

مطالعه آزمایشگاهی اثر مقدار رس خاک در تعیین نیاز به پوشش برای سیستم‌های زهکشی زیرزمینی

حسن اوجاقلو^{۱*}، تیمور سهرابی^۲، حسن رحیمی^۲، علیرضا حسن اقلی^۳ و مهدی قبادی نیا^۴

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۸۸/۹/۲۹

۱- دانشجوی دکترا، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

۲- استاد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران

۳- استادیار، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کرج

۴- استادیار، گروه مهندسی آبیاری دانشگاه شهرکرد

*مسئول مکاتبه E-mail: Ojaghloo@yahoo.com

چکیده

ضرورت استفاده از پوشش (فیلتر) در سیستم‌های زهکشی زیرزمینی از موارد مهمی است که در مراحل آغازین طراحی و اجرای یک پروژه زهکشی مطرح می‌گردد. درصد رس خاک اولین معیار جهت پیش بینی این نیاز می‌باشد. در تحقیق حاضر آزمایش نفوذسنجی به منظور تعیین نسبت شیب و بررسی پتانسیل گرفتگی و احتمال عبور ذرات خاک از روزنه-های صفحه زهکش بر روی سه نمونه خاک رسی و لوم رسی (با رس بین ۲۵ تا درصد ۴۰، (نسبت جذب سدیمی ۱۷ تا ۸۳ و شوری عصاره اشباع خاک بین ۱۰ تا ۱۰۰ دسی زیمنس بر متر انجام گردید. تیمارهای مورد مطالعه شامل زهکشی بدون کاربرد پوشش و سیستم‌های دارای پوشش رایج معدنی (شن و ماسه) و پوشش مصنوعی از نوع لفاف از پیش ساخته دور لوله زهکش (PP-450) بود. در این آزمایش‌ها، تغییرات دبی، هدایت هیدرولیکی سیستم، نسبت شیب و شیب خروجی بررسی شد. نتایج نشان داد مقادیر نسبت شیب در سیستم بدون پوشش در بیشتر موارد بزرگتر از یک بوده که نشان دهنده پتانسیل بالای گرفتگی است. با این وجود ریزش خاک زمانی رخ داد که مقدار این شاخص از مقدار ۳ بیشتر شد. نسبت مقدار شدت جریان خروجی در سیستم با پوشش معدنی و پوشش مصنوعی به سیستم بدون پوشش به ترتیب ۲ تا ۳/۵ و ۱/۴ تا ۱/۸ بدست آمد. با افزایش شیب، هدایت هیدرولیکی سیستم کاهش یافت به طوری که بیشترین کاهش در سیستم بدون پوشش اتفاق افتاد. همچنین با محاسبه شیب شکست هیدرولیکی و مقایسه آن با شیب خروجی، مقاومت ذرات خاک در برابر فشار جریان بررسی شد. نتایج نشان داد که سیستم بدون پوشش در نمونه خاک های ۲ و ۳ به ترتیب کمترین و بیشترین عملکرد را داشته است.

واژه‌های کلیدی: آزمایش نفوذسنجی، پوشش، درصد رس، شیب شکست، کیفیت شیمیایی

Laboratory Study of Influence of Clay Content on the Need for Subsurface Drainage System Envelope

H Ojaghloo^{1*}, T Sohrabi², H Rahimi², A HassanOghli³, M Ghobadinia⁴

Received: 13 February 2009

Accepted: 29 September 2009

¹Ph. D Student, Dept of Irrigation and Reclamation, University of Tehran, Iran.

²Prof, Dept. of Irrigation and Reclamation, University of Tehran, Iran

³ Assist. Prof., Iranian Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran

⁴ Assist. Prof., Dept. of Irrigation Engin., University of Shahrekord, Iran

*Corresponding author: E-mail: Ojaghloo@ut.ac.ir

Abstract

Necessity to use envelope (filter) in subsurface drainage systems is one of the important aspect that should be taken into consideration of the beginning of a drainage project. The first indicator of the need for a drain envelope is the percentage of clay in the soil. In this research, permeameter test was used to determine gradient ratio and evaluate the clogging potential and probability of soil particle passage through the drain plate openings in three clay and clay loam soils with 20-40 percent clay SAR 17 – 83, and EC 10 – 100dS/m. Treatments in this experiment were drainage systems with and w/o envelopes. In envelope d system two types of envelopes (granular and fiber) were used. Outflow variation, system permeability, gradient ratio and exit gradient were investigated. The results. showed that the gradient ratio in the system without envelope were greater than one implying a high clogging potential. Nonetheless, soil downfall was occurred when this index was bexceeded. The ratio of outflow from the systems with granular and fiber envelopes to systems w/o envelopes ranged 2.0-3.5 and 1.4-1.8, respectively. As hydraulic gradient was increased, system hydraulic conductivity decreased with the greater decrease occurring in the system w/o envelope. Resistance against pressure head was also studied with determining hydraulic gradient failure compared to exit gradient value at each gradient head. Results indicated that the without envelope system in soil no 2 and 3 had, receptively the minimum and maximum performance.

Keywords: Chemical Quality, Clay content, Envelope, Failure gradient, Permeameter test

تسهیل هیدرولیکی جریان ورودی، از وظایف اصلی یک پوشش محسوب می‌گردد. از سوی دیگر بخش زیادی از هزینه‌های اجرای یک سیستم زهکشی مربوط به جایگذاری پوشش می‌باشد. بنابراین ضرورت استفاده از

مقدمه

مواد پوششی نقش مهمی را در عملکرد بهینه یک سیستم زهکشی زیرزمینی ایفا می‌کنند. تثبیت خاک اطراف زهکش جهت ممانعت از ورود ذرات خاک به داخل لوله و

ویلاردسون (۱۹۹۲). در نتیجه معیار درصد رس به تنهایی شاخص مطمئنی در تعیین میزان استحکام و پایداری ساختمان خاک این مناطق نمی‌باشد. بدین جهت از پارامتر شیب شکست هیدرولیکی جهت تعیین مقاومت برشی خاک در برابر جریان آب استفاده می‌گردد (ولاتمن و همکاران ۲۰۰۰). شیب شکست شیبی است که خاک محصور یا نگهداری شده نمی‌تواند در مقابل نیروی کشش جریان مقاومت نماید. با محاسبه شیب خروجی (شیب هیدرولیکی که در اثر آن آب از محیط متخلخل خاک خارج شده و وارد زهکش می‌گردد) و مقایسه آن با شیب شکست هیدرولیکی می‌توان در مورد نیاز به پوشش تصمیم گرفت. در صورتی که مقدار شیب خروجی بیشتر از شیب شکست باشد، استفاده از پوشش جهت کاهش شیب خروجی ضروری خواهد بود (سامانی و ویلاردسون ۱۹۸۱). همچنین مقدار نسبت جذب سدیمی^۳ در میزان پراکندگی ذرات خاک اطراف لوله زهکش مؤثر بوده، به طوری که با افزایش آن، پراکنش ذرات و در نتیجه حرکت ذرات ریز به داخل خلل و فرج، تشدید گردیده و در نهایت با کاهش نفوذپذیری، احتمال ریزش خاک به داخل لوله در اثر فشار جریان آب بیشتر می‌گردد (دیریکس و یانکوگلو ۱۹۸۲). ون زیتس (۱۹۹۲) رابطه‌ای بین مقدار درصد رس و سیلت خاک و نیاز به پوشش ارائه داد به طوری که در مناطق مرطوب، خاک‌های با مقدار رس بالای ۳۰ درصد نیاز به پوشش ندارند. نتایج تحقیقات در هلند نشان داد که لوله‌های زهکش در خاک‌های با مقدار رس بالای ۲۵ درصد و نسبت جذب سدیمی کمتر از ۱۲ می‌توانند بدون پوشش نصب گردند (عبدالدايم ۱۹۸۵). بر اساس نتایج تحقیقات دیریکس و لیمان (۱۹۹۱) خاک‌های با d_{50} بین ۵۰ تا ۱۵۰ میکرون نسبت به فرسایش حساس بوده و نیاز به پوشش دارند.

پوشش در مرحله طراحی مطرح می‌گردد. در صورت معتبر بودن ضوابط و عدم استفاده از پوشش در شرایط مشخص، علاوه بر کاهش قابل توجه هزینه‌ها، سرعت اجرای پروژه‌ها نیز بالا خواهد رفت. با این وجود عدم اسنفاده از پوشش در برخی شرایط نیز ممکن است نتیجه عکس داده و منجر به رسوبگذاری بیش از حد لوله‌ها گردد که نهایتاً عملکرد سیستم زهکشی زیرزمینی را با شکست مواجه می‌کند. نیاز به پوشش بستگی به میزان پایداری و شرایط هیدرولیکی خاک نزدیک زهکش دارد (ولاتمن و همکاران ۲۰۰۰). مقدار رس خاک به عنوان اولین معیار جهت پیش بینی نیاز به پوشش مورد استفاده قرار می‌گیرد (ولاتمن و همکاران ۱۹۹۷). هر چه درصد رس خاک بیشتر باشد، میزان چسبندگی ذرات و در نتیجه مقاومت برشی ذرات خاک در برابر فشار جریان بیشتر خواهد شد. بهترین روش تعیین نیاز به پوشش، احداث خطوط زهکشی در مزرعه آزمایشی می‌باشد، ولی این روش نیاز به صرف وقت و هزینه زیاد دارد (ولاتمن و اومارا ۱۹۹۶). روش‌های آزمایشگاهی برای تعیین نیاز به پوشش، روش‌های قابل قبولی هستند که در پروژه‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. بین آنها، روش تعیین نسبت شیب^۱ یکی از آزمایش‌های شناخته شده می‌باشد، پیچیدگی کم و سابقه زیاد دو ویژگی مهم این روش می‌باشد (یوشانا و همکاران ۲۰۰۱ و دیریکس و ولاتمن ۱۹۹۵). نتایج آزمایش‌های نفوذسنجی^۲ (تعیین نسبت شیب) توسط ویلاردسون و واکر (۱۹۷۹)، سامانی و ویلاردسون (۱۹۸۱) و ولاتمن و اومارا (۱۹۹۶) جهت بررسی نیاز به پوشش به اثبات رسیده است. در شرایط یکسان از نظر بافت، خاک‌های مناطق خشک نسبت به مناطق مرطوب از پایداری نسبتاً کمی برخوردار هستند)

¹Gradient ratio²Permeameter test³Sodium adsorption ratio

شکل ۲ مشخصات صفحه زهکش را نشان می‌دهد. خاک مورد استفاده در سه لایه درون استوانه با توجه به چگالی ظاهری خاک منطقه ریخته می‌شد تا ارتفاع آن در داخل استوانه ۱۰۰ میلی‌متر گردد. آزمایش‌ها در حالت اشباع سیستم انجام می‌شد. برای اشباع کردن سیستم، جریان آب از قسمت پایینی دستگاه وارد گردید. سپس جهت برقراری شیب هیدرولیکی مورد نظر، نسبت به تنظیم ارتفاع مخزن ورودی اقدام می‌شد. در این تحقیق، آزمایش نسبت شیب با پنج شیب هیدرولیکی ۱، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ انجام شد. با برقراری هر شیب هیدرولیکی، پارامترهای دبی خروجی از سیستم، دمای آب ورودی و ارتفاع سطح آب در مانومترها در زمان‌های شروع آزمایش، ۰/۵، ۱، ۲، ۴، ۶ و ۲۴ ساعت از شروع آزمایش برداشت گردید. طول مدت هر آزمایش ۱۶۸ ساعت بود (هر شیب هیدرولیکی به مدت ۲۴ ساعت) و در مجموع ۹ آزمایش (هر کدام در ۳ تکرار) انجام گردید. آزمایش‌ها شامل ۳ نوع سیستم (بدون پوشش، پوشش معدنی و مصنوعی) بود که بر روی ۳ نمونه خاک انجام گردید.

۲- مشخصات پوشش‌ها

3-1- پوشش معدنی

به منظور مقایسه عملکرد سیستم بدون پوشش با پوشش‌های معمول، آزمایش نسبت شیب بر روی پوشش معدنی (شن و ماسه) انجام گرفت. برای طراحی پوشش معدنی از ضوابط طراحی پوشش دفتر احیاء اراضی آمریکا (USBR) استفاده گردید.

بونل و همکاران (۱۹۸۶) با محاسبه شیب شکست در محدوده صفحه مشترک زهکش و خاک، میزان پایداری ذرات خاک را مورد بررسی قرار داده و نتایج این روش را در پیش‌بینی انسداد فیزیکی لوله‌ها قابل قبول توصیف کردند. علاوه بر این سازمان حفاظت خاک آمریکا^۱ (۱۹۹۱) و سازمان احیاء اراضی آمریکا^۲ (بی‌نام ۱۹۹۵) رهنمودهایی در تعیین نیاز به پوشش بر اساس مطالعات صورت گرفته بین المللی ارائه کرده‌اند، به طوری که درصد رس و نسبت جذب سدیمی خاک از پارامترهای اصلی در این استانداردها محسوب می‌شوند. در تحقیق حاضر، با استفاده از آزمایش نسبت شیب هیدرولیکی، عملکرد سیستم بدون پوشش در مقایسه با سیستم‌های با پوشش معدنی رایج (شن و ماسه) و مصنوعی (PP-450) بر روی سه نمونه خاک رسی، مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت.

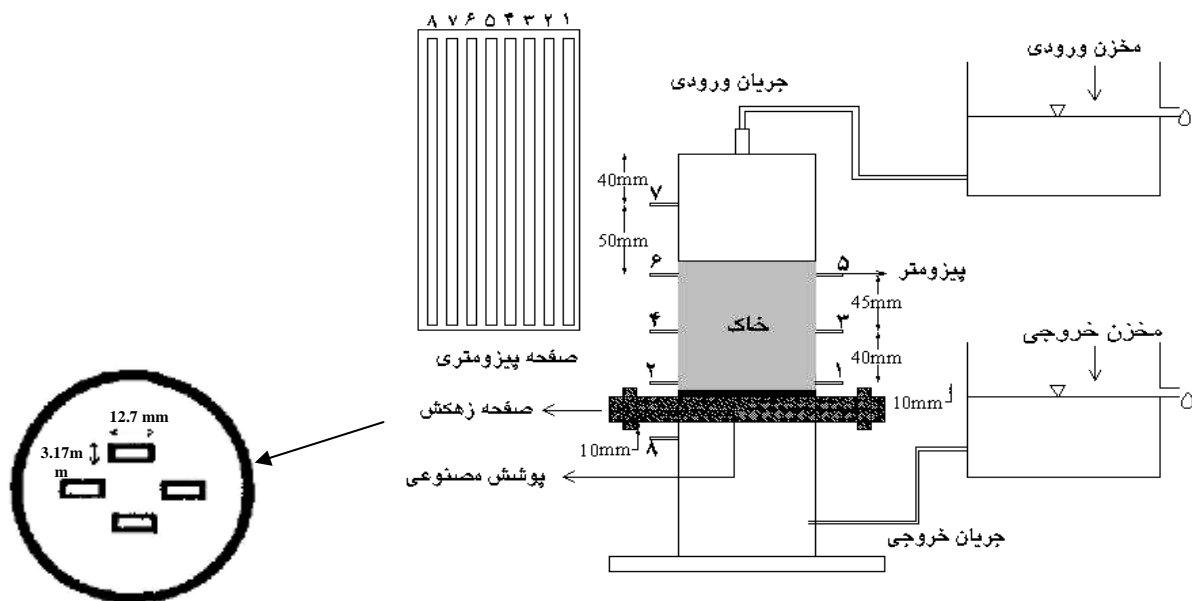
مواد و روش‌ها

۱- آزمایش تعیین نسبت شیب (نفوذسنجی)

برای انجام این آزمایش از یک دستگاه نفوذسنج مطابق استاندارد STM D5101-90 (بی‌نام ۲۰۰۶) استفاده گردید. بخش اصلی این دستگاه، استوانه‌ای شفاف از جنس پلکسی گلاس به قطر داخلی ۱۰۰ و ضخامت ۵ میلی‌متر می‌باشد. طرز قرار گرفتن اجزای این استوانه از پایین به بالا به ترتیب شامل صفحه زهکش (معرف بخشی از لوله)، پوشش و خاک است. جهت بررسی تغییرات شیب هیدرولیکی در طول ستون خاک، پیژومترهایی با فواصل مشخص قرار گرفته است (شکل ۱). در این تحقیق از یک صفحه زهکش با چهار سوراخ به شکل مستطیل استفاده شد (اصغر و ولاتمن ۱۹۹۵).

¹Soil Conservation Service

²United State Bureau of Reclamation



شکل ۱ - دستگاه نفوذسنج مطابق استاندارد ASTM D5101-90

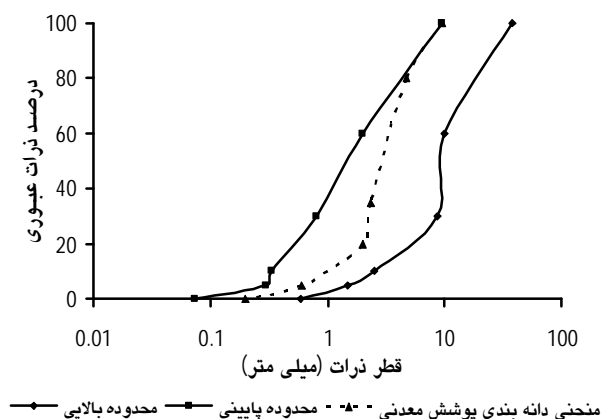
شکل ۲ - صفحه زهکش قرار گرفته در حد فاصل دو قسمت بالا و پایین دستگاه

3-2- پوشش مصنوعی

با توجه به رایج شدن پوشش‌های مصنوعی (ژئوتکستایل) در سال‌های اخیر و گرایش به سمت استفاده از این نوع پوشش‌ها در طرح‌های زهکشی، علاوه بر پوشش معدنی، از پوشش مصنوعی از قبل پیچانده شده (PP-450) نیز استفاده گردید. این پوشش از جنس پلی پروپیلن بوده که از رشته نخ‌های به هم پیوسته و حجیم ساخته شده است. این رشته‌ها ضایعات تولید فرش‌های بافته شده از الیاف پلی پروپیلن هستند. با توجه به استانداردهای بین المللی موجود، این نوع پوشش معیارهای نگهداری ذرات خاک و جلوگیری از انسداد معدنی را برآورده می‌کند.

دلیل انتخاب این نوع به خصوص از پوشش‌های مصنوعی به سابقه مطالعاتی در زمینه ارزیابی پوشش‌های مصنوعی مربوط می‌شود، به طوری که نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای ارزیابی (۱۳۸۵) در اهواز و آزمایشگاهی نژادیانی (۱۳۸۵) و کریمی (۱۳۸۷)، عملکرد این نوع پوشش را بهتر از سایر پوشش‌های مصنوعی نشان داد.

بر اساس اطلاعات بدست آمده از منحنی دانه بندی خاک، و با توجه به d_{60} خاک یا اندازه ای از قطر ذرات که ۶۰ درصد ذرات تشکیل دهنده خاک از آن کوچکترند، دانه بندی پوشش انتخاب گردید (اندازه قطر ذرات پوشش در سه محدوده انتخاب شد). شکل ۳ نمونه‌ای از منحنی دانه بندی پوشش شن و ماسه را برای نمونه خاک ۲ نشان می‌دهد.



شکل ۳ - منحنی دانه بندی پوشش معدنی برای نمونه خاک ۲،

طراحی شده براساس استاندارد (USBR)

3- انجام محاسبات

3-1- شیب هیدرولیکی سیستم

شیب هیدرولیکی سیستم از رابطه ۱ محاسبه شد:

$$i = \frac{\Delta h}{l} \quad [1]$$

که در آن i شیب هیدرولیکی سیستم، Δh اختلاف سطح آب در مانومترهای شماره ۷ و ۸ (افت انرژی در طول نمونه خاک)، l طول ستون خاک (سانتی متر) می‌باشد.

3-2- هدایت هیدرولیکی سیستم

هدایت هیدرولیکی سیستم از رابطه ۲ محاسبه شد:

$$K_T = \frac{Q}{iAt \times 100} \quad [2]$$

در رابطه بالا، K_T نفوذپذیری سیستم در دمای اجرای آزمایش (متر بر ثانیه)، Q حجم آب خروجی (سانتی متر مکعب)، A سطح مقطع نمونه (سانتی متر مربع)، t زمان اندازه‌گیری جریان (ثانیه)، می‌باشد. با استفاده از رابطه زیر تصحیح دمایی بر روی هدایت هیدرولیکی محاسبه شده از رابطه ۲ صورت گرفت:

$$K_{20} = \frac{K_T \times m_T}{m_{20}} \quad [3]$$

K_{20} نفوذپذیری سیستم در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد (متر بر ثانیه)، m_T ویسکوزیته آب در دمای آزمایش و m_{20} ویسکوزیته آب در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

3-3- نسبت شیب

جهت بررسی پتانسیل گرفتگی سیستم خاک - پوشش از پارامتری به نام نسبت شیب استفاده گردید که طبق رابطه ۴ بدست می‌آید:

$$GR = \frac{i_{es}}{i_s} \quad [4]$$

$$i_{es} = \frac{\Delta h_{sf}}{L_{sf}} = \frac{(M_3 - M_8) + (M_4 - M_8)}{2L_{sf}} \quad [5]$$

$$i_s = \frac{\Delta h_s}{L_s} = \frac{(M_5 - M_3) + (M_6 - M_4)}{2L_s} \quad [6]$$

GR نسبت شیب، i_{es} شیب هیدرولیکی سیستم خاک - پوشش، i_s شیب هیدرولیکی خاک. L_{sf} طول مجموع خاک - پوشش برابر با ۵۵ میلی متر، L_s طولی از ستون خاک برابر با ۴۵ میلی متر، M_i ارتفاع آب داخل پیزومتر شماره i . در صورتی که مقدار نسبت شیب از یک بزرگتر باشد پوشش مستعد گرفتگی معدنی خواهد بود.

3-4- شیب شکست هیدرولیکی

استفاده از معیار شیب شکست هیدرولیکی می‌تواند مکمل خوبی در تشخیص ضرورت پوشش گذاری لوله-های زهکش زیرزمینی باشد. شیب شکست به مشخصات ثابت فیزیکی و مکانیکی خاک (هدایت هیدرولیکی اشباع و شاخص پلاستیسیته) بستگی دارد. محاسبه شیب خروجی و مقایسه آن با شیب شکست، می‌تواند در پیش بینی پایداری خاک و ضرورت پوشش گذاری لوله های زهکش مفید واقع گردد (رابطه ۷). در صورتی که شیب خروجی کمتر از شیب شکست باشد، نیازی به پوشش نخواهد بود.

$$i_x = \frac{(M_1 + M_2) - 2M_8}{2l_s} \quad [7]$$

i_x شیب خروجی می‌باشد. شیب شکست هیدرولیکی از رابطه ۸ محاسبه شد:

$$HFG = e^{0.322 - 0.132K_s + 1.07 \ln(PI)} \quad [8]$$

HFG شیب شکست هیدرولیکی، K_s هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (متر بر روز)، PI شاخص پلاستیسیته و e پایه لگاریتم طبیعی می‌باشد.

نتایج و بحث

۱- مشخصات نمونه خاک‌های مورد آزمایش در تحقیق حاضر سه نمونه خاک رسی با درصد-های مختلف رس و کیفیت‌های شیمیایی متفاوت مورد

در نزدیکی شهر کرج تهیه شد. نمونه خاک ها طوری انتخاب شد تا اثر مقدار رس خاک در ضرورت پوشش گذاری لوله های زهکش در سه محدوده مطالعه گردد.

آزمایش قرار گرفتند. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد استفاده در جدول ۱ آمده است. نمونه خاک ۱ از منطقه اشتهارد (کرج)، نمونه خاک ۲ از پروژه زهکشی خرمشهر و نمونه خاک ۳ از منطقه‌ای

جدول ۱- نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی و برخی پارامترهای شیمیایی نمونه خاک‌های آزمایش شده

نمونه خاک	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	کلاس بافت	وزن مخصوص ظاهری خشک (gr/cm^3)	ضریب ضربه یکنواختی Cu	شاخص پلاستیسیته PI	SAR	EC (dS/m)	pH
۱	۲۷	۶۱	۱۲	لوم سیلتی	۱/۳۶	۱۹/۷	۱۵/۴	۱۷	۳۳/۲	۷/۴۲
۲	۳۵	۶۲/۲	۲/۸	لوم رسی سیلتی	۱/۳۴	۱۴	۹	۸۳	۱۰۰/۸	۷/۵۱
۳	۳۶	۴۹	۱۵	سیلتی رسی	۱/۳۱	۱۶	۲۰	۲۶	۱۰/۶	۷/۸۲

ذرات خاک و آب موثر می‌باشد. به طوری که میزان پراکنش ذرات و همچنین هدایت هیدرولیکی خاک تحت تاثیر مقدار املاح و نسبت جذب سدیمی آب ورودی می‌باشد. جدول ۲ مشخصات شیمیایی آب را نشان می‌دهد.

۲- مشخصات شیمیایی آب

آب مورد استفاده در آزمایش‌ها، آب شهری (کرج) بود. مشخصات شیمیایی (شوری و نسبت جذب سدیمی) آب ورودی بر روی فرایندهای شیمیایی بین

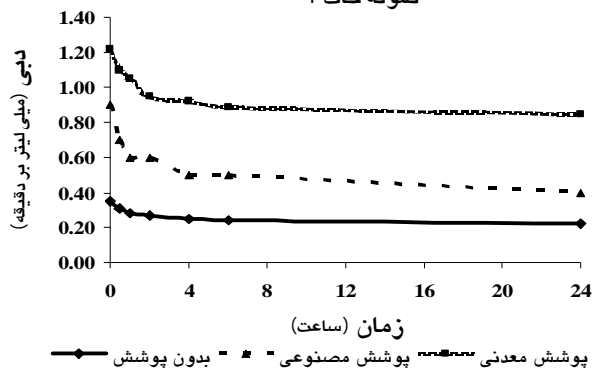
جدول ۲- مشخصات شیمیایی آب مورد استفاده (آب شهری)

EC (dS/m)	PH	NO_3 (mg/l)	HCO_3 (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)
0.65	7.21	46.72	3.8	5.8	3.8	73.4	0.8

۳- شدت جریان خروجی

پس از اندازه گیری مقدار شدت جریان در هر آزمایش، نتایج زیر حاصل شد: مقدار شدت جریان خروجی به ازای یک شیب هیدرولیکی ثابت، نسبت به زمان روند کاهشی داشت (شکل ۴). دلیل این امر حرکت ذرات ریز خاک به داخل خلل و فرج خاک و همچنین پوشش‌ها (در سیستم‌های با پوشش) در اثر فشار جریان آب بود که در نهایت منجر به کاهش هدایت هیدرولیکی سیستم می‌شد. جدول ۳ متوسط تغییرات هدایت هیدرولیکی خاک (سیستم بدون پوشش) و خاک-پوشش (سیستم با پوشش) را در طول آزمایش نشان می‌دهد.

نمونه خاک ۱



شکل ۴ - نمونه‌ای از تغییرات شدت جریان نسبت به زمان در شیب هیدرولیکی یک (نمونه خاک ۱)

۳/۴ و ۲/۶ بدست آمد. همچنین نسبت مقدار شدت جریان در سیستم با پوشش مصنوعی به سیستم بدون پوشش در نمونه‌های مذکور به ترتیب ۱/۷، ۱/۴ و ۱/۸ بود. نتایج نشان داد اختلاف مقادیر اندازه‌گیری شده جریان خروجی در دو سیستم با پوشش مصنوعی و بدون پوشش در نمونه خاک ۲ کم می‌باشد. بالا بودن مقدار نسبت جذب سدیمی در نمونه خاک ۲ سبب پراکنش شدید ذرات و در نتیجه کاهش هدایت هیدرولیکی سیستم گردید. از سوی دیگر شدت گرفتگی روزنه‌های ریز پوشش مصنوعی در این شرایط بیشتر بود. در نهایت با افزایش شیب هیدرولیکی از ۵ به بالا، نفوذ پذیری در این نمونه خاک شدیداً کاهش یافته به طوری که مقدار جریان خروجی نسبت به افزایش شیب تغییر چندانی نداشت و سرانجام در شیب ۱۰ ریزش خاک از سوراخ‌های صفحه زهکش اتفاق افتاد.

کاهش شدت جریان در پوشش معدنی کمتر از پوشش مصنوعی است به طوری که در تمامی شیب‌ها، شدت جریان خروجی از پوشش معدنی تقریباً ۲ تا ۳ برابر پوشش مصنوعی اندازه‌گیری شد.

مطابق جدول ۳ ملاحظه می‌گردد که با افزایش شیب هیدرولیکی سیستم مقدار هدایت هیدرولیکی کاهش می‌یابد. مقدار هدایت هیدرولیکی در طول آزمایش در سیستم بدون پوشش نسبت به سیستم‌های با پوشش کاهش کمتری را نشان می‌داد. دلیل این موضوع، عبور مقدار کمی از ذرات خاک از روزنه‌های صفحه زهکش در شیب‌های بالا بود که سبب کاهش مقاومت خروجی جریان می‌شد. از سوی دیگر نیروی محرکه جریان، به دلیل افزایش شیب هیدرولیکی سیستم بیشتر شده و در نهایت موجب می‌شد تا مقدار شدت جریان خروجی روند افزایشی را داشته باشد. شکل ۵ تغییرات شدت جریان خروجی را نسبت به شیب هیدرولیکی سیستم نشان می‌دهد. جریان خروجی از سیستم با پوشش معدنی در تمامی آزمایش‌ها بیشتر از سیستم با پوشش مصنوعی و بدون پوشش بود. دلیل این امر را می‌توان بالا بودن شعاع مؤثر هیدرولیکی و در نتیجه تسهیل هیدرولیکی جریان ورودی به زهکش در شرایط استفاده از پوشش دانست. نسبت مقدار شدت جریان خروجی از سیستم با پوشش معدنی به سیستم بدون پوشش به طور میانگین در نمونه خاک‌های ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۲/۷،

جدول ۳ - مقادیر متوسط هدایت هیدرولیکی سیستم (متر بر روز) و درصد تغییرات آن در هر آزمایش

نمونه خاک	سیستم بدون پوشش			سیستم با پوشش مصنوعی			سیستم با پوشش معدنی	
	ابتدای آزمایش	انتهای آزمایش	درصد تغییرات	ابتدای آزمایش	انتهای آزمایش	درصد تغییرات	درصد تغییرات	درصد تغییرات
۱	۰/۰۳۹	۰/۰۱۹	۵۱	۰/۰۶۷	۰/۰۴۱	۳۸	۳۸	۳۸
۲	۰/۰۱۷	۰/۰۰۴	۷۶	۰/۰۲۵	۰/۰۰۸	۶۸	۶۲	۶۲
۳	۰/۰۱۴۵	۰/۰۰۵۴	۶۲	۰/۰۳۳	۰/۰۱۱	۶۶	۵۴	۵۴

بوده و از شیب هیدرولیکی ۵ به بالا این اختلاف بیشتر می‌گردد. به عبارتی دیگر نقش هیدرولیکی پوشش در شیب‌های بالا بیشتر بود.

۵- شاخص نسبت شیب

شاخص نسبت شیب به منظور بررسی پتانسیل گرفتگی معدنی سیستم خاک - پوشش مورد استفاده

این امر نشان دهنده بالا بودن هدایت هیدرولیکی پوشش‌شن نسبت به پوشش مصنوعی بود. دلیل این تفاوت، ریز بودن منافذ در پوشش مصنوعی و ضخامت کمتر این نوع پوشش نسبت به پوشش معدنی بود. اختلاف مقدار شدت جریان سیستم بدون پوشش به دو سیستم دیگر برای شیب‌های هیدرولیکی زیر ۵ کمتر

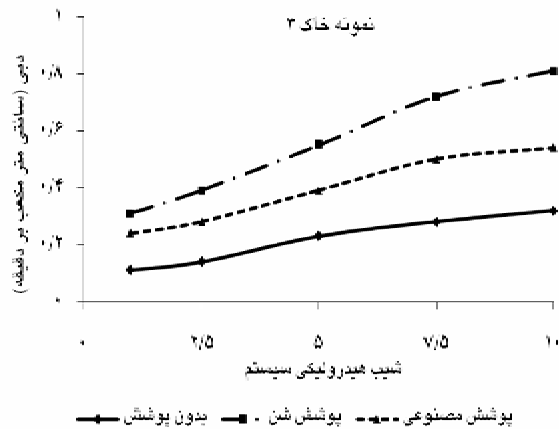
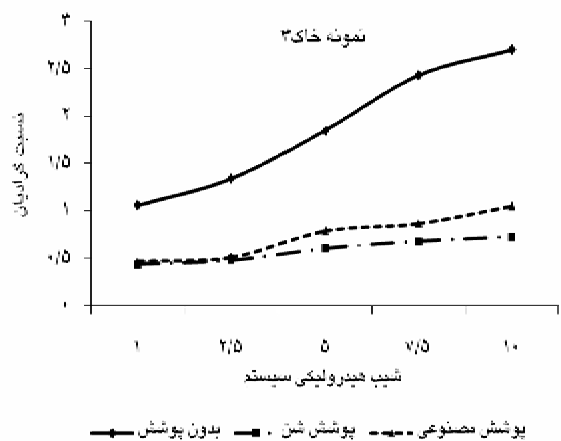
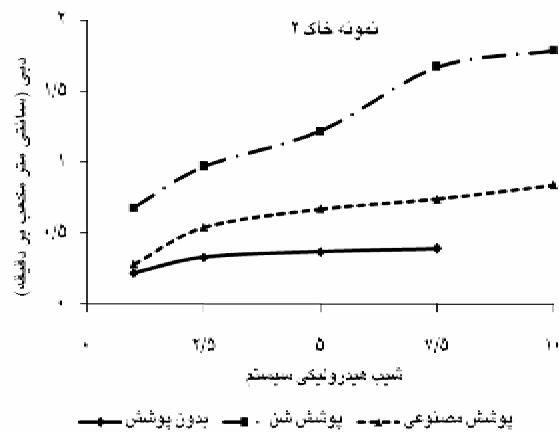
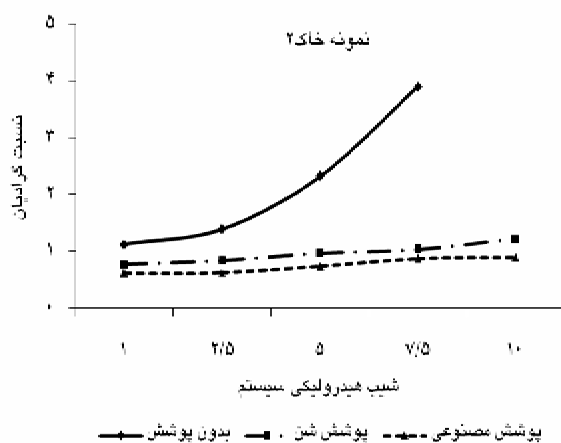
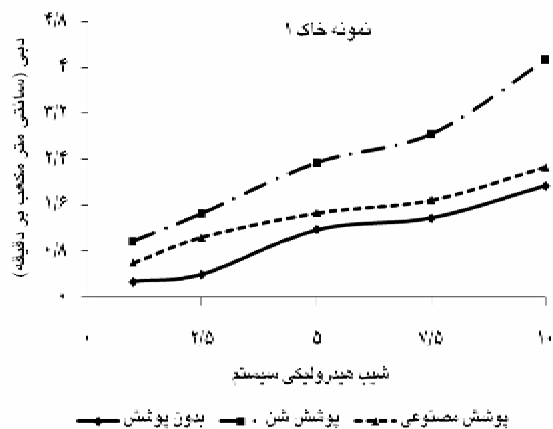
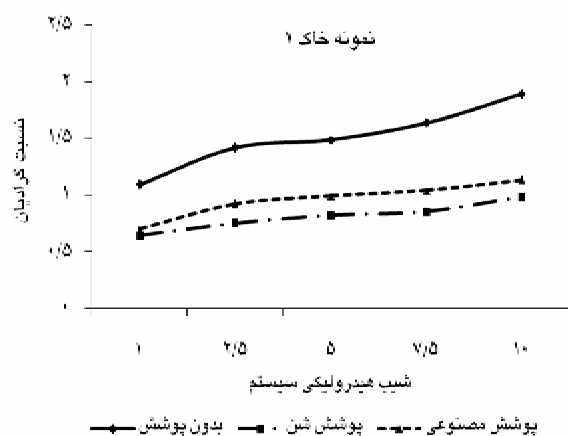
از ۳ رسید که نشان دهنده وضعیت بحرانی از نظر خطر ریزش خاک به داخل لوله بود.

6- شیب خروجی

با محاسبه شیب خروجی در هر بار هیدرولیکی و مقایسه آن با شیب شکست هیدرولیکی، وضعیت پایداری و مقاومت برشی ذرات خاک در برابر فشار جریان آب مورد ارزیابی قرار گرفت. جدول ۵ مقادیر شیب خروجی را در هر بار هیدرولیکی برای سیستم بدون پوشش نشان می‌دهد. در هر سه نمونه خاک، با افزایش شیب سیستم، شیب خروجی افزایش یافت. نسبت جذب سدیمی کم و شوری بالای نمونه خاک ۱، سبب کاهش پراکنش ذرات و در نتیجه کاهش شیب خروجی در این نمونه خاک گردیده است. با این وجود به دلیل پایین بودن مقدار رس و عدم چسبندگی کافی در این خاک، مقدار شیب شکست کم بوده و این امر سبب بوجود آمدن خطر ریزش در شیب‌های ۷/۵ و ۱۰ گردیده است. در نمونه خاک ۲، افزایش شدید شیب خروجی به دلیل مقدار نسبت جذب سدیمی بالا و همچنین کم بودن مقدار شیب شکست به دلیل پایین بودن میزان چسبندگی، سبب بوجود آمدن شرایط بحرانی گردید. به طوری که سیستم بدون پوشش فقط در شیب‌های ۱ و ۲/۵ عملکرد مطمئنی داشته و در شیب‌های بالا خطر ریزش وجود داشت. نسبت جذب سدیمی نه چندان زیاد و چسبندگی زیاد نمونه خاک ۳، موجب عملکرد قابل قبول سیستم بدون پوشش در این خاک شده است. زیرا خطر ریزش فقط در شیب ۱۰ وجود داشت. سیستم‌های با پوشش معدنی و مصنوعی،

مقادیر شیب خروجی کمتری را نشان دادند. به طوری که در تمامی آزمایش‌ها این مقادیر کمتر از شیب شکست بدست آمد.

قرار گرفت. از شاخص مذکور جهت سنجیدن پتانسیل گرفتگی سیستم بدون پوشش نیز استفاده شد، زیرا تغییر شکل خطوط جریان به سمت زهکش و افزایش افت بار در مجاورت صفحه زهکش، پتانسیل گرفتگی در قسمت خروجی و در نتیجه احتمال ریزش خاک به داخل لوله را افزایش می‌دهد. کمتر بودن نسبت شیب از مقدار ۱، نشان دهنده بالا بودن هدایت هیدرولیکی خاک یا خاک - پوشش منطقه نزدیک صفحه زهکش، نسبت به هدایت هیدرولیکی خاک می‌باشد. بر عکس، بیشتر بودن این مقدار از ۱ نشان دهنده وجود پتانسیل گرفتگی در سیستم است. تقریباً در تمامی آزمایش‌ها، با افزایش شیب هیدرولیکی سیستم، مقدار نسبت شیب افزایش می‌یافت (شکل ۶). بیشترین مقادیر این شاخص در هر کدام از نمونه‌های خاک مورد آزمایش مربوط به سیستم بدون پوشش بود. همچنین بیشترین تغییر در مقدار نسبت شیب در سیستم بدون پوشش مشاهده گردید (جدول ۴). دلیل این موضوع، حرکت ذرات ریز خاک به سمت صفحه زهکش و قرار گرفتن در خلل و فرج خاک این قسمت می‌باشد که قادر به عبور از روزنه‌ها نبوده و نهایتاً منجر به بسته شدن منافذ و بالا رفتن مقاومت بر سر راه جریان می‌گردد. این در حالی است که در سیستم‌های با پوشش، امکان خروج این ذرات به همراه جریان آب خروجی وجود داشته و در نتیجه افت بار کمتری در این قسمت از سیستم وجود مشاهده شد. مقدار نسبت شیب در سیستم با پوشش معدنی در نمونه خاک‌های شماره ۱ و ۳ کمتر از نمونه خاک ۲ بود. در نمونه خاک ۲ از شیب ۵ به بالا مقدار این شاخص بیشتر از ۱ بدست آمد که نشان دهنده خطر گرفتگی در این پوشش بود. با این وجود پوشش‌شن از عملکرد قابل قبولی در تمامی نمونه خاک‌ها برخوردار بود. همچنین در سیستم با پوشش مصنوعی تقریباً در تمامی نمونه‌ها مقدار شاخص مذکور کمتر از ۱ بدست آمد. طبق نتایج این آزمایش خطر جدی ریزش موقعی اتفاق می‌افتاد که نسبت شیب از مقدار ۳ بیشتر می‌شد. نتایج آزمایش‌های یوشانا و همکاران (۲۰۰۱) نیز تایید کننده همین مطلب می‌باشد. تنها در نمونه خاک ۲ مقدار نسبت شیب به بیش



شکل ۶ - تغییرات شاخص با شیب هیدرولیکی سیستم

شکل ۵ - تغییرات شدت جریان خروجی با شیب

هیدرولیکی سیستم

جمع بندی

پلاستیسیته کمتر از ۱۲ باشد استعداد رسوبگذاری وجود دارد. مقدار نسبت جذب سدیمی بالای نمونه خاک ۲ دلیل اصلی عملکرد پایین سیستم بدون پوشش در این خاک بود و شرایط بحرانی از نظر ریزش در شیب های ۵ به بالا رخ داد. طبق نتایج این تحقیق با افزایش مقدار رس خاک، اختلاف عملکرد سیستم بدون پوشش با سیستم-های با پوشش معدنی و مصنوعی کمتر می‌شد. همچنین به ازای یک درصد معین رس، هر چه درصد سیلت خاک کمتر باشد پتانسل گرفتگی در لوله‌های زهکش کاهش می‌یابد. در نهایت می‌توان عملکرد سیستم بدون پوشش را در خاک‌های با درصد رس بالای ۳۵ درصد، شاخص پلاستیسیته بالای ۱۲ در صورت مطلوب بودن وضعیت شیمیایی خاک (نسبت جذب سدیمی کمتر از ۲۵) قابل قبول پیش بینی کرد.

با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان بیان داشت، سیستم بدون پوشش در نمونه خاک ۳ از عملکرد مناسبی برخوردار بوده، به طوری که خطر ریزش فقط در شیب ۱۰ وجود داشت. در این نمونه خاک با وجود بالا بودن مقدار SAR از ۱۲، عملکرد سیستم بدون پوشش قابل قبول بوده و به نظر می‌رسد معیارهای توصیه شده در روش مقدار رس و نسبت جذب سدیمی در تعیین نیاز به پوشش، کمی محتاطانه می‌باشد. در نمونه خاک ۱ با وجود اثر مثبت شوری در کاهش پراکنش ذرات خاک، عدم چسبندگی کافی موجب حرکت ذرات خاک به سمت صفحه زهکش و در نتیجه افزایش افت بار در قسمت خروجی گردید. نتایج تحقیقات دیلمان و ترادفورد نیز نشان داد، در خاک‌هایی که شاخص

جدول ۴ - مقادیر متوسط نسبت شیب و درصد تغییرات آن در هر آزمایش

نمونه خاک	سیستم بدون پوشش			سیستم با پوشش معدنی			سیستم با پوشش مصنوعی		
	ابتدای آزمایش	انتهای آزمایش	درصد تغییرات	ابتدای آزمایش	انتهای آزمایش	درصد تغییرات	ابتدای آزمایش	انتهای آزمایش	درصد تغییرات
۱	۱/۰۹	۱/۸۹	۷۳	۰/۷۳	۰/۹۸	۳۳	۰/۶۹	۱/۱۳	۶۱
۲	۱/۱۲	۳/۹	۲۴۸	۰/۷۶	۱/۲۲	۵۹	۰/۶۱	۰/۸۹	۴۵
۳	۱/۰۶	۲/۸۵	۱۶۸	۰/۴۴	۰/۷۳	۶۵	۰/۴۷	۱/۰۵	۱۲۳

جدول ۵ - مقادیر شیب خروجی در سیستم بدون پوشش

نمونه خاک	شیب هیدرولیکی سیستم		شیب شکست هیدرولیکی	
	۱	۲/۵	۵	۷/۵
۱	۳/۹	۱۶/۸	۲۵/۶	۲۹/۵
۲	۴/۸	۱۹/۵	۵۱	۸۴
۳	۳/۱	۱۱/۵	۱۹/۵	۳۳/۲

منابع مورد استفاده

- بی‌نام ۱۳۸۳، دفتر استانداردها و معیارهای فنی شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران. ضوابط طراحی و انتخاب مواد و مصالح برای زهکش های زیرزمینی. انتشارات وزارت نیرو.
- بی‌نام ۱۳۸۳، گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. مواد و مصالح سامانه های زهکشی زیرزمینی، شماره انتشار ۸۱، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی.
- عزیزی م، ۱۳۸۵ ارزیابی فنی فیلترهای مصنوعی و مقایسه آن با فیلترهای شن و ماسه‌ای متداول در لوله‌های زهکش زیرزمینی واقع در نخیلات آبادان. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- کریمی ب، ۱۳۸۷. ارزیابی عملکرد سه نوع پوشش مصنوعی زهکشی در مقایسه با پوشش رایج معدنی در شرایط آزمایشگاهی. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده آب و خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- نژادیانی م، ۱۳۸۵. ارزیابی آزمایشگاهی کاربرد پوشش مصنوعی در زهکشهای زیرزمینی و مقایسه آن با پوشش های معدنی. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- Abdel Dayem, S, 1985. Investigation of pipe clogging and need for envelope materials in subsurface drainage. Pilot Areas and Drainage Technology Project, Technical Report No. 28, 104 pp. Drainage Research Institute, Giza, Cairo, Egypt,
- Asghar MN and Vlotman WF, 1995. Evaluation of sieve and permeameter analysis methods for subsurface drain envelope laboratory research in Pakistan. *Agricultural Water Management* 27: 167-180.
- Anonymous, 2006. ASTM D, 5101-90. Standard test method for measuring the soil-geotextile system clogging potential by the gradient ratio. In: ASTM 1996c, pp. 752-758.
- Bonnell RB, Broughton RS and Bolduc GF, 1986. Hydraulic failure of the soil drain envelope interface of subsurface drains. *Canadian Water Resources Journal*. 11: 24-34
- Dierickx W and Yüncüoglu H, 1982. Factors affecting the performance of drainage envelope materials in structural unstable soils. *Agricultural Water Management*, 5: 215 - 225.
- Dierickx W and Vlotman WF, 1995. Drain envelope laboratory testing and analysis procedures. IWASRI Publication No. 109, NRAP Report No. 36, 124 pp. International Water Logging and Salinity Institute, Lahore, Pakistan.
- Dierickx W and Leyman N, 1991. Drainage van landbouwgronden: theorie, criteria, materialen [Drainage of Agricultural Soils: Theory, criteria and materials]. Ministerie Van de Vlaamse Gemeenschap, Bestuur Landinrichting en -beheer, Vlaamse Landmaatschappij, Belgium.
- Samani ZA and Willardson LS, 1981. Soil hydraulic stability in a subsurface drainage system. *Transactions of the ASAE*, 24: 666-669.

- Anonymous, 1991. US Dep. Agric., National Engineering Field Handbook, Sub-chapter C, Sect. 650.1428 (b). (In: Stuyt and Willardson 1999).
- Anonymous, 1995. USBR Standard, The use of laboratory tests to develop design criteria for protective filters. Earth Laboratory Report No. EM-425. US Bureau of Reclamation. Denver Colorado, USA,
- Van Zeijts TEJ, 1992. Recommendations on the use of envelopes based on experiences in the Netherlands. In: Vlotman WF (ed.) Proceedings of 5th International Drainage Workshop, Lahore, Pakistan, ICID, IWASRI. 111: 5.88 - 5.96.
- Vlotman WF and Omara MA, 1996. Drain Envelope need, design and quality control. Drainage Research Institute, El -Kanater, Egypt, Technical Report TR 89, 40 pp. Drainage Research Programme Project (DRP),
- Vlotman WF, Willardson LS and Dierickx W, 1997. Drain envelope need, selection, design, construction and maintenance. 7th ICID International Drainage Workshop. Penang, Malaysia. Nov 17 - 21, 97, Proc. Vol. 2. pp22.1 - 16.
- Vlotman WF, Willardson LS and Dierickx W, 2000. Envelope design for subsurface drain. ILRI Publication 56.
- Willardson LS, 1992. Drain envelope field testing at S2A8, trench backfill procedures. Salinity and water management at SIB9. Consultancy Report. NRAP Report No. 37 (IWASRI Pub. No. 110), Lahore, Pakistan, pp.29.
- Willardson LS and Walker RE, 1979. Synthetic drain envelope soil interactions. Journal of Irrigation and Drainage Division, ASCE, 105: 367 - 373.
- Yu Shana H, LiangWang Wu and Chou T, 2001. Effect of boundary conditions on the hydraulic behavior of geotextile filtration system. Geotextiles and Geomembranes 19: 509–527.