GCL هیدراته آب .		
استاندارد اولیه OIT = 135 دقیقه و HP-OIT = ۶۶۰ دقیقه؟ (Rowe و Rimal ۲۰۰۸)		



شکل ۸. نمودار Arrhenius از نرخ تخلیه آنتی اکسیدان ها برای GLLS و ژئوممبران های غوطه ور شده در

شیرابه مصنوعی. داده های غوطه وری در شیرابه مصنوعی از Rowe و همکاران (۲۰۱۰) هستند.

پیکربندی لاینر مورد استفاده در این مطالعه بیشتر شبیه به آزمون لاینر شبیه سازی شده کامپوزیت در مقیاس

کوچک انجام شده توسط Rowe و Rimal (۲۰۰۸) بود. نرخ تخلیه در مقاله حاضر متفاوت از گزارش های

Rowe و Rimal (۲۰۰۸) (جداول ۳ و ۴) است. این احتمالاً به علت ترکیبی از عوامل از جمله (۱) گردش مداوم

از شیرابه در مطالعه حاضر و (۲) استفاده از geomembranes با خواص مختلف اولیه و بسته های آنتی اکسیدانی در دو مطالعه است. با توجه به نقطه دوم، اولیه STD- OIT و HP- OIT از ژئوممبران مورد استفاده در مقاله حاضر به ترتیب ۱۱۵ و ۲۴۱ دقیقه، در مقایسه با ۱۳۵ و ۶۶۰ دقیقه، در ژئوممبرین استفاده شده توسط Rowe و Rimal (۲۰۰۸) بود.

مدل سازی Arrhenius از نرخ تخلیه آنتی اکسیدان و پیش بینی زمان تخلیه آنتی اکسیدان

معادله Arrhenius به طور گسترده ای برای ارائه یک تخمین از نرخ تخلیه آنتی اکسیدان در درجه حرارت داده شده، متفاوت از موارد استفاده شده در برنامه آزمون مورد استفاده قرار می گیرد و به طور کلی به شرح زیر (Husan و Koerner 1998) بیان می شود:

$$s = Ae^{-[E_a/(RT)]} \quad (۳)$$

با گرفتن لگاریتم طبیعی در هر دو طرف داریم

$$\ln(s) = \ln(A) - \left(\frac{E_a}{R}\right)\left(\frac{1}{T}\right) \quad (۴)$$

که در آن s = نرخ تخلیه آنتی اکسیدان E ش = انرژی فعال سازی؛ R = ثابت جهانی گاز؛ T = درجه حرارت مطلق (K) و A = ثابتی که اغلب عامل برخورد نامیده می شود. در استفاده از معادله Arrhenius به منظور برون یابی ، فرض بر این است که (۱) نرخ تخلیه آنتی اکسیدان به شدت وابسته به درجه حرارت است. (۲) مقدار عامل برخورد با درجه حرارت تغییر نمی کند و (۳) انرژی فعال سازی EA در محدوده دمایی دلخواه ثابت باقی می ماند (Koerner و همکاران . ۱۹۹۲).

شکل ۸، نمودارهای Arrhenius از نرخ تخلیه آنتی اکسیدان بر اساس داده های جدول ۳ را نشان می دهد. جدول ۵ انرژی فعال سازی، استنباط شده از شیب خط را (یعنی EA / R) همراه با بهترین تناسب معادله Arrhenius برای آزمون GLLS (این مقاله) و آزمایشات غوطه وری در همان ژئوممبران (Rowe و همکاران ۲۰۱۰) همراه با

مقدار به دست آمده از آزمون لاینر کامپوزیت گزارش شده توسط Rowe و Rimal (B۲۰۰۸) و husan و Koerner (۱۹۹۸) در geomembranes متفاوت نشان می دهد. دیده می شود که انرژی فعال سازی برای ژئوممبرین مورد استفاده در آزمون GLLS (۶۴ کیلوژول \cdot مول^{-۱} - ۱) در مقایسه با انرژی فعال سازی برای همان ژئوممبرین غوطه ور در شیرابه (۶۰,۷ کیلوژول \cdot مول^{-۱} - ۱) بالاتر است که اثر قابل توجهی از قرار گرفتن در معرض ژئوممبران در پیری ژئوممبران را نشان می دهد. انرژی فعال سازی بالاتر در زمان بیشتر تخلیه آنتی اکسیدان کمک خواهد کرد، همانطور که در زیر مورد بحث قرار گرفته است.

بر اساس داده ها از GLLS و آزمون های غوطه وری (جدول ۵)، زمان تخلیه آنتی اکسیدان بار (زمان برای تکمیل مرحله I) در درجه حرارت محل های دفن زباله بین ۲۰ و ۶۰ $^{\circ}$ C با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد. زمان پیش بینی شده تخلیه آنتی اکسیدان (جدول ۶) از ۶ سال در ۶۰ $^{\circ}$ C تا ۱۳۰ سال در ۲۰ $^{\circ}$ C برای ژئوممبرین GLLS متغیر بود. زمان تخلیه برای GLLS به طور قابل توجهی بیشتر از شیرابه بود، عنوان مثال، ۴۰ و ۱۵ سال، در ۳۵ $^{\circ}$ C.

زمان تخلیه آنتی اکسیدان برای ژئوممبرین GLLS ارائه دهنده بینش عملی در رابطه با مرحله I از عمر ژئوممبران از این ژئوممبران در یک برنامه دفن زباله MSW است. انتظار می رود عمر کل ژئوممبران HDPE به مراتب طولانی تر از عمر ارائه شده در جدول شماره ۶ باشد که علت آن، زمان بیشتر در مراحل II (زمان القاء) و III (زمان مورد نیاز برای تخریب خواص مهندسی مورد علاقه) بود.

جدول ۵. معادله Arrhenius و فعال سازی انرژی در مطالعه حاضر و نوشته

شرط قرار گرفتن در معرض و مرجع معادله Arrhenius انرژی فعال سازی E_a

ژئوممبران ۱,۵ میلی متری مورد استفاده در تست لاینر کامپوزیت شبیه سازی شده

با استفاده از ۲۵۰ کیلو پاسکال تنش نرمال ، وجه بالای

ژئوممبران در معرض شیرابه مصنوعی و وجه پایین

چهره ژئوممبران در معرض آب هیدراته GCL .

HP- OIT = 241 دقیقه مطالعه ؟ ؟ STD- OIT = 115

$$T R2 = 0.977 \ 64.0 / 77.3 - 20.63 = ? \text{ ها } ? \text{ LN}$$

ژئوممبران ۱,۵ میلی متر مورد استفاده در غوطه ور شدن شیرابه مصنوعی

آزمون ؛ STD- OIT = 135 دقیقه و HP- OIT = 244 دقیقه

$$T R2 = 0.992 \ 60.7 / 73.4 - 20.37 = ? \text{ ها } ? \text{ LN}$$

ژئوممبران ۱,۵ میلی متری مورد استفاده در تست لاینر کامپوزیت شبیه سازی شده

بدون لاینر اعمال شده ، وجه بالا از ژئوممبران در معرض

شیرابه مصنوعی و وجه پایین در معرض آب

هیدراته GCL . اولیه STD- OIT = 135 دقیقه و HP- OIT

= ۶۶۰ دقیقه ؟ رو و Rimal ۲۰۰۸ ؟ a

$$T R2 = 0.977 \ 62.7 / 75.4 - 20.06 = ? \text{ ها } ? \text{ LN}$$

ژئوممبران ۱,۵ میلی متری با شن و ماسه اشباع شده با آب در بالا و

شن و ماسه خشک در زیر با ۲۶۰ کیلو پاسکال لاینر طبیعی، اولیه STD- OIT

= ۸۰,۵ دقیقه و HP- OIT = 210 دقیقه (Koerner 1998 و Husan)

جدول ۶. زمان پیش بینی شده تخلیه آنتی اکسیدان در شش درجه حرارت مختلف برای Geomembranes

شبیه سازی شده لاینر کامپوزیت و غوطه ور در شیرابه

Temperature (°C)	Antioxidant depletion time (years)		Ratio between GLLS and leachate immersed antioxidant depletion time
	GLLS ^a	Leachate immersed ^b	
20	130	45	2.9
30	55	20	2.8
35	40	15	2.7
40	25	9	2.8
50	12	4	3.0
60	6	2	3.0

توجه: اعداد بزرگتر از ۲۰ سال به نزدیکترین ۵ سال رند شده اند و اعداد زیر ۲۰ سال به یک رقم معنی دار رند شده اند.

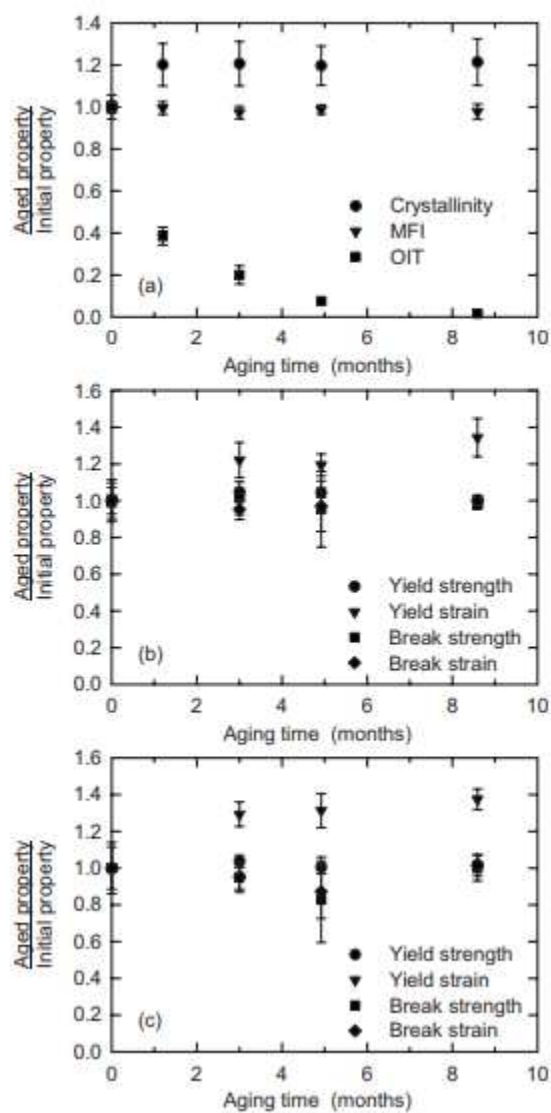
a محاسبه زمان تخلیه آنتی اکسیدان بر اساس تخلیه آنتی اکسیدان از مقدار OIT اولیه از ۱۱۵ دقیقه به یک مقدار نهایی OIT باقی مانده ۰,۵ دقیقه (استفاده شده توسط Husan و Koerner 1998 برای خالص ژئوممبران HDPE ناپایدار بود.

b با توجه به Rowe و همکاران ۲۰۱۰.

نتایج در مورد خواص تبلور، MI و کششی

شکل ۹، تنوع در تبلور، جهت MI، و خواص کششی جهت های عرضی دستگاه و خود دستگاه با زمان در ۸۵ درجه سانتی گراد را نشان می دهد. تبلور ژئوممبران بعد از ۱ ماه تا حدود ۲۰٪ افزایش یافت و در طول دوره آزمایش نسبتاً در ۸۵ °C ثابت باقی ماند (۸,۵ ماه) افزایش مشابه در تبلور برای geomembranes غوطه ور در شیرابه (شرح داده شده توسط Rowe و همکاران، ۲۰۰۸، ۲۰۱۰) و همچنین در نوشته ها (Dörner and Lang 1998; Sangam 2001; Rowe and Rimal 2008b) مشاهده شد. کرنش بازده کششی حدود ۳۵٪ افزایش یافت، با این حال، هیچ تغییر قابل توجهی در تنش مشاهده نشد. (شکل ۹ B و C) در مقابل این نتایج، هر دو تنش و کرنش عملکرد حدود ۱۰٪ برای ژئوممبرین مشابه افزایش یافت زمانی که در یک شیرابه در ۸۵ °C غوطه ور شد (Rowe و همکاران ۲۰۱۰). معلوم نیست که آیا این تفاوت با توجه به قرار گرفتن در معرض کاهش یافته شیرابه در

آزمون GLLS است و یا اثرات تولید تغییر شکل دائمی در ژئوممبرین شن (به عنوان مثال ، نگاه کنید به شکل ۴). MI و دستگاه و جهت متقابل دستگاه تنش شکست کششی و شکستن گونه هیچ تغییر قابل توجهی را در ۸,۵ ماه از زمان پیری در هر درجه حرارت آزمایش نشان نمی دهد. تغییرات در فشار عملکرد تبلور و کشش در ۷۰ و ۵۵ °C مشاهده شد، همانطور که در بالا توضیح داده شد، اما کمتر در ۸۵ °C (Islam ۲۰۰۹) مشاهده شد.



شکل ۹:

نتایج

آزمون های پیری تسریع شده به منظور بررسی تخلیه آنتی اکسیدان ژئوممبران HDPE با استفاده از دستگاه آزمایشگاه تخصصی انجام شد (GLLS) که قادر به بررسی اثر دما، فشار بالا و گردش مداوم شیرابه مصنوعی در پیری geomembranes در سیستم های لاینر کامپوزیت بود. آزمون در ۵۵، ۷۰ و تحت فشار ۲۵۰ کیلو پاسکال عمودی، و ۸۵ درجه C انجام شد. لاینر دفن زباله شبیه سازی شده شامل (از بالا به پایین) یک لایه ۱۵۰ میلی متر با ضخامت شن، یک لایه محافظت GT، ژئوممبران ۱،۵ میلی متر HDPE با خواص اولیه در جدول ۱، GCL، و یک لایه پایه شن و ماسه با ضخامت ۱۵۰ میلیمتر بود. این آزمون ها نتیجه گیری هایی به شرح زیر گرفته شد:

۱. نرخ تخلیه آنتی اکسیدان (۰،۰۵، ۰،۱۹ و ۰،۴۱ در ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درجه به ترتیب) به طور سازگاری برای آزمون های لاینر شبیه سازی شده محل دفن زباله برای بیشتر آزمون های سنتی شیرابه برای یک ژئوممبران، کمتر بود (۰،۱۲، ۰،۳۹ و ۱،۱ در ۵۵،۷۰ و ۸۵ درجه). بنابراین پیش بینی های بهبود یافته عمر خدمات ژئوممبران بر اساس داده ها از مطالعات انجام شده برای شرایط لاینر شبیه سازی شده به دست آمد.

۲. بر اساس مدل سازی Arrhenious، زمان تخمین زده شده برای تخلیه آنتی اکسیدان (یعنی زمان تا کامل شدن مرحله ۱ از عمر خدمات ژئوممبران) در شبیه سازهای دفن زباله بین ۱۳۰ و ۶ سال برای دماهای ثابت بین ۲۰ و ۶۰ درجه.

۳. برای یک ژئوممبران، زمان تخلیه آنتی اکسیدان متعاقباً در شبیه سازی های دفن زباله نسبت به غوطه وری در شیرابه با زمان تخلیه تصویر شده در ۳۵ درجه به اندازه ۴۰ سال بر اساس آزمایشات شبیه ساز در مقایسه با ۱۵ سال بر اساس آزمایشات غوطه وری در شیرابه طولی تر بود.

۴. تبلور و کرنش خروجی کششی در مراحل اولیه پیری افزایش یافت و به طور نسبی در طول دوره آزمایش ثابت باقی ماند. هیچ تغییر چشمگیری در دیگر ویژگی های ژئوممبران (MI و دیگر ویژگی های کششی) در دوره آزمایش وجود نداشت که نشان می دهد که ژئوممبران به انتهای مرحله II عمر خدمات ژئوممبران در هر آزمایش در دوره آزمایش نرسید. عمر خدمات کلی ژئوممبران طولی تر از عمر آنتی اکسیدان به نظر می رسد (مرحله I) که در این مقاله تخمین زده شده است، که دلیل آن زمان مورد نیاز برای کامل شدن مراحل II و III از عمر خدمات است.

این مطالعه نزدیک ترین شبیه سازی از شرایط قرار گرفتن در معرض ژئوممبران در محل های دفن زباله MSW را فراهم کرده است، و در نتیجه انتظار می رود زمان تخلیه آنتی اکسیدان برآورد شده ارائه دهنده واقع بینانه ترین برآورد برای احتمال زمان تخلیه آنتی اکسیدان ها در این زمینه باشد. تست اضافی مورد نیاز است که دهد برآورد مشابه مراحل II و III از عمر را میسر می سازد. لازم به ذکر است که عمر یک ژئوممبران به رزین و بسته بندی آنتی اکسیدان استفاده شده بستگی دارد و ممکن است از یک ژئوممبران به دیگری متفاوت باشد.

تشکر و قدردانی

سرمایه گذاری برای توسعه زیرساخت های پژوهش توسط بنیاد کانادا برای نوآوری، Canada Foundation for Innovation Trust, the Ontario Research Fund Award and Innovation, the Ontario University Queen's ارائه شد. این تحقیقات توسط شورای علوم طبیعی و تحقیقات مهندسی کانادا از طریق یک پروژه لاینراتژیک گرانت شماره STPGP 322115-05 و توسط وزارت محیط زیست انتاریو طریق این برنامه بهترین در علوم تامین شد. این تحقیقات در مورد عملکرد طولانی مدت از سیستم های لاینر ژئوسنتتیک در همکاری Environment, Terrafix Geosynthetics Inc., Solmax Ontario Ministry of the ,Inc., AMEC Earth and Environmental, Gartner Lee, Golder Associates International CTT Group, and Dr. Grace Hsuan from Drexel University انجام شد. کمک های ارزشمند توسط Prunster, and B. Muller. Messrs L. Rhymer, N. Porter, S GLLSs قابل قدردانی است .

References

- ASTM. (2008a). "Flow rates of thermoplastics by extrusion plastometer." *D1238*, West Conshocken, Pa.
- ASTM. (2008b). "Standard test method for density of plastics by the density-gradient technique." *D1505*, West Conshocken, Pa.
- ASTM. (2008c). "Standard test method for determining tensile properties of nonreinforced polyethylene and nonreinforced flexible polypropylene geomembranes." *D6693*, West Conshocken, Pa.
- ASTM. (2008d). "Standard test method for evaluation of stress crack resistance of polyolefin geomembranes using notched constant tensile load test." *D5397*, West Conshocken, Pa.
- ASTM. (2008e). "Standard test method for grab breaking load and elongation of geotextiles." *D4632*, West Conshocken, Pa.
- ASTM. (2008f). "Standard test method for measuring mass per unit area of geosynthetic clay liners." *D5993*, West Conshocken, Pa.
- ASTM. (2008g). "Standard test method for measuring mass per unit area of geotextiles." *D5261*, West Conshocken, Pa.
- ASTM. (2008h). "Standard test method for measuring the nominal thickness of geosynthetics." *D5199*, West Conshocken, Pa.
- ASTM. (2008i). "Standard test method for melting and crystallization temperatures by thermal analysis." *E794*, West Conshocken, Pa.
- ASTM. (2008j). "Standard test method for oxidative-induction time of polyolefins by differential scanning calorimetry." *D3895*, West Conshocken, Pa.
- ASTM. (2008k). "Standard test method for oxidative induction time of polyolefin geosynthetics by high-pressure differential scanning calorimetry." *D5885*, West Conshocken, Pa.
- Bouazza, A., Vangpaisal, T., Abuel-Naga, H., and Kodikara, J. (2008). "Analytical modelling of gas leakage rate through a geosynthetic clay liner—Geomembrane composite liner due to a circular defect in the geomembrane." *Geotext. Geomembr.*, 26(2), 122–129.
- Brachman, R. W. I., and Gudina, S. (2002). "A new laboratory apparatus for testing geomembranes under large earth pressures." *Proc., 55th Canadian Geotech. Conf.*, CGS, Niagara Falls, Ont., 993–1000.
- Brachman, R. W. I., and Gudina, S. (2008a). "Gravel contacts and geomembrane strains for a GM/CCL composite liner." *Geotext. Geomembr.*, 26(6), 448–459.
- Brachman, R. W. I., and Gudina, S. (2008b). "Geomembrane strains from coarse gravel and wrinkles in a GM/GCL composite liner." *Geotext. Geomembr.*, 26(6), 488–497.
- Brachman, R. W. I., Rowe, R. K., Arnepalli, D. N., Dickinson, S., Islam, M. Z., and Sabir, A. (2008). "Development of an apparatus to simulate the ageing of geomembranes under chemical exposure, elevated temperatures and applied stresses." *Proc., GeoAmericas 2008 Conf.*, IFAI, Roseville, Minn., 444–451.
- Brady, K. C., McMahon, W., and Lamming, G. (1994). "Thirty-year ageing of plastics." *Project Rep. No. 11*, Transport Research Laboratory, Berkshire, U.K., E472A/BG.
- Brandrup, J., Immergut, E. H., and Grulke, E. A. (1999). *Polymer handbook*, 4th Ed., Wiley, New York.
- Dopico Garcia, M. S. D., López, J. M., Bouza, R., Abad, M. J., Soto, E. G., and Rodríguez, M. V. G. (2004). "Extraction and quantification of antioxidants from low-density polyethylene by microwave energy and liquid chromatography." *Anal. Chim. Acta*, 521(2), 179–188.
- Dörner, G., and Lang, R. W. (1998). "Influence of various stabilizer systems on the ageing behavior of PE-MD-1: Hot-water ageing of compression molded plaques." *Polym. Degrad. Stab.*, 62(3), 421–430.
- Fay, J. J., and King, R. E. (1994). "GRI conference series: Antioxidants for geosynthetic resins and applications." *Geosynthetic resins, formulations and manufacturing*, Y. G. Hsuan and R. M. Koerner, eds., IFAI, St. Paul, Minn., 77–96.
- Gedde, U. W., Viebke, J., Leijstrom, H., and Ifwarson, M. (1994). "Long-term properties of hot-water polyolefin pipes: a review." *Polym. Eng. Sci.*, 34(24), 1773–1787.
- Gulec, S. B., Edil, T. B., and Benson, C. H. (2004). "Effect of acidic mine drainage on the polymer properties of an HDPE geomembrane." *Geosynthet. Int.*, 2(11), 60–72.
- Haider, N., and Karlsson, S. (2002). "Loss and transformation products of the aromatic antioxidants in MDPE film under long-term exposure to biotic and abiotic conditions." *J. Appl. Polym. Sci.*, 85(5), 974–988.
- Hrapovic, L. (2001). "Laboratory study of intrinsic degradation of organic pollutants in compacted clayey soil." Ph.D. thesis, The Univ. of Western Ontario, London, Ont.
- Hsuan, Y. G., and Guan, Z. (1998). "Antioxidant depletion during thermal oxidation of high density polyethylene geomembranes." *Proc., 6th Int. Conf. on Geosynt.*, Vol. 1, IFAI, Roseville, Minn., 375–380.
- Hsuan, Y. G., and Koerner, R. M. (1995). "Long-term durability of HDPE geomembrane. Part 1: Depletion of antioxidant." *GRI Rep. No. 16*, Geosynthetic Research Institute, Drexel University, Pa.
- Hsuan, Y. G., and Koerner, R. M. (1998). "Antioxidant depletion lifetime in high density polyethylene geomembranes." *J. Geotech. Geoenviron. Eng.*, 124(6), 532–541.
- Islam, M. Z. (2009). "Long-term performance of HDPE geomembranes as landfill liners." Ph.D. thesis, Queens' Univ., Kingston, Ont.
- Jeon, H. Y., Bouazza, A., and Lee, K. Y. (2008). "Depletion of antioxidants from an HDPE geomembrane upon exposure to acidic and alkaline solutions." *Polym. Test.*, 27(4), 434–440.
- Koerner, R. M., Lord, A. E., and Hsuan, Y. H. (1992). "Arrhenius modeling to predict geosynthetic degradation." *Geotext. Geomembr.*, 11(2), 151–183.
- Maisonneuve, C., Pierson, P., Duquenois, C., and Morin, A. (1997). "Accelerated aging tests for geomembranes used in landfills." *Proc., 6th Int. Landfill Symp.*, Vol. 3, CISA, Cagliari, Italy, 207–216.
- Muller, W., and Jacob, I. (2003). "Oxidative resistance of high density polyethylene geomembranes." *Polym. Degrad. Stab.*, 79(1), 161–172.
- Peacock, A. (2000). *Handbook of polyethylene: Structures, properties and application*, Marcel Dekker, New York.
- Rimal, S., and Rowe, R. K. (2009a). "Ageing of HDPE geomembranes in jet fuel A-1." *Geosynthet. Int.*, 16(6), 482–499.
- Rimal, S., and Rowe, R. K. (2009b). "Diffusion modelling of OIT deple-

- tion from HDPE geomembrane in landfill applications." *Geosynthet. Int.*, 16(3), 183–196.
- Rimal, S., Rowe, R. K., and Hansen, S. (2004). "Durability of geomembrane exposed to jet fuel A-1." *Proc., 57th Canadian Geotech. Conf.*, Vol. 5D, Quebec City, Que., 13–19.
- Rollin, A. L., Mlynarek, J., and Zanesco, A. (1994). "Performance changes in aged in situ HDPE geomembranes." *Landfilling of waste barriers*, T. H. Christensen, et al., eds., Chapman & Hall, London, 915–924.
- Rowe, R. K., Islam, M. Z., and Hsuan, Y. G. (2008). "Leachate chemical composition effects on OIT depletion in an HDPE geomembrane." *Geosynthet. Int.*, 15(2), 136–151.
- Rowe, R. K., Islam, M. Z., and Hsuan, Y. G. (2010). "Effects of thickness on the ageing of HDPE geomembranes." *J. Geotech. Geoenviron. Eng.*, 136(2), 299–309.
- Rowe, R. K., Mukunoki, T., Bathurst, R. J., Rimal, S., Hurst, P., and Hansen, S. (2007). "Performance of a geocomposite liner for containing Jet A-1 spill in an extreme environment." *Geotext. Geomembr.*, 25(2), 68–77.
- Rowe, R. K., Quigley, R. M., Brachman, R. W. I., and Booker, J. R. (2004). *Barrier systems for waste disposal facilities*, 2nd Ed., E & FN Spon, London.
- Rowe, R. K., and Rimal, S. (2008a). "Ageing of HDPE geomembrane in three composite landfill liner configurations." *J. Geotech. Geoenviron. Eng.*, 134(7), 906–916.
- Rowe, R. K., and Rimal, S. (2008b). "Depletion of antioxidants from an HDPE geomembrane in a composite liner." *J. Geotech. Geoenviron. Eng.*, 134(1), 68–78.
- Rowe, R. K., Rimal, S., and Sangam, H. P. (2009). "Ageing of HDPE geomembrane exposed to air, water and leachate at different temperatures." *Geotext. Geomembr.*, 27(2), 137–151.
- Rowe, R. K., Sangam, H. P., and Lake, C. B. (2003). "Evaluation of an HDPE geomembrane after 14 years as a leachate lagoon liner." *Can. Geotech. J.*, 40(3), 536–550.
- Saidi, F., Touze-Foltz, N., and Goblet, P. (2008). "Numerical modelling of advective flow through composite liners in case of two interacting adjacent square defects in the geomembrane." *Geotext. Geomembr.*, 26(2), 196–204.
- Sangam, H. P. (2001). "Performance of HDPE geomembrane liners in landfill applications." Ph.D. thesis, Dept. of Civil and Environmental Engineering, The Univ. of Western Ontario, London, Ont.
- Sangam, H. P., and Rowe, R. K. (2002). "Effects of exposure conditions on the depletion of antioxidants from high-density polyethylene (HDPE) geomembranes." *Can. Geotech. J.*, 39(6), 1221–1230.
- Schmidt, R. K., Young, C., and Helwitt, J. (1984). "Long term field performance of geomembranes—15 years experience." *Proc., Int. Conf. on Geomemb.*, Vol. II, IFAL, Roseville, Minn.
- Surmann, R., Pierson, P., and Cottour, P. (1995). "Geomembrane liner performance and long term durability." *Proc., 4th Int. Landfill Symp.*, CISA, Cagliari, Italy, 405–414.
- Tognon, A. R. M., Rowe, R. K., and Brachman, R. W. I. (1999). "Evaluation of sidewall friction for a buried pipe testing facility." *Geotext. Geomembr.*, 17(4), 193–212.
- Viebke, J., Elble, E., Ifwarson, M., and Gedde, U. W. (1994). "Degradation of unstabilized medium-density polyethylene pipes in hot-water applications." *Polym. Eng. Sci.*, 34(17), 1354–1361.

این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی